

AUTOREFERAT

1. Imię i Nazwisko: **Justyna Mojsa-Kaja**
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne- z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:
 - **Stopień doktora nauk humanistycznych w zakresie psychologii**, Wydział Filozoficzny, Uniwersytet Jagielloński, 2008
Tytuł rozprawy doktorskiej: *"Dopasowanie do środowiska pracy, struktura osobowości i regulacja emocji jako wyznaczniki wypalenia zawodowego"* (Promotor: prof. dr hab. Tadeusz Marek)
 - **Tytuł magistra psychologii**, Instytut Psychologii Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, 2003
Tytuł pracy magisterskiej: *"Stres organizacyjny i wypalenie zawodowe nauczycieli"* (Promotor: prof. dr hab. Tadeusz Marek)
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych:

2010 - nadal Uniwersytet Jagielloński, Instytut Psychologii Stosowanej, adiunkt

2007 - 2010 Uniwersytet Jagielloński, Instytut Psychologii Stosowanej, asystent

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2017 r poz. 1789):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/ artystycznego:

Proces monitorowania błędów - wpływ wypalenia zawodowego, zmiennych indywidualnych, warunków motywacyjnych oraz dynamika w procesie uczenia się

b) autorzy, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy:

- **Mojsa-Kaja J.**, Golonka K., Marek T. (2015). Job burnout and engagement among teachers – worklife areas and personality traits as predictors of relationships with work. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 28(1), 102 – 119; **Impact Factor JCR w roku publikacji: 0.780, 5-letni IF: 1.081**, Liczba punktów MNiSW: **20**

- **Mojsa-Kaja J.**, Beldzik E., Domagalik A., Gawłowska M., Marek T. (2017). Error-related oscillatory activity is modulated by novelty seeking in the reward condition. *International Journal of Psychophysiology*, 117, 83-90; **Impact Factor JCR w roku publikacji: 2.869, 5-letni IF:3.311**, Liczba punktów wg wykazu MNiSW: **30**
- Golonka K., **Mojsa-Kaja J.**, Gawłowska M., Popiel K. (2017). Cognitive impairments in burnout - error processing and its indices of reactive and proactive control. *Frontiers in Psychology*, 8:676; **Impact Factor JCR w roku publikacji: 2.089, 5-letni IF:2.749**, Liczba punktów wg wykazu MNiSW: **35**
- Gawłowska M., Beldzik E., Domagalik A., Gagol A., Marek T., **Mojsa-Kaja J.** (2017). I Don't Want to Miss a Thing—Learning Dynamics and Effects of Feedback Type and Monetary Incentive in a Paired Associate Deterministic Learning Task. *Frontiers in Psychology*, 8: 935; **Impact Factor JCR w roku publikacji: 2.089, 5-letni IF:2.749**, Liczba punktów wg wykazu MNiSW: **35**
- Brackett M.A., Palomera R., **Mojsa-Kaja J.**, Reyes M.R., Salovey P. (2010). Emotion Regulation Ability, Burnout, and Job Satisfaction Among British Secondary School Teachers. *Psychology in the Schools*, 47 (4), 406-417; **Impact Factor JCR w roku publikacji: 0.753, 5-letni IF: 1.146**, Liczba punktów MNiSW: **25**
- Gawłowska M., Domagalik A., Beldzik E., Marek T., **Mojsa-Kaja J.** (2018). Dynamics of error-related activity in deterministic learning - an EEG and fMRI study. *Scientific Reports*, 8:14617; **Impact Factor JCR za rok 2017: 4.122, 5-letni IF: 4.609**, Liczba punktów wg wykazu MNiSW: **40**
- Golonka K., **Mojsa-Kaja J.**, Marek T., Gawłowska M. (2018). Stimulus, Response and Feedback processing in Burnout - an EEG study. *International Journal of Psychophysiology*, 134, 86-94; **Impact Factor JCR za rok 2017: 2.869, 5-letni IF: 3.311**, Liczba punktów wg wykazu MNiSW: **30**

Impact Factor (IF) JCR w roku publikacji 2018 nie jest jeszcze dostępny, stąd przyjąłam IF za rok 2017.

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Wprowadzenie

Proces monitorowania błędów jest fundamentalnym elementem regulacji zachowania. Jednostka musi bowiem na bieżąco oceniać swoje działania, w celu ustalenia czy podejmowane zachowania są skuteczne i dostosowane do zmieniających się warunków otoczenia. Aspekt motywacyjny jest kluczowym elementem niezbędnym do zrozumienia zróżnicowania neuronalnej odpowiedzi na błędy (Proudfit i in., 2013). Proces ten jest wyraźnie modyfikowany przez eksperymentalne manipulacje zmiennymi motywacyjnymi (Hajcak i in., 2005) oraz zmienne indywidualne określające rodzaj motywacji (Potts i in., 2011). Kierowane przeze mnie badania finansowane przez NCN (2012/05/E/HS6/03553) ukierunkowane na weryfikację modulującego wpływu zróżnicowania indywidualnego (w zakresie wrażliwości na sygnały nagrody i kary) oraz motywacyjnych warunków eksperymentalnych na neuronalną odpowiedź na błędne reakcje są intensywnie rozwijającym się obszarem neuroscience (Ghering i in., 2018).

Dynamika zmian w zakresie neuronalnej odpowiedzi na błędy oraz na zewnętrzną informację zwrotną odzwierciedla proces uczenia się. Jakkolwiek w przypadku uczenia probabilistycznego dynamika ta została w literaturze dobrze opisana (Frank, Seeberger, O'Reilly, 2004; Frank, Kong, 2008; Krigolson, Pierce, Holroyd, Tanaka, 2009), uczenie deterministyczne zostało opisane po raz pierwszy przez nasz zespół wraz z uwzględnieniem modyfikującego je wpływu czynników motywacyjnych. Opisywanej problematyce poświęciłam swój projekt Sonata Bis (2012/05/E/HS6/03553), dzięki któremu wraz z kierowanym przeze mnie interdyscyplinarnym zespołem badawczym analizowałam dynamikę uczenia się z zastosowaniem komplementarnych metod elektroencefalografii (EEG) i funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI).

Dynamiczny rozwój technik badawczych dedykowanych monitorowaniu aktywności mózgu otwiera także nowy etap w badaniach nad wypaleniem zawodowym. Zastosowanie procedur eksperymentalnych w połączeniu z zapisem aktywności mózgu umożliwia spojrzenie na syndrom wypalenia w sposób bardziej zobiektywizowany, wykraczający dalece poza samoopis, bazujący zarówno na wskaźnikach behawioralnych, związanych z realnym poziomem wykonania zadania, jak i przede wszystkim na neuronalnych markerach procesów poznawczych, mogących stanowić kryteria różnicujące wypalenie od współwystępujących z nim zaburzeń depresji i lęku.

Problematyka wypalenia zawodowego znajduje się w obszarze moich zainteresowań badawczych od wczesnych etapów rozwoju naukowego zapoczątkowanego

badaniami w ramach seminarium magisterskiego, poprzez projekt pracy doktorskiej, staż naukowy na Uniwersytecie Yale, aż po realizację aktualnych badań nad neuronalnymi korelatami syndromu wypalenia.

Etap prowadzonych badań nad wypaleniem zawodowym, z zastosowaniem metod kwestionariuszowych, umożliwił mi adaptację i weryfikację psychometryczną polskiej wersji metody Maslach Burnout Inventory - General Survey, MBI-GS dedykowanej pomiarowi konstruktowi wypalenia zawodowego (Mojsa i in., 2006), prowadzenie prac empirycznych służących identyfikacji czynników indywidualnych (Pałczyńska, Mojsa, 2006; Mojsa-Kaja i in., 2015) oraz organizacyjnych (Mojsa-Kaja i in., 2015) determinujących jego powstawanie oraz określenie związków z towarzyszącymi mu zaburzeniami w sferze zdrowia psychicznego (Golonka i in., 2019). Prowadzone przeze mnie badania wpisują się w dominujący do dnia dzisiejszego nurt badań nad czynnikami sprzyjającymi pojawieniu się wypalenia oraz nad jego konsekwencjami w sferze zdrowia psychicznego (Maslach i in., 2001; Bauer i in., 2006; Schaufeli i in., 2009, Maslach i in., 2016), z wyraźnym jednak deficytem badań eksperymentalnych nad wpływem syndromu wypalenia na funkcjonowanie poznawcze osób nim dotkniętych.

Uwzględniając, iż wypalenie zawodowe jest konsekwencją doświadczanego stresu zawodowego (Maslach i in., 2001), wyniki badań nad wpływem stresu na funkcjonowanie poznawcze, analizowane na poziomie procesów mózgowych (Buwalda i in., 2005; Lupien i in., 2009, Marin i in., 2011) argumentowały zasadność przeprowadzenia neuronalnych badań we wskazanym zakresie w grupie osób wypalonych. Monitorowanie błędów jest jednym z kluczowych procesów służących adaptacji w sytuacji doświadczanego stresu (Compton i in., 2008), a zniekształcenia w jego zakresie, manifestowane na poziomie neuronalnym, są wskaźnikiem szeregu zaburzeń psychicznych obejmujących również depresję i zaburzenia lękowe (Olvet, Hajcak, 2008), stąd zasadność empirycznej weryfikacji tychże wskaźników w wypaleniu zawodowym.

W ramach kierowanego przez dr Krystynę Golonkę, projektu Sonata finansowanego przez NCN (nr 2013/10/E/HS6/00163), jako jeden z głównych wykonawców, realizowałam badania nad wypaleniem zawodowym dokonując analizy funkcjonowania poznawczego, ze szczególnym uwzględnieniem procesu monitorowania błędów u osób dotkniętych syndromem, skupiając się na analizie wskaźników elektrofizjologicznych.

Wybrane publikacje, powstałe między innymi w wyniku realizacji obu projektów naukowych, przedłożyłam jako osiągnięcie naukowe.

Poniżej zostaną zaprezentowane wyniki badań z uwzględnieniem elektrofizjologicznych wskaźników związanych z procesem monitorowania błędów, poprzedzone wynikami badań kwestionariuszowych nad wypaleniem zawodowym.

Wyniki prezentowanych badań wyraźnie sugerują, iż zróżnicowanie grupy osób wypalonych z grupą kontrolną pojawia się nie na poziomie wskaźników behawioralnych, lecz neuronalnych mogących pełnić rolę markerów wypalenia.

Prezentowany w dalszej kolejności realizowany przeze mnie program badawczy dotyczący procesu monitorowania błędu ma charakterystykę badań podstawowych ukierunkowanych na poznanie i opisanie zarówno mechanizmu monitorowania błędnych reakcji w kontekście różnicującego je wpływu zmiennych temperamentalnych oraz czynników motywacyjnych, jak i dynamiki procesu uczenia się bazującego na deterministycznej informacji zwrotnej z uwzględnieniem weryfikacji stworzonej przez nas procedury badawczej. Jest to niezwykle ważny etap umożliwiający prowadzenie dalszych badań aplikacyjnych różnicujących np. zaburzenia depresyjno-lękowe od wypalenia zawodowego pod kątem dynamiki procesu uczenia się.

Elektrofizjologiczne wskaźniki procesu monitorowania błędów

Repertuar efektywnych zachowań wymaga funkcjonowania elastycznego systemu monitorowania, który będzie umożliwiał wykonywanie zadań z uwzględnieniem założonych celów, ewaluację postępu wykonywanych czynności, eliminację nieprawidłowych reakcji, adekwatne dostosowywanie reakcji do zmieniających się warunków otoczenia oraz skuteczne uczenie się (Taylor i in., 2007).

Badania z zastosowaniem technik neuroobrazowania umożliwiają analizę elektroencefalograficznego (EEG) zapisu aktywności mózgu rejestrowanego podczas wykonywanych reakcji, w tym także tych nieprawidłowych. Analiza sygnału EEG pozwoliła opisać występowanie dwóch komponentów obserwowanych po błędnej reakcji. Pierwsza z nich, nazwana „error-related negativity” (ERN, Falkenstein i in., 1990) jest negatywnym odkształceniem w przebiegu potencjału wywołanego pojawiającego się w okolicach czołowo-centralnych w przedziale 0-100 ms bezpośrednio po błędnej reakcji, osiagającego maksimum w oknie czasowym 50-100 ms. Drugi komponent, nazwany „error positivity” (Pe, Falkenstein i in., 1990, 1991) jest pozytywnym odkształceniem w przebiegu potencjału wywołanego, pojawiającym się w obszarach centralnych i ciemieniowych 200-400 ms po błędnej reakcji. Jakkolwiek oba komponenty są związane z procesem przetwarzania błędów, różnią się nie tylko czasem pojawiania się w zapisie EEG, ale także funkcjonalnym znaczeniem (Falkenstein i in., 2000). Przyjmuje się, iż ERN odzwierciedla automatyczny proces ewaluacji błędnej reakcji, podczas gdy Pe jest związane z fazą świadomego procesowania błędu (Ullsperger i in., 2010).

Badania z zastosowaniem komplementarnych dla EEG technik neuroobrazowania, jak funkcjonalny rezonans magnetyczny (fMRI, Mathalon i in., 2003), czy też magnetoencefalografia (MEG, Miltner i in., 2003) pozwoliły na identyfikację

przedniego zakrętu obręczy (anterior cingulate cortex- ACC), jako generatora potencjałów związanych z przetwarzaniem błędu.

Teoretyczne modele ERN prezentują jego rolę, jako element kontroli poznawczej w procesach: monitorowania konfliktu (conflict-monitoring theory, Yeung i in., 2004) i uczenia się (reinforcement learning theory, Holroyd, Coles, 2002). Alternatywne koncepcje, uwzględniające kontekst motywacyjny (Hajcak, Foti, 2008) sugerują, iż komponent ten jest nie tylko neuronalnym markerem procesu przetwarzania błędów, ale także odzwierciedleniem znaczenia tego błędu dla jednostki, który interpretowany jako czynnik awersyjny, uruchamia motywacyjny system obronny.

Jakkolwiek funkcjonalność Pe jest zdecydowanie słabiej eksplorowanym obszarem badawczym, powszechnie uważa się go za wskaźnik świadomej percepcji błędu (Nieuwenhuis i in., 2001).

Potencjał ERN jest obserwowany już we wczesnym dzieciństwie (Torpey i in., 2009), jego dynamika odzwierciedla naturalnie zachodzące zmiany neurorozwojowe (Davies, 2004) i stanowi swoistego rodzaju neurobehawioralną zmienną indywidualną o charakterze cechy (Hajcak, 2012), wykazując wysoki poziom stabilności na przestrzeni rozwoju jednostki (Meyer i in., 2015). Charakteryzując się wysokim poziomem dziedziczności, oscylującym na poziomie 45%-60% (Anokhin i in., 2008), ERN stanowi rzetelny i trafny wskaźnik przetwarzania błędów (Weinberg, Hajcak, 2011), a zróżnicowania w jego amplitudzie odzwierciedlają specyfikę/naturę licznych zaburzeń psychicznych oraz wybranych wymiarów osobowościowych (Weinberg i in., 2012).

Podwyższona amplituda ERN występuje u pacjentów ze zdiagnozowanymi zaburzeniami obsesyjno-kompulsywnymi, uogólnionymi zaburzeniami lękowymi, depresją (Weinberg i in., 2012). Ponadto, wartość amplitudy ERN jest skorelowana dodatnio z nasileniem lęku, definiowanego jako cecha oraz z cechami osobowościowymi takimi jak negatywny afekt, neurotyzm (Weinberg i in., 2012).

Z kolei redukcja amplitudy ERN jest obserwowana w przypadku pacjentów ze zdiagnozowanym ADHD, autyzmem, schizofrenią, uzależnieniami, zaburzeniami osobowości typu border-line, czy też psychopatii. Nadto, u osób reprezentujących zdrową populację odnotowano ujemną korelację między wartością amplitudy ERN a osobowościową cechą impulsywności (Olvet, Hajcak, 2008).

Jakkolwiek komponenta Pe jest zdecydowanie rzadziej analizowana w badaniach nad procesem monitorowania błędów w grupach klinicznych, widoczny jest spadek amplitudy Pe u osób z wysokim poziomem negatywnego afektu (Hajcak i in., 2004), ze zdiagnozowaną depresją (Schroder i in., 2013), zaburzeniami lękowymi (Tops i in., 2013).

Wypalenie zawodowe

Syndrom wypalenia zawodowego jest wynikiem długotrwałego stresu w środowisku pracy i charakteryzuje się stopniowo oraz sekwencyjnie narastającym psychofizycznym oraz emocjonalnym wyczerpaniem, depersonalizacją/ cynizmem oraz obniżonym poczuciem efektywności zawodowej (Maslach, Schaufeli, 1993; Maslach i in., 2001; Maslach, Leiter, 2008).

Wielowymiarowa specyfika syndromu wypalenia zawodowego uwidacznia jego emocjonalne podłoże, a wspomnianym komponentom wypalenia zawodowego towarzyszy często depresja i podwyższony poziom lęku (Bianchi i in., 2017). Emocjonalna specyfika syndromu niejednokrotnie utrudnia diagnostykę różnicującą i jest przedmiotem licznych badań ukierunkowanych na rozróżnienie wypalenia od współwystępujących w nim zaburzeń (Bakker i in., 2000; Shirom, Ezrachi, 2003; Bianchi i in., 2015, van Dam, 2016). Przeprowadzone przez nas badania kwestionariuszowe z zastosowaniem dwóch metod do pomiaru wypalenia zawodowego: MBI-GS oraz LBQ, miały na celu analizę związku wypalenia z lękiem i depresją (Golonka i in., 2019). Kluczowym wnioskiem z nich wynikającym jest silny związek depresji z wymiarem wyczerpania (niezależnie od przyjętej metody pomiaru), a lęku z wymiarem poczucia braku skuteczności zawodowej (LBQ), co obrazuje trudności w zakresie różnicowania konstruktów.

Wyniki aktualnych badań jednoznacznie sugerują, iż syndromowi wypalenia towarzyszą negatywne emocje (Ersoy-Kart, 2009; Bedyńska and Żolnierczyk-Zreda, 2015), a zdolność regulacji emocji moduluje ich wpływ na wypalenie zawodowe (Szczygieł & Mikołajczak, 2018).

Uwzględnienie problematyki regulacji emocji w badaniach nad wypaleniem znalazło odzwierciedlenie w modelach teoretycznych (Brotheridge, Garndey, 2002) oraz pracach empirycznych, w tym także w badaniach prowadzonych w ramach mojej pracy doktorskiej. Głównym celem realizowanych przeze mnie badań była analiza związków pomiędzy strukturą cech osobowości, rodzajem regulacji emocji i dopasowaniem do środowiska pracy a syndromem wypalenia zawodowego. Opierając się na założeniach psychobiologicznej koncepcji osobowości autorstwa R. Cloningera, wedle której temperament odnosi się do genetycznie zdeterminowanych różnic indywidualnych w zachowaniu emocjonalnym (Cloninger, 1994), analizowałam mediacyjny wpływ zdolności regulacji emocji na związek cech osobowości z wypaleniem zawodowym.

Bezpośrednią kontynuację moich badań doktorskich nad emocjonalnym aspektem syndromu wypalenia zawodowego stanowiła realizacja projektu badawczego nad związkami inteligencji emocjonalnej, a dokładniej jej podwymiaru - regulacji emocji, z wypaleniem zawodowym w grupie londyńskich nauczycieli. Projekt ten, realizowany przez międzynarodowy zespół badawczy, był wynikiem nawiązanej przeze mnie współpracy naukowo-badawczej podczas pobytu naukowego na Uniwersytecie Yale,

w Instytucie Psychologii, pod opieką współtwórcy konstruktów Inteligencji Emocjonalnej - profesora Petera Saloveya oraz profesora Marca Bracketta.

Nasze badania (Brackett i in., 2010) skupiały się na analizie związku zdolności regulacji emocji (mierzonej za pomocą testu Mayer Salovey Caruso Emotional Intelligence Test - MSCEIT) z wypaleniem zawodowym i satysfakcją z pracy. Jako pierwsi zweryfikowaliśmy mediacyjny wpływ pozytywnego afektu i otrzymywanego wsparcia od przełożonych na związek regulacji emocji z wypaleniem zawodowym oraz satysfakcją z pracy.

Podjmując kontynuację analizy statystycznej wyników przeprowadzonych przeze mnie badań w grupie polskich nauczycieli (Mojsa-Kaja i in., 2015) wykazałam, iż dwa główne wymiary wypalenia (wyczerpanie i cynizm) są determinowane przez konfigurację zarówno zmiennych osobowościowych, jak i organizacyjnych (obszary niedopasowania), natomiast poczucie efektywności zawodowej jest determinowane wyłącznie przez zmienne osobowościowe. Uzyskane wyniki umożliwiły zrozumienie specyfiki poszczególnych wymiarów syndromu oraz czynników, które je determinują. Analiza skupień wyodrębniła różniące się profile wypalonych oraz zaangażowanych osób, w oparciu o poziom wyczerpania, cynizmu i poczucia efektywności zawodowej. Wyróżnione profile różniły się między sobą w zakresie poziomu dopasowania do środowiska pracy oraz różnic w zakresie poziomu cech osobowościowych, pełniących rolę czynników predysponujących do zaangażowania/ wypalenia zawodowego. Wartością dodaną opisywanych badań jest przeprowadzona przeze mnie kulturowa adaptacja, psychometryczna weryfikacja metod do pomiaru wypalenia zawodowego Maslach Burnout Inventory - General Survey (MBI-GS; Maslach i in., 1996) oraz Areas of Worklife Survey (AWS, Leiter, Maslach, 2004). Narzędzia te zostały zastosowane do selekcji osób badanych, we współrealizowanym przeze mnie projekcie badawczym nad elektrofizjologicznymi korelatami wypalenia zawodowego.

Elektrofizjologiczne wskaźniki procesu monitorowania błędów w syndromie wypalenia zawodowego

Empiryczne dowody na istnienie związku zaburzeń natury psychicznej z upośledzeniem neuronalnych procesów przetwarzania błędów, stały się dynamicznie rozwijającym kierunkiem badań z dużym potencjałem aplikacyjnym w obszarze klinicznym. W nurt ten wpisuje się nasze badanie analizujące neuronalne wskaźniki przetwarzania błędów u osób wypalonych zawodowo (Golonka in., 2017).

Dotychczasowe badania z zastosowaniem metod samoopisowych, testów neuropsychologicznych (Linden i in., 2005; Schmidt i in., 2007, Deligkaris i in., 2014) sugerowały zaburzenia w zakresie analizowanych procesów poznawczych u osób wypalonych zawodowo.

Zastosowanie elektroencefalografii w metodologii wcześniejszych badań nad procesami poznawczymi u osób wypalonych zawodowo (Luijtelaar i in., 2010, Sokka i in., 2017) zachęcało do dalszej eksploracji procesu przetwarzania błędów na poziomie wskaźników elektrycznej aktywności mózgu w grupie osób zmagających się z rozważanym syndromem.

Formułując hipotezy badawcze, uwzględniliśmy empirycznie potwierdzone powinowactwo wypalenia zawodowego z zaburzeniami lękowymi (Shirom, Ezrachi, 2003), depresją (Bianchi i in., 2017) oraz negatywnym afektem (Mojsa-Kaja i in., 2015), dla których charakterystyczny jest wzrost amplitudy ERN (Hajcak i in., 2004) i redukcja amplitudy Pe (Hajcak i in., 2004, Schroder i in., 2013).

Postawiliśmy zatem hipotezy kierunkowe, zakładające zwiększoną amplitudę ERN oraz zmniejszoną amplitudę Pe u osób wypalonych zawodowo w porównaniu z osobami z grupy kontrolnej.

Osoby wypalone zawodowo oraz z grupy kontrolnej wykonywały procedurę dedykowaną analizie procesów monitorowania reakcji - zadanie Flankerów (ang. Flanker Task; Eriksen and Eriksen, 1974), podczas której rejestrowaliśmy aktywność elektryczną mózgu, skupiając się na komponentach ERN oraz Pe.

Na poziomie behawioralnym, pod względem ilości popełnionych błędów, osoby wypalone zawodowo nie różniły się od grupy kontrolnej. Zróznicowanie pomiędzy grupami pojawiło na poziomie procesów neuronalnych.

Osoby wypalone zawodowo charakteryzowały się wyższą amplitudą ERN, co sugeruje modulujący wpływ omawianego syndromu na neuronalne procesy przetwarzania błędnych reakcji związanych z wczesną, automatyczną fazą detekcji błędu. Przyjmując za Hajcak, Foti, 2008 oraz Hajcak, 2012, iż ERN nie jest wyłącznie neuronalnym wskaźnikiem procesu przetwarzania błędów, ale także odzwierciedleniem emocjonalnego i motywacyjnego znaczenia popełnionego błędu dla jednostki, można stwierdzić, iż osoby wypalone zawodowo reagują intensywniej na poziomie neuronalnym na popełniane błędy, odczuwając je jako bardziej znaczące i awersyjne, w porównaniu z osobami z grupy kontrolnej.

Przez analogię do wniosków z badań Hajcaka i in., 2004 nad źródłem zwiększonej amplitudy ERN i negatywnego afektu, można przypuszczać, iż swoista nadreaktywność na błędy osób wypalonych zawodowo ma swoje źródło w hiperaktywności przedniego zakrętu obręczy (ACC). Nadal jednak bez odpowiedzi pozostaje pytanie na temat związku przyczynowo-skutkowego, pozwalające określić czy stopniowo rozwijający się syndrom wypalenia zawodowego powoduje zmiany w zakresie amplitudy ERN, czy też raczej biologicznie uwarunkowana nadreaktywność neuronalna predysponuje do powstawania tego rodzaju syndromu i skorelowanych z nim cech osobowościowych (negatywny afekt) i skłonności do zaburzeń lękowych i depresji.

Potwierdziła się także hipoteza zakładająca redukcję amplitudy Pe u osób wypalonych zawodowo, co dowodzi upośledzeń w zakresie świadomego

procesowania błędnej reakcji i w konsekwencji zmniejszonej zdolności do alokacji zasobów uwagowych w celu uniknięcia przyszłych błędów (Schroder i in., 2013). Uzyskane przez nas wyniki znalazły częściowe potwierdzenie w opublikowanych kilka miesięcy później wynikach badań Gajewskiego i in., 2017, dowodzących wzrost amplitudy ERN w grupie osób wypalonych zawodowo, jednakże bez potwierdzenia różnic w zakresie amplitudy Pe.

Nasze badanie jest pierwszą opublikowaną pracą nad elektrofizjologicznymi wskaźnikami procesu przetwarzania błędnych reakcji w grupie osób wypalonych zawodowo. Uzyskane przez nas wyniki pozwalają na opisanie specyfiki zniekształceń procesów monitorowania błędów u osób doświadczających wypalenia zawodowego i stwarzają możliwość dalszej empirycznej weryfikacji i praktycznego zastosowania neuronalnych markerów w diagnostyce osób wypalonych zawodowo oraz w monitorowaniu skuteczności podejmowanych interwencji terapeutycznych.

Elektrofizjologiczne wskaźniki procesowania bodźca, błędnej reakcji i informacji zwrotnej w syndromie wypalenia zawodowego

Zainspirowani międzygrupowymi (osoby wypalone vs grupa kontrolna) różnicami w zakresie przetwarzania błędnych reakcji, skupiliśmy się na porównaniu procesów przetwarzania informacji na poziomie nie tylko samej reakcji, ale także wcześniejszych procesów dotyczących procesowania bodźca (z zastosowaniem procedury Go/ No Go), jak i późniejszych dotyczących informacji zwrotnej (Procedura Doors) u osób w grupie wypalonych zawodowo i kontrolnej. Stosując metodę analizy potencjałów wywołanych uwzględniliśmy dobrze opisane w literaturze komponenty związane z przetwarzaniem bodźca (N200, P300), błędnej reakcji (ERN, Pe) oraz informacji zwrotnej (FN, P200).

Pomimo braku różnic międzygrupowych na poziomie wskaźników behawioralnych, zaobserwowaliśmy różnice na poziomie wybranych markerów neuronalnych.

Odnotowany wzrost amplitudy N200 oraz spadek amplitudy P300 w grupie osób wypalonych, w porównaniu z osobami z grupy kontrolnej, dowodzi upośledzenia w zakresie procesów uwagowych związanych z przetwarzaniem bodźca (Pattel, Azzam, 2005; Folstein, Van Petten, 2008). Zaobserwowana redukcja amplitudy Pe odzwierciedlająca zmniejszoną zdolność do alokacji zasobów uwagowych ukierunkowanych na uniknięcie przyszłych błędów jest spójna z opisywanymi wcześniej wynikami naszych badań nad procesem monitorowania błędnych reakcji w syndromie wypalenia zawodowego. Nie potwierdziło się jednakże zróżnicowanie międzygrupowe w zakresie amplitudy ERN, co najpewniej jest wynikiem zastosowania innej (Go/ NoGo) niż poprzednio (Flanker task) procedury eksperymentalnej. Taki niespójny wynik skłania do refleksji nad koniecznością odpowiedniej selekcji zadań dedykowanych rzetelnemu pomiarowi konkretnych

potencjałów (Riesel i in., 2013), skłaniając do nadania większej wagi naszym wynikom uzyskanym z zastosowaniem procedury Flanker Task.

W przypadku przetwarzania informacji zwrotnej, osoby wypalone zawodowo różniły się względem grupy kontrolnej wyłącznie w zakresie zredukowanej amplitudy P200, funkcjonalnie oznaczając redukcję zasobów uwagowych poświęconych przetwarzaniu istotności znaczenia bodźca (Rigoni i in., 2015).

Reasumując, otrzymane przez nas wyniki wskazują, iż syndrom wypalenia zawodowego jest związany ze zniekształceniem procesów przetwarzania informacji na poziomie procesowania bodźca, błędnej reakcji oraz informacji zwrotnej, dowodząc zniekształcenia w zakresie analizowanych procesów uwagowych na poziomie neuronalnym (Golonka i in., 2018).

Proces monitorowania błędów jest przedmiotem moich zainteresowań nie tylko w kontekście jego zniekształceń w syndromie wypalenia, ale przede wszystkim w zakresie prowadzonych przeze mnie i mój zespół badań podstawowych, w których analizowaliśmy modulujący wpływ warunków motywacyjnych i indywidualnych zmiennych temperamentalnych na neuronalne wskaźniki monitorowania błędów. Skupiliśmy się także na dynamice zmian w zakresie procesu monitorowania błędów w procesie uczenia się w środowisku deterministycznej informacji zwrotnej.

Modulujący wpływ zmiennych temperamentalnych i warunków motywacyjnych na neuronalne procesy monitorowania błędów

Jednym z celów kierowanego przeze mnie projektu Sonata Bis było określenie relacji pomiędzy neurobiologicznie uwarunkowaną wrażliwością na sygnały kary i nagrody a neuronalną aktywnością mózgu rejestrowaną podczas monitorowania błędów w eksperymentalnych warunkach kary i nagrody.

Wpływ zarówno zmiennych indywidualnych (Boksem i in., 2006; Olvet, Hajcak, 2008), jak i motywacyjnych czynników sytuacyjnych (Hajcak i in., 2005; Potts i in., 2011) oraz ich interakcyjny wpływ (Dikman, Allen, 2000; Pailing, Segalowitz, 2004; Boksem i in., 2008; Riesel i in., 2012; Alanis i in., 2019) na neuronalne markery procesów monitorowania błędów jest dynamicznie rozwijającym się obszarem badawczym, w którym wyraźnie dominują prace nad komponentem ERN.

Uwzględniając jednak fakt, iż analiza perturbacji widma wywołanej zdarzeniem (ang. event-related spectral perturbation - ERSP) daje szersze możliwości w badaniu dynamiki EEG w porównaniu z klasyczną metodą analizy potencjałów zdarzeniowych (ERP) (Makeig, Onton, 2009), przeprowadziliśmy analizę spektralną szeregów czasowych poszukując alternatywnych dla ERN markerów przetwarzania błędów.

Dowiedziano (Mazaheri i in., 2009), iż błędnym reakcjom towarzyszy występowanie złożonego wzorca odpowiedzi neuronalnej uwzględniającego współwystępowanie

wzrostu mocy czołowych fal theta (3-7 Hz) i towarzyszącego mu spadku mocy ciemieniowych fal alfa (10-11 Hz). Udowodniono także spójność funkcjonalną potencjału ERN z aktywnością theta rejestrowaną po błędnej reakcji (Keil i in., 2010). W literaturze podkreśla się niezależne funkcjonalne znaczenie obu elementów wzorca, przypisując dynamice fal theta relacje z kontrolą poznawczą związaną z procesami monitorowania błędu, a spadkowi mocy fal alfa związek ze wzmożoną aktywnością procesów uwagowych służącym uniknięciu przyszłych błędów (Van Driel i in., 2012).

Przeanalizowaliśmy dane elektroencefalograficzne osób badanych uzyskane podczas wykonywania przez nie testu Stroopa (w wersji fizycznej, numerycznej; ang. *Physical, Numerical Stroop Task*) w eksperymentalnych warunkach nagrody i kary.

Pomiaru cech temperamentalnych dokonaliśmy w oparciu o Kwestionariusz Temperamentu i Charakteru (TCI) autorstwa Cloningera, będącego operacjonalizacją stworzonego przez niego psychobiologicznego modelu osobowości (Cloninger, 1994). Dwa główne wymiary temperamentalne autorstwa Cloningera znajdują odzwierciedlenie w dychotomicznym podziale cech temperamentalnych na tendencje do unikania oraz dążenia (Elliot, Trash, 2002). Pierwsza z nich określa neurobiologiczną wrażliwość na bodźce negatywne/ np. karę (Cloningerowski wymiar Unikania szkody), druga odnosi się do wrażliwości na bodźce pozytywne/ np. nagrodę (Cloningerowski wymiar Poszukiwania nowości).

W oparciu o teoretyczne założenia dotyczące istnienia neurobiologicznie uwarunkowanej wrażliwości na sygnały kary i nagrody (Cloninger, 1994) oraz wcześniejsze wyniki badań nad wpływem zmiennych temperamentalnych i motywacyjnych na amplitudę ERN (Boksem i in., 2006; Boksem i in., 2008) oraz na moc czołowych fal theta (Kamarajan i in., 2008), zakładaliśmy modulujący wpływ zmiennych temperamentalnych i warunków motywacyjnych na neuronalny marker monitorowania błędu.

Zakładaliśmy, iż osoby z wysokim poziomem cechy Poszukiwania nowości, związanym z wrażliwością na sygnały nagrody, będą reagowały intensywniej na popełniane błędy w sytuacji, w której mogli otrzymać nagrodę, ale w wyniku błędnych reakcji zostali jej pozbawieni. Analogicznie spodziewaliśmy się, iż osoby z wysokim poziomem temperamentalnej cechy Unikanie szkody warunkującej wrażliwość na sygnały kary, będą doświadczać błędy jako bardziej awersyjne w sytuacji, w której za ich popełnienie spotkają się z karą. Zakładaliśmy, iż spektralne markery przetwarzania błędów będą modulowane przez cechy temperamentalne (Poszukiwania nowości, Unikanie szkody) w eksperymentalnych warunkach motywacyjnych (odpowiednio, nagrody i kary).

Wykonane analizy potwierdziły istnienie wspomnianego wzorca aktywności neuronalnej w postaci wzrostu mocy czołowych fal theta (3-7 Hz) i towarzyszącego mu spadku mocy ciemieniowych fal alfa (10-11 Hz) następującego po błędnej reakcji.

Zaobserwowaliśmy modulujący wpływ temperamentalnej cechy Poszukiwania nowości na mózgową aktywność (definiowaną jako wspomniany neuronalny wzorzec fal theta i alfa) towarzyszącą błędnym reakcjom w warunkach nagrody (Mojsa-Kaja i in., 2017).

Nasze wyniki dowodzą podatności na zróżnicowanie indywidualne i kontekstualne obu procesów poznawczych odzwierciedlonych w dynamice fal theta i alfa.

Interpretując otrzymane dane w kontekście motywacyjnych koncepcji tłumaczących funkcjonalne znaczenie procesu monitorowania błędów można wnioskować, iż osoby poszukujące nowości reagują intensywniej na poziomie neuronalnym na popełniane błędy w sytuacji, w której są pozbawiane nagrody. W takich warunkach motywacyjnych popełniane błędy odczuwają jako bardziej dla nich znaczące. Wyniki te są spójne z wcześniejszymi badaniami wskazującymi, iż dynamika fal theta jest wynikiem nie tylko detekcji błędów ale także pominięcia nagrody (Cavanagh, Frank, 2014; Cohen, 2014). Otrzymany wynik stanowi głos w dyskusji nad związkiem wrażliwości na sygnały nagrody i przetwarzania sygnałów o charakterze nagrody oraz ich wpływie na procesy poznawcze, analizowane na podstawie wskaźników neuronalnych (Bodi i in., 2009, Krebs i in., 2009, Plichta i in., 2014).

Nie potwierdziła się jednakże nasza hipoteza zakładająca modulujący wpływ cechy Unikania szkody na aktywność neuronalną obserwowaną podczas wykonywania zadania w warunkach kary. Efekt braku wspomnianej zależności najprawdopodobniej był rezultatem niskiej wariancji wyników tej temperamentalnej cechy, stąd niezbędne są dalsze badania weryfikujące istnienie zakładanego związku.

Opublikowane wyniki są pierwszymi badaniami potwierdzającymi modulujący wpływ czynnika temperamentalnego i rodzaju motywacyjnej sytuacji eksperymentalnej na neuronalną aktywność towarzyszącą procesowi monitorowania błędów, wyrażoną za pomocą spektralnych markerów. Prezentowane rezultaty wpisują się w polemikę aktualnych wyników badań nad wpływem różnic indywidualnych i warunków motywacyjnych na aktywność neuronalną towarzyszącą procesowi monitorowania błędów (Maruo i in., 2016). Wynikające z nich wnioski mogą znaleźć praktyczne zastosowanie w obszarze edukacyjnym, poprzez odpowiednie kształtowanie i dopasowywanie zewnętrznych warunków motywacyjnych do indywidualnych cech temperamentalnych jednostki, w celu optymalizacji procesu monitorowania błędów.

Dynamika neuronalnych procesów monitorowania błędów w procesach uczenia się w warunkach deterministycznych

Efektywne uczenie się bazujące na zdolności modyfikacji nieefektywnych zachowań jest związane z procesem monitorowania błędów. Badania z zastosowaniem analizy zapisu EEG umożliwiły wyróżnienie dwóch potencjałów pozwalających opisać dynamikę procesu uczenia się. Pierwszy z nich, ERN pojawiający się po błędnej

reakcji został opisany przeze mnie już wcześniej. Drugi, pojawiający się po informacji zwrotnej na temat popełnionego błędu, feedback-related negativity (FN) jest negatywnym odkształceniem w przebiegu zdarzeniowego potencjału wywołanego, osiągającego maksimum w oknie czasowym 250-350 ms po zewnętrznej informacji zwrotnej dotyczącej błędu lub jego konsekwencji (np. kary). Przedni zakręt obręczy (ACC) będąc generatorem obu potencjałów wywołanych jest strukturą zaangażowaną w proces uczenia się na podstawie błędów (Brown, Braver, 2005). W sytuacji, gdy reakcja jest prawidłowa, w zapisie EEG pojawia się potencjał correct-response negativity (CRN). Symultaniczne badania z zastosowaniem EEG i fMRI wskazują, iż wzrost amplitudy ERN jest związany ze zwiększoną aktywnością ACC (Debener i in., 2005). W przypadku pozytywnej informacji zwrotnej w zapisie EEG pojawia się pozytywne odkształcenie w przebiegu zdarzeniowego potencjału wywołanego, zwane reward positivity (RewP). Podobnie do ERN, badania z zastosowaniem symultanicznego zapisu EEG i fMRI wskazują, iż wzrost amplitudy FN jest związany ze zwiększoną aktywnością ACC (Hauser i in., 2013).

Neuroobrazowe badania nad związkiem monitorowania błędów z procesem uczenia się opierały się głównie na paradygmacie probabilistycznego uczenia się. Paradygmat ten zakłada jedynie pewien stopień prawdopodobieństwa adekwatności/poprawności informacji zwrotnej, przez co cechuje się wysoką trafnością ekologiczną (van de Vijver, 2014).

Badanie z zastosowaniem EEG (Krigolson, Holroyd, 2006) obrazuje odwróconą dynamikę zmian amplitudy ERN i FN na osi czasu. Podczas gdy amplituda ERN rośnie wraz ze wzrostem stopnia wyuczenia zadania, amplituda FN spada, co wskazuje na postępujący spadek wartości informacyjnej dostarczanej z zewnątrz. Niezależnie od badań elektroencefalograficznych, badanie z zastosowaniem fMRI (Mars i in., 2005) wskazuje na stopniowy wzrost aktywacji ACC związanej z przetwarzaniem błędu oraz spadek aktywacji ACC związanej z informacją zwrotną, dostarczając spójnych wniosków na temat dynamiki zmian związanych z monitorowaniem błędu w procesie uczenia się w warunkach probabilistycznych.

W odróżnieniu od uczenia probabilistycznego, uczenie deterministyczne nie doczekało się analogicznych analiz. Zgodnie z naszą wiedzą, nie były prowadzone badania bezpośrednio analizujące dynamikę aktywności systemu monitorowania błędu w kontekście uczenia się w całkowicie przewidywalnym (deterministycznym) środowisku .

Ze względu na deficyt istniejących procedur eksperymentalnych dedykowanych uczeniu deterministycznemu stanęliśmy przed wyzwaniem zaprojektowania i zweryfikowania nowej metody - *Paired Associate Deterministic Learning task (PADL)*. Zadanie PADL, zaprojektowane w ramach projektu ma na celu umożliwienie analizy dynamiki procesu uczenia się w warunkach deterministycznej informacji zwrotnej ze szczególnym uwzględnieniem zmian obserwowanych na poziomie

wskaźników neuronalnych w zakresie reakcji na popełnione błędy na przestrzeni procesu uczenia się.

Procedura PADL: Procedurę eksperymentalną tworzą 4 bloki nauki wraz z następującą bezpośrednio po każdym z nich fazą sprawdzianu. W każdym z bloków, osobie badanej prezentowane są pary obrazków, których ma zadanie się nauczyć na podstawie otrzymywanej informacji zwrotnej i zdecydować, czy prezentowane pary są poprawne (wciskając klawisz 1), czy błędne (wciskając klawisz 2).

Każdy z bloków składa się z 9 zestawów bodźców, a każdy z zestawów złożony jest z 4 par (w tym 1 poprawnej i 3 dystraktorowych ze względu na zbliżone podobieństwo do pary poprawnej). W ten sposób otrzymane 36 różnych bodźców (9 zestawów x 4 bodźce w każdym z zestawów) prezentowano 5 razy w ramach każdego z bloków, sumarycznie tworząc zestaw 180 bodźców w każdym z bloków.

Każda z poprawnych par była prezentowana jednorazowo w każdym z pięciu punktów czasowych. Wprowadzenie punktów czasowych umożliwiło śledzenie dynamiki procesu uczenia się.

Cztery bloki różnią się rodzajem występującej w nich informacji zwrotnej (bloki informacji zwrotnej na temat: poprawnie udzielonej odpowiedzi, niepoprawnie udzielonej odpowiedzi, poprawnie udzielonej odpowiedzi z możliwością otrzymania gratyfikacji finansowej w fazie sprawdzianu, niepoprawnie udzielonej odpowiedzi z możliwością utraty gratyfikacji finansowej w fazie sprawdzianu). Niezależnie od bloku, udzielana informacja ma charakter deterministyczny.

Szczegółowa analiza danych behawioralnych wykazała, iż PADL pozwala na trafne modelowanie krzywej uczenia się, odzwierciedlającej gradualny wzrost wiedzy badanych w trakcie wykonywania zadania. Nadto, PADL pozwala na adekwatne różnicowanie warunków, w których odbywa się proces uczenia, tzn. charakteru dostarczanej informacji zwrotnych (pozytywna/negatywna) i konsekwencji związanych z dobrym (wygrana)/ złym (przegrana) opanowaniem reguł zadania. Szczegółowy opis uzyskanych wyników behawioralnych oraz dokładny opis procedury wraz z parametryzacją czasową zostały zawarte w artykule Gawłowska i in., 2017.

Opracowanie nowej procedury eksperymentalnej (PADL) umożliwiło nam dalsze analizy dynamiki procesu uczenia się w warunkach deterministycznej informacji zwrotnej z zastosowaniem EEG (pozwalającej na określenie dynamiki pracy mózgu w odpowiedzi na reakcję i informację zwrotną) oraz fMRI (umożliwiającej określenie aktywności w precyzyjnie określonym obszarze ACC, oddzielnie sprecyzowanym dla reakcji oraz dla informacji zwrotnej).

Stosując procedurę PADL analizowaliśmy dynamikę uczenia się wyrażoną w postaci amplitudy ERN i FN (badanie EEG) oraz aktywacji ACC (badanie fMRI). Ze względu na charakterystykę reakcji hemodynamicznej analizowanej w badaniach

z zastosowanej fMRI, manipulowaliśmy parametrami czasowymi w taki sposób, by odseparować aktywność neuronalną związaną z reakcją od tej związanej z informacją zwrotną. Ponieważ wpłynęło to na znaczne wydłużenie procedury PADL w wersji przeznaczonej dla badań rezonansowych, zastosowaliśmy w badaniu fMRI tylko wzmocnione monetarnie warunki motywacyjne. Wspólnej analizie poddano zatem dane pochodzące z dwóch warunków motywacyjnych, a nie czterech oryginalnie uwzględnionych w procedurze.

Bazując na przedstawionej literaturze zakładaliśmy istnienie specyficznego wzorca dynamiki procesu uczenia się deterministycznego, tzn. wzrostu zarówno amplitudy ERN, jak i FN w miarę postępu procesu uczenia się. Ponadto, wprowadziliśmy pozytywną i negatywną informację zwrotną, by ocenić wpływ rodzaju informacji zwrotnej na proces uczenia się w przewidywalnym środowisku.

Analiza danych behawioralnych zebranych zarówno w badaniu EEG, jak i badaniu fMRI, pozwoliła zaobserwować spadek czasu reakcji i ilości błędów w kolejnych punktach czasowych sugerując, iż następował proces uczenia się. Dodatkowo, ponad 95 % ilości prawidłowo wyuczonych par we wszystkich fazach sprawdzianu w obu warunkach pozwala stwierdzić, iż uczenie było skuteczne. Motywacyjne warunki zadania nie różnicowały poziomu wyuczenia.

Uzyskane przez nas wyniki analizy danych EEG i fMRI wskazują na odmienną dynamikę monitorowania błędów w porównaniu z dynamiką obserwowaną w środowisku probabilistycznym. W obu eksperymentach wyniki wskazują, iż zarówno amplituda ERN i FN, jak i aktywacja ACC dla błędnych reakcji i negatywnej informacji zwrotnej wzrastają w miarę postępu procesu uczenia się.

Błędy posiadają wartość informacyjną, sygnalizując konieczność zmiany/korekty generowanych reakcji umożliwiając skuteczną adaptację, a towarzysząca im odpowiedź neuronalna jest odzwierciedleniem ich znaczenia ekologicznego. Poprawne reakcje nie wymagają dostosowywania, stąd też ich wartość informacyjna jest mniejsza i utrzymuje się na stałym poziomie podczas procesu uczenia się.

Wraz z postępowaniem uczenia się pojawia się zwiększona odpowiedź na błędy. W miarę postępującego procesu uczenia się, w efekcie wzrastającej stopniowo wiedzy na temat asocjacji pomiędzy bodźcem, reakcją i jej konsekwencją, popełnione błędy są interpretowane jako coraz istotniejsza niespójność między zamierzoną a wygenerowaną reakcją, czego efektem jest wzrost pobudzenia na poziomie neuronalnym.

Czynnikiem różnicującym uczenie się deterministyczne od probabilistycznego jest charakterystyka informacji zwrotnej. Podczas gdy w środowisku probabilistycznym informacja zwrotną charakteryzuje pewien stopień prawdopodobieństwa, deterministyczna informacja zwrotna zawsze dostarcza informacji zgodnych z poziomem wykonania reakcji. Wraz z postępowaniem uczenia się w warunkach

probabilistycznych uczestnicy uczą się, że informacja zwrotna nie zawsze jest źródłem adekwatnych informacji dotyczących konieczności wprowadzania modyfikacji działania, stąd stopniowy spadek jej znaczenia i zredukowana odpowiedź neuronalna. W przypadku uczenia deterministycznego, zaobserwowaliśmy odwrotną zależność. Asocjacja pomiędzy bodźcem, reakcją i konsekwencjami jest generowana na podstawie zawsze adekwatnej informacji zwrotnej. Informacja o błędzie w miarę postępu uczenia się oznacza zatem coraz większą niespójność pomiędzy zamierzoną a wykonaną reakcją, wywołując w konsekwencji zwiększoną odpowiedź neuronalną zarówno na poziomie wzrostu amplitudy FN, jak i aktywacji struktury ACC.

Warto zauważyć, iż w miarę postępu procesu uczenia, zarówno amplituda CRN, jak i aktywność ACC związana z prawidłowymi odpowiedziami pozostają na niezmiennym poziomie. Podobnie amplituda RewP i aktywacja ACC związana z pozytywną informacją zwrotną nie zmieniają się na przestrzeni procesu uczenia się.

Zaobserwowany przez nas przebieg dynamiki procesu monitorowania błędu stanowi istotny wkład w próbę zrozumienia mechanizmu procesu uczenia się sugerując, iż w warunkach deterministycznych, zewnętrzna informacja zwrotna stanowi istotną wartość również w sytuacji, gdy osoba badana zdobyła już wiedzę na temat reguł wykonywanego zadania.

Jako pierwsi przeanalizowaliśmy dynamikę procesu monitorowania błędów w środowisku deterministycznej informacji zwrotnej z zastosowaniem komplementarnych metod EEG i fMRI. Nasze badania pozwoliły na zaobserwowanie wzrostu aktywacji ACC związanej z błędną reakcją i negatywną informacją zwrotną oraz wzrostu amplitudy ERN i FN na przestrzeni procesu uczenia się, sugerując zbliżone zaangażowanie zewnętrznego i wewnętrznego systemu ewaluacji błędów podczas uczenia się w warunkach deterministycznych (Gawlowska i in., 2018).

Podsumowanie

Kierowane przeze mnie badania pokazały, iż neuronalna odpowiedź na błędy, definiowana jako wzorec aktywności neuronalnej (w postaci wzrostu mocy czołowych fal theta i spadku mocy ciemieniowych fal alfa) następujący po błędnej reakcji jest modyfikowana przez genetycznie uwarunkowaną, temperamentalną cechę Poszukiwania nowości w eksperymentalnych warunkach nagrody (Mojsa-Kaja i in., 2017). Sugeruje to, iż osoby wysoce wrażliwe na sygnały nagrody w sytuacji związanej z utratą nagrody odczuwają popełniane błędy, jako bardziej dla nich znaczące i angażują większe zasoby uwagowe w monitorowanie błędów. Wiedza na temat funkcjonowania poznawczego osób o określonym profilu temperamentalnym umożliwi dopasowanie warunków motywacyjnych w taki sposób, by umożliwić optymalne monitorowanie reakcji.

Nadto, nasze badania wykazały, iż odpowiedź neuronalna na błędne reakcje (ERN) i na zewnętrzną informację zwrotną dotyczącą popełnionego błędu (FN) oraz towarzysząca im aktywacja ACC wykazują specyficzną, nieopisaną dotąd, dynamikę charakterystyczną dla procesów uczenia się w warunkach deterministycznej informacji zwrotnej (Gawłowska i in., 2018).

Zaprojektowanie i weryfikacja nowej procedury eksperymentalnej PADL (Gawłowska i in., 2017) umożliwi kontynuację badań porównujących proces uczenia się deterministycznego z probabilistycznym pod względem specyfiki mechanizmów neuronalnych, a także analizę dynamiki uczenia się z perspektywy obu paradygmatów w zaburzeniach neurologicznych, czy też w procesie starzenia się oraz dalsze różnicowanie wypalenia zawodowego od współwystępujących z nim zaburzeń pod kątem różnic w zakresie dynamiki procesu uczenia się.

Prezentowany powyżej cykl publikacji opisuje również jedno z pierwszych badań nad procesami monitorowania błędów w syndromie wypalenia zawodowego (Golonka i in., 2017). Uzyskane wyniki udowodniły wpływ wypalenia zawodowego na etap zarówno wczesnego, automatycznego oraz późnego, świadomego przetwarzania błędu. Zaobserwowany wzrost amplitudy ERN uwidacznia podobieństwo wypalenia do zaburzeń lękowych. Uzyskane informacje na temat wskaźników monitorowania błędów specyficznych dla wypalenia zawodowego umożliwiają w przyszłości ocenę skuteczności prowadzonych oddziaływań terapeutycznych z zastosowaniem nieinwazyjnej techniki EEG.

Omawiane wyniki zostały opublikowane w renomowanych, recenzowanych czasopismach naukowych z listy JCR.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

Proces przetwarzania numerycznego i fenomen różnic w zakresie błędnych czasów reakcji

W ramach kierowanego przeze mnie grantu Sonata Bis poświęconemu tematyce monitorowania błędów, analizując dane behawioralne z zadania Stroopa fizycznego i numerycznego, zauważyliśmy nieopisany dotąd efekt czasów reakcji (ang. reaction time, RT) - błędne reakcje w zadaniu numerycznym mają krótsze RT od tych poprawnych, natomiast błędy w zadaniu fizycznym mają odwrotny wzorzec RT. Wykonaliśmy analizę danych neurofizjologicznych, aby zgłębić podstawy neuronalne tego fenomenu. Opisanie markerów EEG (potencjał P3b/CPP) i fMRI (aktywacja sieci skroniowo-ciemieniowej) związanych z błędnymi reakcjami w zadaniu Stroopa numerycznego i fizycznego przyczyniło się do zgłębienia neuronalnych podstaw

procesów przetwarzania numerycznego oraz próby wyjaśnienia fenomenu czasów błędnych reakcji w obu rodzajach wspomnianych zadań, opublikowanych w postaci artykułu:

Beldzik E., Domagalik A., Gawłowska M., Marek T., **Mojsa-Kaja J.** (2018). When three is greater than five: EEG and fMRI signatures of errors in numerical and physical comparisons. *Brain Structure and Function*, 223(2): 805-818.

Elektrofizjologiczne wskaźniki przetwarzania bodźców emocjonalnych w syndromie wypalenia zawodowego

Celem naszego badania było określenie odpowiedzi neuronalnej na bodźce emocjonalne z zastosowaniem analizy potencjałów wywołanych zarejestrowanych u osób wypalonych zawodowo oraz osób z grupy kontrolnej podczas wykonywania dwóch procedur eksperymentalnych. Procedura *rozpoznawania twarzy* (Sacht, Sommer, 2009) zawierała zdjęcia obejmujące 4 kategorie twarzy: neutralne, negatywne, pozytywne, morfologicznie zniekształcone. Procedura prezentacji zdjęć naturalnych scen z bazy International Affective Picture System (IAPS; Lang i in., 1999) z zastosowaniem *passive viewing paradigm*, zawierała 3 kategorie zdjęć scen naturalnych: pozytywnych, neutralnych, negatywnych.

Analizie podlegały komponenty potencjałów wywołanych tj. N170/ VPP rejestrowane podczas ekspozycji twarzy oraz wczesna tylna fala ujemna (*ang.* Early Posterior Negativity; EPN) i późna fala dodatnia (*ang.* Late Positive Potential; LPP) rejestrowane podczas ekspozycji zdjęć z bazy IAPS.

Badania z zastosowaniem analizy przebiegu potencjałów wywołanych wyraźnie wskazują, że twarze stanowią kategorię obiektów kluczową dla funkcjonowania społeczno-emocjonalnego, są związane ze specyficzną odpowiedzią neuronalną w postaci potencjału N170 (Bentin i in., 1996). Potencjał ten, pojawiający się około 170 ms po ekspozycji bodźca, ma status komponentu wrażliwego na twarze (*ang.* *face - sensitive*) ze względu na fakt zwiększonej amplitudy negatywnego wychylenia w okolicy skroniowo-potylicznej w odpowiedzi na ekspozycję zdjęć twarzy w porównaniu do innych obiektów. Z punktu widzenia funkcjonalnego znaczenia, N170 jest wiązany z procesem detekcji i wstępnej analizy strukturalnej (Eimer & Holmes, 2002).

Potencjałowi N170 towarzyszy potencjał VPP (*ang.* *vertex positive potential*), charakteryzujący się silniejszym wychyleniem pozytywnym w przypadku ekspozycji zdjęć twarzy, dla którego maksimum amplitudy występuje w okolicach centralnych. Funkcjonalne podobieństwo i czasowa zbieżność obu potencjałów sugeruje, iż są manifestacją tego samego neuronalnego procesu (Joyce, Rossion, 2005).

Nieprawidłowości w zakresie procesu przetwarzania twarzy z zastosowaniem analizy potencjałów N170/VPP stały się przedmiotem licznych badań prowadzonych w grupach klinicznych ze zdiagnozowanymi zaburzeniami natury psychicznej (m. in. depresji) i neurologicznej sugerując, iż komponenty te mogą pełnić rolę elektrofizjologicznych markerów upośledzeń natury społecznej, towarzyszących tym zaburzeniom (Feuerriegel i in., 2015).

Emocjonalne obrazy, w porównaniu z obrazami neutralnymi, wywołują wzrost amplitudy dwóch potencjałów wywołanych tj. wczesna tylna fala ujemna- EPN oraz późna fala dodatnia- LPP (Thom i in., 2014). Modulacja tych komponentów odzwierciedla uprzywilejowane przetwarzanie i ukierunkowanie zasobów uwagowych na bodźce o charakterze emocjonalnym (Hajcak, Dennis, 2009).

Potencjał EPN jest lokalizowany w okolicach potylicznych w okresie 200-300 ms po pojawieniu się bodźca, a wzrost jego amplitudy oznacza, iż bodziec został zidentyfikowany, jako znaczący na podstawie właściwości fizycznych (Schupp i in., 2004).

Potencjał LPP pojawia się w okolicach ciemieniowo-centralnych około 300 ms po zaistnieniu bodźca, a jego wzrost oznacza zaangażowanie większej ilości zasobów uwagowych w celu analizy semantycznej (Schupp i in., 2006).

Podczas gdy EPN odzwierciedla wczesny, automatyczny proces przetwarzania bodźców emocjonalnych, LPP jest manifestacją świadomego, kontrolowanego procesowania bodźców emocjonalnych (Hajcak, MacNamara, Olvet, 2010).

Badania z wykorzystaniem analizy potencjałów wywołanych podczas prezentacji bodźców emocjonalnych wskazują, iż zaburzeniom lękowym towarzyszy zwiększona amplituda EPN (Yoon i in., 2016) oraz zwiększona amplituda LPP (Proudfit i in., 2015), podczas gdy depresji towarzyszy zmniejszona amplituda LPP, implikując charakterystyczne dla niej deficyty uwagowe towarzyszące przetwarzaniu bodźców emocjonalnych (Proudfit i in., 2015).

Uwzględniając emocjonalno-społeczną charakterystykę syndromu wypalenia zawodowego (wyczerpanie emocjonalne, depersonalizację i cynizm) oraz jego związek z depresją, założyliśmy, iż osoby wypalone zawodowo będą prezentowały zredukowaną odpowiedź neuronalną na prezentowane bodźce. Spodziewaliśmy się mniejszej amplitudy N170/ VPP u osób wypalonych zawodowo w odpowiedzi na prezentowane (emocjonalne) twarze oraz mniejszej amplitudy EPN oraz LPP w odpowiedzi na negatywne bodźce emocjonalne.

Przeprowadzone przez nas analizy potwierdziły część stawianych przez nas hipotez. Zdjęcia twarzy wywołują niższą amplitudę VPP, a zdjęcia emocjonalnych scen wywołują mniejszą amplitudę EPN u osób wypalonych zawodowo w porównaniu z osobami z grupy kontrolnej.

Wykonane analizy korelacyjne amplitudy VPP and EPN z podwymiarami wypalenia zawodowego wskazują, iż im wyższy poziom cynizmu tym mniejsza amplituda VPP

wywołana ekspozycją zdjęć twarzy (we wszystkich kategoriach) oraz im wyższy poziom wyczerpania i cynizmu, tym bardziej maleje wychylenie negatywne amplitudy EPN dla scen emocjonalnych.

Nie potwierdziło się natomiast nasze założenie dotyczące zmniejszonej odpowiedzi neuronalnej, w postaci mniejszej amplitudy LPP u osób wypalonych zawodowo, w tym aspekcie nie wykryto istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami.

Uzyskane przez nas wyniki wskazują, iż na poziomie neuronalnym u osób wypalonych zawodowo jest zredukowana wrażliwość percepcyjna na poziomie wczesnych, automatycznych procesów analizy bodźców emocjonalnych. Charakterystyka ta jest odzwierciedleniem zakładanego przez nas procesu spłylenia przetwarzania bodźców emocjonalnych (*blunted processing of emotional stimuli*) osób wypalonych zawodowo, a zmniejszona amplituda VPP oraz EPN mogą pełnić rolę markerów neuronalnych dla kluczowych aspektów wypalenia - wyczerpania i cynizmu.

Nie wykazaliśmy różnic między grupami w zakresie amplitudy LPP, co sugeruje "odporność" fazy świadomego procesowania bodźców emocjonalnych na modulujący wpływ syndromu wypalenia.

Uwzględniając wspomniany problem diagnozy różnicującej syndrom wypalenia zawodowego od zaburzeń depresyjnych i lękowych, wyniki badań z zastosowaniem potencjałów wywołanych pozwalają na wstępne ustalenie elektrofizjologicznych markerów różnicujących rozważane konstrukty.

Słabsze zaangażowanie procesów uwagowych we wczesnych, automatycznych fazach przetwarzania bodźców emocjonalnych charakterystycznych dla wypalenia różnicuje go względem zaburzeń lękowych (Michałowski i in., 2009; Yoon i in., 2016). Równie interesujący jest wynik dotyczący potencjału LPP, którego amplituda wzrasta w zaburzeniach lękowych tłumacząc nadmierną selektywność i zaangażowanie uwagowe w przetwarzanie bodźców emocjonalnych (negatywnych, Michałowski i in., 2009); ulega zmniejszeniu w depresji tłumacząc mniejsze zaangażowanie zasobów uwagowych w procesowanie istotnych środowiskowo bodźców emocjonalnych (Proudfit in., 2015) oraz pozostaje bez zmian w przypadku wypalenia, sugerując brak dysfunkcji uwagowych w przetwarzaniu bodźców emocjonalnych na etapie ich świadomego przetwarzania w porównaniu z grupą kontrolną (Golonka i in., 2017). Dalsze badania różnicujące należy jednak przeprowadzić z zachowaniem metodologicznej spójności dotyczącej zastosowania jednakowych procedur eksperymentalnych.

Nasze badania były jednymi z pierwszych prac umożliwiających opisanie wybranych neuronalnych markerów przetwarzania bodźców emocjonalnych w syndromie wypalenia zawodowego, a ich zestawienie z analogicznie występującymi wskaźnikami uzyskiwanymi w przypadku innych zaburzeń współwystępujących

umożliwia wstępne różnicowanie konstruktów i może znaleźć w przyszłości praktyczne zastosowanie diagnostyczno-kliniczne.

Golonka K., **Mojsa-Kaja J.**, Popiel K., Marek T., Gawłowska M. (2017). Neurophysiological markers of emotion processing in burnout syndrome. *Frontiers in Psychology*, 8:2155

Tworzenie nowych metod badawczych służących operacjonalizacji konstruktów: indywidualnej podatności na deficyt snu (Ogińska i in., 2013), skali do pomiaru subiektywnej amplitudy rytmu aktywacji (Ogińska i in., 2017) oraz adaptacja kulturowa kwestionariusza do pomiaru zaburzeń obsesyjno-kompulsywnych (Mojsa-Kaja i in., 2016)

Współcześnie chroniczna, częściowa deprivacja snu jest coraz powszechniej odnotowywanym zjawiskiem, znajdującym odzwierciedlenie w funkcjonowaniu poznawczym i emocjonalnym jednostki. Jej konsekwencje są modulowane przez zindywidualizowaną podatność na deprivację snu oraz indywidualną potrzebę snu. Naszym celem było stworzenie i psychometryczna weryfikacja skali do pomiaru subiektywnych symptomów chronicznej, częściowej deprivacji snu. Konfirmacyjna analiza czynnikowa potwierdziła 4-czynnikowy model CHICA, uwzględniający aspekt termoregulacji (C - cold), zakłóconego apetytu (H-hunger), problemów natury emocjonalnej (I - zirytowanie), obniżonego poziomu funkcjonowania poznawczego (CA-cognitive attenuation). Metoda ta charakteryzuje się satysfakcjonującymi wskaźnikami psychometrycznymi.

Oginska H., **Mojsa-Kaja J.**, Fafrowicz M., Marek T. (2013). Measuring individual vulnerability to sleep loss - the CHICa scale. *Journal of sleep research*, 23(3): 341-348

W metodologii samoopisowego pomiaru chronotypu często uwzględnia się aspekt subiektywnej akrofazy rytmu aktywacji, odzwierciedlanej przez wymiar "poranność-wieczorność" oraz subiektywnej amplitudy rytmu aktywacji, przejawiającej się jako "wyrazistość rytmu", czyli świadomość (bądź jej brak) różnic pomiędzy fazami hipo- i hiperaktywacji oraz zdolność intencjonalnego modulowania własnego stanu psychofizjologicznego. Uwzględnivszy w repertuarze istniejących metod do opisu chronotypu teoretyczną i psychometryczną ułomność skal do pomiaru subiektywnej amplitudy rytmu aktywacji, podjęliśmy próbę stworzenia i weryfikacji psychometrycznej skali dedykowanej temu konstruktowi. Przeprowadzone analizy statystyczne (m.in. analiza Rascha, konfirmacyjna i eksploracyjna analiza czynnikowa) dowiodły jednowymiarowość utworzonej przez nas skali, charakteryzującej się satysfakcjonującymi właściwościami psychometrycznymi.

Oginska, H., **Mojsa-Kaja, J.**, Mairesse, O. (2017). Chronotype description: In search of a solid subjective amplitude scale. *Chronobiology international*, 34(10): 1388-1400

Zaburzenie obsesyjno-kompulsywne (ang. obsessive-compulsive disorder - OCD) jest zaburzeniem o charakterze lękowym, które dotyka około 1-2 % populacji. Jakkolwiek istnieją skuteczne metody terapeutyczne i farmakologiczne dedykowane temu zaburzeniu, istotne trudności budzi sam proces diagnostyczny. Tworzenie trafnych i rzetelnych metod diagnostyczno-przesiewowych jest zatem niezwykle istotne.

W Polsce nie funkcjonowała dotychczas zweryfikowana metoda samoopisowa, dlatego też podjęliśmy próbę adaptacji skróconej, polskiej wersji kwestionariusza Obsessive-Compulsive Inventory-Revised (OCI-R, Foa i in., 2002) w grupie nieklinicznej. Konfirmacyjna analiza czynnikowa potwierdziła 6-czynnikową strukturę metody. Uzyskano wysokie wskaźniki rzetelności (test-retest) oraz satysfakcjonujące wskaźniki trafności zbieżnej i rozbieżnej metody.

Proces adaptacji i weryfikacji metody OCI-R był w dużej mierze podyktowany zamiarem kontynuacji badań w populacji polskiej, w obszarze różnicowania wypalenia zawodowego z zaburzeniami lękowymi na poziomie wybranych wskaźników neuronalnych.

Mojsa-Kaja J., Golonka K., Gawłowska M. (2016). Preliminary analyses of psychometric characteristics of the Polish version of the Obsessive-Compulsive Inventory-Revised (OCI-R) in a non-clinical sample. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 29(6), 1011–1021

Dzienna zmienność aktywności struktur neuronalnych zawiadujących podsystemami uwagowymi

Jednym z pierwszych badań z zastosowaniem techniki fMRI, w których uczestniczyłam, była analiza aktywności struktur neuronalnych zawiadujących podsystemami orientacyjnym i egzekucyjnym uwagi. Przedmiotem analizy był wpływ zmienności dziennej na poziom ich aktywacji neuronalnej.

Osoby badane wykonywały w skanerze zadanie Stroopa 5 razy w ciągu dnia (06:00, 10:00, 14:00, 18:00, 22:00). Pomiędzy sesjami skanowania, osoby badane wykonywały czynności w symulatorze jazdy, w stabilnych, kontrolowanych warunkach eksperymentalnych.

Zaobserwowano istotną aktywność struktur mózgowych związanych zarówno z orientacyjnym, jaki i egzekucyjnym systemem uwagowym. Wpływ pory dnia na poziomie aktywacji struktur neuronalnych ujawnił się wyłącznie w przypadku systemu orientacyjnego (lewostronnie płąt czołowy oraz obustronnie czołowe pole

okoruchowe - frontal eye fields FEFs) sugerując, iż mechanizmy uwagowe "bottom-up" są podatne na czynniki cirkadialne i tym samym mniej stabilne, niż mechanizmy uwagowe "top-down".

Marek T., Fafrowicz M., Golonka K., **Mojsa-Kaja J.**, Oginska H., Tucholska K., Urbanik A., Beldzik E., Domagalik A. (2010). Diurnal patterns of activity of the orienting and executive attention neuronal networks in subjects performing a Stroop-like task: an fMRI study. *Chronobiology International, The Journal of Biological and Medical Rhythm Research*, 27(5), 945-958

Chronotyp, deficyt snu i poziom kortyzolu

W ramach opisanego wyżej projektu, osoby badane, zakwalifikowane wcześniej na podstawie kwestionariusza chronotypu, jako typ poranny lub wieczorny, dokonywały za pomocą przygotowanej baterii metod samoopisowych ewaluacji: indywidualnego zapotrzebowania na sen, preferowanego czasu snu, poziomu obciążenia wykonywanym zadaniem (symulator jazdy), aktywacji, senności po każdej z czterech 2-5 godzinnej sesji na symulatorze jazdy. W celu oznaczenia poziomu kortyzolu pobierano próbki śliny po każdej z w/w sesji oraz dodatkowo w godzinach porannych i przed snem. Analiza uzyskanych wyników pozwoliła na sformułowanie wniosków dotyczących niższego poziomu kortyzolu w osób wieczornych i spłaszczonego kształtu przebiegu dziennej krzywej poziomu kortyzolu, w porównaniu z typem porannym. Dodatkowo, deficyt snu osób wieczornych jest związany z niższym, porannym poziomem kortyzolu oraz niższym uśrednionym poziomem dziennego kortyzolu, podczas gdy wyższy poziom kortyzolu zaobserwowano u osób bez deficytu snu. Otrzymane dane zinterpretowane w kontekście teorii stresu sugerują, iż osoby wypoczęte postrzegały zadanie jako wyzwanie, podczas gdy osoby z deficytem snu były znudzone, wyczerpane sytuacją eksperymentalną.

Oginska H., Fafrowicz M., Golonka K., Marek T., **Mojsa-Kaja J.**, Tucholska K. (2010). Chronotype, sleep loss, and diurnal pattern of salivary cortisol in a simulated day-long driving. *Chronobiology International, The Journal of Biological and Medical Rhythm Research*, 27(5), 959–974

Wpływ chronicznego deficyt snu na proces monitorowania błędnych reakcji

Kolejny projekt badawczy, tym razem z zastosowaniem okulografii (EOG), dotyczył wpływu deficytu snu na funkcjonowanie systemów monitorowania konfliktów percepcyjnych oraz wykrywania i korygowania błędnych reakcji sakadycznych oczu. Badanie przeprowadzono w dwóch warunkach eksperymentalnych (częściowej, chronicznej deprivacji snu vs bez deprivacji snu), z odstępem 2-tygodniowym

między warunkami. Podczas, gdy osoby badane wykonywały 4 razy w ciągu dnia, 45-minutową procedurę eksperymentalną (polegającą na przenoszeniu wzroku i uwagi tak szybko, jak to możliwe z punktu fiksacji na obiekt) rejestrowano ruchy gałek ocznych, co pozwoliło dodatkowo na analizę wpływu pory dnia na analizowane procesy uwagowe.

Analizowano wpływ deficytu snu na ilość rejestrowanych reakcji, rozważanych w 3 kategoriach (prawidłowa reakcja, błąd pominięcia, błędna reakcja). Analiza różnic między warunkami eksperymentalnymi wykazała większą ilość błędów pominięcia w warunkach z deprivacją snu. Dodatkowo, błędne reakcje dominowały w godzinach wczesnopopołudniowych w warunkach z deprivacją snu.

Fafrowicz M., Oginska H., **Mojsa-Kaja J.**, Marek T., Golonka K., Tucholska K. (2010). Chronic sleep deficit and performance of a sustained attention task - an EOG study. *Chronobiology International, The Journal of Biological and Medical Rhythm Research*, 27(5), 934–944

6. Referencje

1. Alanis, J. C. G., Baker, T. E., Peper, M., & Chavanon, M. L. (2019). Social context effects on error-related brain activity are dependent on interpersonal and achievement-related traits. *Scientific reports*, 9(1), 1728.
2. Anokhin, A. P., Golosheykin, S., & Heath, A. C. (2008). Heritability of frontal brain function related to action monitoring. *Psychophysiology*, 45(4), 524-534.
3. Bakker, A. B., Schaufeli, W. B., Demerouti, E., Janssen, P. P., Van Der Hulst, R., & Brouwer, J. (2000). Using equity theory to examine the difference between burnout and depression.
4. Bauer, J., Stamm, A., Virnich, K., Wissing, K., Müller, U., Wirsching, M., & Schaarschmidt, U. (2006). Correlation between burnout syndrome and psychological and psychosomatic symptoms among teachers. *International archives of occupational and environmental health*, 79(3), 199-204.
5. Bedyńska, S., & Żołnierczyk-Zreda, D. (2015). Stereotype threat as a determinant of burnout or work engagement. Mediating role of positive and negative emotions. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 21(1), 1-8.
6. Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of cognitive neuroscience*, 8(6), 551-565.
7. Bianchi, R., Schonfeld, I. S., & Laurent, E. (2015). Burnout–depression overlap: A review. *Clinical psychology review*, 36, 28-41.
8. Bianchi, R., Schonfeld, I. S., Vandel, P., & Laurent, E. (2017). On the depressive nature of the “burnout syndrome”: a clarification.
9. Boksem, M. A., Tops, M., Kostermans, E., & De Cremer, D. (2008). Sensitivity to punishment and reward omission: evidence from error-related ERP components. *Biological Psychology*, 79(2), 185-192.
10. Boksem, M. A., Tops, M., Wester, A. E., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2006). Error-related ERP components and individual differences in punishment and reward sensitivity. *Brain research*, 1101(1), 92-101.
11. Bódi, N., Kéri, S., Nagy, H., Moustafa, A., Myers, C. E., Daw, N., ... & Gluck, M. A. (2009). Reward-learning and the novelty-seeking personality: a between-and within-subjects study of the effects of dopamine agonists on young Parkinson's patients. *Brain*, 132(9), 2385-2395.
12. Brackett, M. A., Palomera, R., Mojsa-Kaja, J., Reyes, M. R., & Salovey, P. (2010). Emotion-regulation ability, burnout, and job satisfaction among British secondary-school teachers. *Psychology in the Schools*, 47(4), 406-417.
13. Brotheridge, C. M., & Grandey, A. A. (2002). Emotional labor and burnout: Comparing two perspectives of “people work”. *Journal of vocational behavior*, 60(1), 17-39.
14. Brown, J. W., & Braver, T. S. (2005). Learned predictions of error likelihood in the anterior cingulate cortex. *Science*, 307(5712), 1118-1121.
15. Buwalda, B., Kole, M. H., Veenema, A. H., Huininga, M., de Boer, S. F., Korte, S. M., & Koolhaas, J. M. (2005). Long-term effects of social stress on brain and behavior: a focus on hippocampal functioning. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29(1), 83-97.

16. Cavanagh, J. F., & Frank, M. J. (2014). Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends in cognitive sciences*, 18(8), 414-421.
17. Cloninger, C. R. (1994). Temperament and personality. *Current opinion in neurobiology*, 4(2), 266-273.
18. Cloninger, C. R., Przybeck, T. R., Svrakic, D. M., & Wetzel, R. D. (1994). *The Temperament and Character Inventory (TCI): A guide to its development and use*.
19. Cohen, M. X. (2014). A neural microcircuit for cognitive conflict detection and signaling. *Trends in neurosciences*, 37(9), 480-490.
20. Compton, R. J., Hofheimer, J., & Kazinka, R. (2013). Stress regulation and cognitive control: evidence relating cortisol reactivity and neural responses to errors. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 13(1), 152-163.
21. Davies, P. L., Segalowitz, S. J., & Gavin, W. J. (2004). Development of response-monitoring ERPs in 7-to 25-year-olds. *Developmental neuropsychology*, 25(3), 355-376.
22. Debener, S., Ullsperger, M., Siegel, M., Fiehler, K., Von Cramon, D. Y., & Engel, A. K. (2005). Trial-by-trial coupling of concurrent electroencephalogram and functional magnetic resonance imaging identifies the dynamics of performance monitoring. *Journal of Neuroscience*, 25(50), 11730-11737.
23. Deligkaris, P., Panagopoulou, E., Montgomery, A. J., & Masoura, E. (2014). Job burnout and cognitive functioning: a systematic review. *Work & stress*, 28(2), 107-123.
24. Dikman, Z. V., & Allen, J. J. (2000). Error monitoring during reward and avoidance learning in high-and low-socialized individuals. *Psychophysiology*, 37(1), 43-54.
25. Eimer, M., & Holmes, A. (2002). An ERP study on the time course of emotional face processing. *Neuroreport*, 13(4), 427-431.
26. Elliot, A. J., & Thrash, T. M. (2002). Approach-avoidance motivation in personality: approach and avoidance temperaments and goals. *Journal of personality and social psychology*, 82(5), 804.
27. Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & psychophysics*, 16(1), 143-149.
28. Ersoy-Kart, M. (2009, July). Relations among social support, burnout, and experiences of anger: an investigation among emergency nurses. In *Nursing Forum* (Vol. 44, No. 3, pp. 165-174). Malden, USA: Blackwell Publishing Inc.
29. Falkenstein, M. (1990). Effects of errors in choice reaction tasks on the ERP under focused and divided attention. *Psychophysiological brain research*.
30. Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J., & Blanke, L. (1991). Effects of crossmodal divided attention on late ERP components. II. Error processing in choice reaction tasks. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 78(6), 447-455.
31. Falkenstein, M., Hoormann, J., Christ, S., & Hohnsbein, J. (2000). ERP components on reaction errors and their functional significance: a tutorial. *Biological psychology*, 51(2-3), 87-107.
32. Feuerriegel, D., Churches, O., Hofmann, J., & Keage, H. A. (2015). The N170 and face perception in psychiatric and neurological disorders: A systematic review. *Clinical Neurophysiology*, 126(6), 1141-1158.
33. Foa, E. B., Huppert, J. D., Leiberg, S., Langner, R., Kichic, R., Hajcak, G., & Salkovskis, P. M. (2002). The Obsessive-Compulsive Inventory: development and validation of a short version. *Psychological assessment*, 14(4), 485.
34. Folstein, J. R., & Van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: a review. *Psychophysiology*, 45(1), 152-170.
35. Frank, M. J., & Kong, L. (2008). Learning to avoid in older age. *Psychology and aging*, 23(2), 392.
36. Frank, M. J., Seeberger, L. C., & O'Reilly, R. C. (2004). By carrot or by stick: cognitive reinforcement learning in parkinsonism. *Science*, 306(5703), 1940-1943.
37. Gajewski, P. D., Boden, S., Freude, G., Potter, G. G., & Falkenstein, M. (2017). Burnout is associated with changes in error and feedback processing. *Biological psychology*, 129, 349-358.
38. Gawłowska, M., Beldzik, E., Domagalik, A., Gagol, A., Marek, T., & Mojsa-Kaja, J. (2017). I Don't Want to Miss a Thing—Learning Dynamics and Effects of Feedback Type and Monetary Incentive in a Paired Associate Deterministic Learning Task. *Frontiers in psychology*, 8, 935.
39. Gawłowska, M., Domagalik, A., Beldzik, E., Marek, T., & Mojsa-Kaja, J. (2018). Dynamics of error-related activity in deterministic learning—an EEG and fMRI study. *Scientific reports*, 8(1), 14617.
40. Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M. G., Meyer, D. E., & Donchin, E. (2018). The error-related negativity. *Perspectives on Psychological Science*, 13(2), 200-204.
41. Golonka, K., Mojsa-Kaja, J., Blukacz, M., Gawłowska, M., & Marek, T. (2019). Occupational burnout and its overlapping effect with depression and anxiety. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 32(2), 1-16.
42. Golonka, K., Mojsa-Kaja, J., Gawłowska, M., & Popiel, K. (2017). Cognitive impairments in occupational burnout—error processing and its indices of reactive and proactive control. *Frontiers in psychology*, 8, 676.
43. Golonka, K., Mojsa-Kaja, J., Marek, T., & Gawłowska, M. (2018). Stimulus, response and feedback processing in burnout—An EEG study. *International Journal of Psychophysiology*, 134, 86-94.
44. Hajcak, G. (2012). What we've learned from mistakes: Insights from error-related brain activity. *Current Directions in Psychological Science*, 21(2), 101-106.
45. Hajcak, G., & Dennis, T. A. (2009). Brain potentials during affective picture processing in children. *Biological psychology*, 80(3), 333-338.

46. Hajcak, G., & Foti, D. (2008). Errors are aversive: Defensive motivation and the error-related negativity. *Psychological science*, 19(2), 103-108.
47. Hajcak, G., MacNamara, A., & Olvet, D. M. (2010). Event-related potentials, emotion, and emotion regulation: an integrative review. *Developmental neuropsychology*, 35(2), 129-155.
48. Hajcak, G., McDonald, N., & Simons, R. F. (2004). Error-related psychophysiology and negative affect. *Brain and cognition*, 56(2), 189-197.
49. Hajcak, G., Moser, J. S., Yeung, N., & Simons, R. F. (2005). On the ERN and the significance of errors. *Psychophysiology*, 42(2), 151-160.
50. Hauser, T. U., Iannaccone, R., Stämpfli, P., Drechsler, R., Brandeis, D., Walitza, S., & Brem, S. (2014). The feedback-related negativity (FRN) revisited: new insights into the localization, meaning and network organization. *Neuroimage*, 84, 159-168.
51. Holroyd, C. B., & Coles, M. G. (2002). The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological review*, 109(4), 679.
52. Joyce, C., & Rossion, B. (2005). The face-sensitive N170 and VPP components manifest the same brain processes: the effect of reference electrode site. *Clinical Neurophysiology*, 116(11), 2613-2631.
53. Kamarajan, C., Rangaswamy, M., Chorlian, D. B., Manz, N., Tang, Y., Pandey, A. K., ... & Porjesz, B. (2008). Theta oscillations during the processing of monetary loss and gain: a perspective on gender and impulsivity. *Brain research*, 1235, 45-62.
54. Keil, J., Weisz, N., Paul-Jordanov, I., & Wienbruch, C. (2010). Localization of the magnetic equivalent of the ERN and induced oscillatory brain activity. *Neuroimage*, 51(1), 404-411.
55. Krebs, R. M., Schott, B. H., & Düzel, E. (2009). Personality traits are differentially associated with patterns of reward and novelty processing in the human substantia nigra/ventral tegmental area. *Biological psychiatry*, 65(2), 103-110.
56. Krigolson, O. E., & Holroyd, C. B. (2006). Evidence for hierarchical error processing in the human brain. *Neuroscience*, 137(1), 13-17.
57. Krigolson, O. E., Pierce, L. J., Holroyd, C. B., & Tanaka, J. W. (2009). Learning to become an expert: Reinforcement learning and the acquisition of perceptual expertise. *Journal of cognitive neuroscience*, 21(9), 1833-1840.
58. Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1997). *International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective ratings*. NIMH Center for the Study of Emotion and Attention, 1, 39-58.
59. Leiter, M. P., & Maslach, C. (2006). *Areas of worklife survey manual*. Centre for Organizational Research and Development, Acadia University, Wolfville.
60. Linden, D. V. D., Keijsers, G. P., Eling, P., & Schaijk, R. V. (2005). Work stress and attentional difficulties: An initial study on burnout and cognitive failures. *Work & Stress*, 19(1), 23-36.
61. Luijckelaar, G. V., Verbraak, M., Bunt, M. V. D., Keijsers, G., & Arns, M. (2010). EEG findings in burnout patients. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 22(2), 208-217.
62. Lupien, S. J., McEwen, B. S., Gunnar, M. R., & Heim, C. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 10(6), 434.
63. Makeig, S., & Onton, J. (2009). ERP features and EEG dynamics: an ICA perspective. In *Oxford handbook of event-related potential components* (pp. 51-87). Oxford.
64. Marin, M. F., Lord, C., Andrews, J., Juster, R. P., Sindi, S., Arseneault-Lapierre, G., ... & Lupien, S. J. (2011). Chronic stress, cognitive functioning and mental health. *Neurobiology of learning and memory*, 96(4), 583-595.
65. Mars, R. B. et al. Neural dynamics of error processing in medial frontal cortex. *NeuroImage* 28, 1007–13 (2005).
66. Maruo, Y., Schacht, A., Sommer, W., & Masaki, H. (2016). Impacts of motivational valence on the error-related negativity elicited by full and partial errors. *Biological psychology*, 114, 108-116.
67. Maslach, C. (2001). What have we learned about burnout and health?. *Psychology & health*, 16(5), 607-611.
68. Maslach, C., & Leiter, M. P. (2008). Early predictors of job burnout and engagement. *Journal of applied psychology*, 93(3), 498.
69. Maslach, C., & Leiter, M. P. (2016). Understanding the burnout experience: recent research and its implications for psychiatry. *World psychiatry*, 15(2), 103-111.
70. Maslach, C., Jackson, S. E., & Leiter, M. P. (1996). *Maslach burnout inventory manual* (Vol. 4). Palo Alto, CA: Consulting psychologists press.
71. Mathalon, D. H., Whitfield, S. L., & Ford, J. M. (2003). Anatomy of an error: ERP and fMRI. *Biological psychology*, 64(1-2), 119-141.
72. Mazaheri, A., Nieuwenhuis, I. L., Van Dijk, H., & Jensen, O. (2009). Prestimulus alpha and mu activity predicts failure to inhibit motor responses. *Human brain mapping*, 30(6), 1791-1800.
73. Meyer, A., Hajcak, G., Torpey-Newman, D. C., Kujawa, A., & Klein, D. N. (2015). Enhanced error-related brain activity in children predicts the onset of anxiety disorders between the ages of 6 and 9. *Journal of Abnormal Psychology*, 124(2), 266.
74. Michalowski, J. M., Melzig, C. A., Weike, A. I., Stockburger, J., Schupp, H. T., & Hamm, A. O. (2009). Brain dynamics in spider-phobic individuals exposed to phobia-relevant and other emotional stimuli. *Emotion*, 9(3), 306.
75. Miltner, W. H., Lemke, U., Weiss, T., Holroyd, C., Scheffers, M. K., & Coles, M. G. (2003). Implementation of

- error-processing in the human anterior cingulate cortex: a source analysis of the magnetic equivalent of the error-related negativity. *Biological psychology*, 64(1-2), 157-166.
76. Mojsa, J., Dyląg, A., Pałczyńska, E. (2006). Psychometric properties of a Polish version of the Maslach Burnout Inventory -General Survey (MBI-GS) in a group of Information and Communication Technology (ICT) Specialists, *Ergonomia, An International Journal of Ergonomics and Human Factors*, 28(4): 351-361.
 77. Mojsa-Kaja, J., Beldzik, E., Domagalik, A., Gawłowska, M., & Marek, T. (2017). Error-related oscillatory activity is modulated by novelty seeking in the reward condition. *International Journal of Psychophysiology*, 117, 83-90.
 78. Mojsa-Kaja, J., Golonka, K., & Marek, T. (2015). Job burnout and engagement among teachers-Worklife areas and personality traits as predictors of relationships with work. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 28(1), 102.
 79. Nieuwenhuis, S., Ridderinkhof, K. R., Blom, J., Band, G. P., & Kok, A. (2001). Error-related brain potentials are differentially related to awareness of response errors: evidence from an antisaccade task. *Psychophysiology*, 38(5), 752-760.
 80. Olvet, D. M., & Hajcak, G. (2008). The error-related negativity (ERN) and psychopathology: Toward an endophenotype. *Clinical psychology review*, 28(8), 1343-1354.
 81. Pailing, P. E., & Segalowitz, S. J. (2004). The error-related negativity as a state and trait measure: Motivation, personality, and ERPs in response to errors. *Psychophysiology*, 41(1), 84-95.
 82. Pałczyńska, E., Mojsa, J. (2006). Does the psychotherapists' temperament influence the professional burnout syndrome? Research report, *Ergonomia, An International Journal of Ergonomics and Human Factors*, 28(3): 229-236
 83. Patel, S. H., & Azzam, P. N. (2005). Characterization of N200 and P300: selected studies of the event-related potential. *International journal of medical sciences*, 2(4), 147.
 84. Plichta, M. M., & Scheres, A. (2014). Ventral-striatal responsiveness during reward anticipation in ADHD and its relation to trait impulsivity in the healthy population: A meta-analytic review of the fMRI literature. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 38, 125-134.
 85. Potts, G. F. (2011). Impact of reward and punishment motivation on behavior monitoring as indexed by the error-related negativity. *International Journal of Psychophysiology*, 81(3), 324-331.
 86. Proudfit, G. H., Bress, J. N., Foti, D., Kujawa, A., & Klein, D. N. (2015). Depression and event-related potentials: Emotional disengagement and reward insensitivity. *Current opinion in psychology*, 4, 110-113.
 87. Proudfit, G. H., Inzlicht, M., & Mennin, D. (2013). Anxiety and error monitoring: the importance of motivation and emotion. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 636.
 88. Riesel, A., Weinberg, A., Endrass, T., Kathmann, N., & Hajcak, G. (2012). Punishment has a lasting impact on error-related brain activity. *Psychophysiology*, 49(2), 239-247.
 89. Riesel, A., Weinberg, A., Endrass, T., Meyer, A., & Hajcak, G. (2013). The ERN is the ERN is the ERN? Convergent validity of error-related brain activity across different tasks. *Biological psychology*, 93(3), 377-385.
 90. Rigoni, D., Polezzi, D., Rumiati, R., Guarino, R., & Sartori, G. (2010). When people matter more than money: An ERPs study. *Brain research bulletin*, 81(4-5), 445-452.
 91. Schacht, A., & Sommer, W. (2009). Emotions in word and face processing: early and late cortical responses. *Brain and cognition*, 69(3), 538-550.
 92. Schaufeli, W. B., Leiter, M. P., & Maslach, C. (2009). Burnout: 35 years of research and practice. *Career development international*, 14(3), 204-220.
 93. Schaufeli, W. B., Maslach, C., & Marek, T. (1993). The future of burnout. *Professional burnout: Recent developments in theory and research*, 253-259.
 94. Schmidt, K. H., Neubach, B., & Heuer, H. (2007). Self-control demands, cognitive control deficits, and burnout. *Work & Stress*, 21(2), 142-154.
 95. Schroder, H. S., Moran, T. P., Infantolino, Z. P., & Moser, J. S. (2013). The relationship between depressive symptoms and error monitoring during response switching. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 13(4), 790-802.
 96. Schupp, H. T., Flaisch, T., Stockburger, J., & Junghöfer, M. (2006). Emotion and attention: event-related brain potential studies. *Progress in brain research*, 156, 31-51.
 97. Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2004). The selective processing of briefly presented affective pictures: an ERP analysis. *Psychophysiology*, 41(3), 441-449.
 98. Shirom, A., & Ezrachi, Y. (2003). On the discriminant validity of burnout, depression and anxiety: A re-examination of the burnout measure. *Anxiety, Stress & Coping*, 16(1), 83-97.
 99. Sokka, L., Leinikka, M., Korpela, J., Henelius, A., Lukander, J., Pakarinen, S., ... & Huotilainen, M. (2017). Shifting of attentional set is inadequate in severe burnout: evidence from an event-related potential study. *International Journal of Psychophysiology*, 112, 70-79.
 100. Szczygiel, D. D., & Mikolajczak, M. (2018). Emotional intelligence buffers the effects of negative emotions on job burnout in nursing. *Frontiers in psychology*, 9.
 101. Taylor, S. F., Stern, E. R., & Gehring, W. J. (2007). Neural systems for error monitoring: recent findings and theoretical perspectives. *The Neuroscientist*, 13(2), 160-172.
 102. Thom, N., Knight, J., Dishman, R., Sabatinelli, D., Johnson, D. C., & Clementz, B. (2014). Emotional scenes elicit more pronounced self-reported emotional experience and greater EPN and LPP modulation when compared to emotional faces. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 14(2), 849-860.

103. Tops, M., Koole, S. L., & Wijers, A. A. (2013). The Pe of perfectionism. *Journal of Psychophysiology*, 27, 84-94.
104. Torpey, D. C., Hajcak, G., & Klein, D. N. (2009). An examination of error-related brain activity and its modulation by error value in young children. *Developmental Neuropsychology*, 34(6), 749-761.
105. Ullsperger, M., Harsay, H. A., Wessel, J. R., & Ridderinkhof, K. R. (2010). Conscious perception of errors and its relation to the anterior insula. *Brain Structure and Function*, 214(5-6), 629-643.
106. van Dam, A. (2016). Subgroup analysis in burnout: relations between fatigue, anxiety, and depression. *Frontiers in psychology*, 7, 90.
107. van de Vijver, I., Cohen, M. X., & Ridderinkhof, K. R. (2014). Aging affects medial but not anterior frontal learning-related theta oscillations. *Neurobiology of Aging*, 35(3), 692-704.
108. van Driel, J., Ridderinkhof, K. R., & Cohen, M. X. (2012). Not all errors are alike: theta and alpha EEG dynamics relate to differences in error-processing dynamics. *Journal of Neuroscience*, 32(47), 16795-16806.
109. Weinberg, A., & Hajcak, G. (2011). Longer term test-retest reliability of error-related brain activity. *Psychophysiology*, 48(10), 1420-1425.
110. Weinberg, A., Riesel, A., & Hajcak, G. (2012). Integrating multiple perspectives on error-related brain activity: The ERN as a neural indicator of trait defensive reactivity. *Motivation and Emotion*, 36(1), 84-100.
111. Yeung, N., Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (2004). The neural basis of error detection: conflict monitoring and the error-related negativity. *Psychological review*, 111(4), 931.
112. Yoon, S., Shim, M., Kim, H. S., & Lee, S. H. (2016). Enhanced early posterior negativity to fearful faces in patients with anxiety disorder. *Brain topography*, 29(2), 262-272.

Justyna Mojsa-Kaja

Kraków, 25 kwietnia 2019 roku