

AUTOREFERAT

- 1 Imię i Nazwisko: Mirosław Wyczesany

- 2 Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.
 - magister inżynier, Elektronika i Telekomunikacja, Wydział Elektroniki, Automatyki, Informatyki i Elektrotechniki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, 1997
 - magister, Psychologia, Wydział Filozoficzny, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 1999
 - doktor, nauki społeczne, Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour, Radboud University, Nijmegen (NL), 2010
tytuł dysertacji: Covariation of mood and brain activity: integration of subjective self-report data with quantitative EEG measures

- 3 Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych.
 - 2008-2010: Instytut Psychologii UJ, stanowisko naukowo-techniczne
 - od 2011: Instytut Psychologii UJ, asystent
 - od 2013: Instytut Psychologii UJ, adiunkt

- 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. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

Za swoje najważniejsze osiągnięcie naukowe uzasadniające rozpoczęcie procedury habilitacyjnej uznaje:

- Identyfikację korowych mechanizmów związanych z subiektywnym aspektem stanu afektywnego i ich powiązanie z opisem nastroju na skalach intensywności i walencji.
- Określenie sieci oddziaływań struktur korowych warunkujących modulację reaktywności emocjonalnej, w szczególności integracyjno-kontrolnej roli kory przedczołowej oraz specyficznej roli dwóch sieci uwagowych (brzuszej i grzbietowej) w kontrolowaniu systemów percepcyjnych.
- Opisanie znaczenia zjawiska modulacji percepcyjnej zarówno w wolicjonalnych, jak i automatycznych procesach regulacji emocjonalnej, prowadzące do unifikacji teoretycznej obu rodzajów procesów kontrolnych.
- Identyfikację istotnej roli czynników niespecyficznych w procesach regulacji emocji oraz wskazanie poważnych problemów metodologicznych w typowych paradygmatach badających wolicjonalne strategie regulacji afektywnej.
- Implementację grupowych metod analizy przepływu informacji w mózgu do badania procesów emocjonalnych.

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

Analiza korowych mechanizmów związanych z doświadczaniem i regulacją stanu emocjonalnego

b) publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Efekty prac zostały opisane w postaci 9 artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach z listy JCR. Publikacje zestawiono w dwóch sekcjach, odnoszących się do obu głównych merytorycznych zagadnień.

- Określenie korowego podłoża subiektywnego aspektu stanu afektywnego:
 - 1) Wyczesany M, Grzybowski SJ, Barry RJ, Kaiser J, Coenen AML, Potoczek A, 2011. **Covariation of EEG synchronization and emotional state as modified by anxiolytics**, Journal of Clinical Neurophysiology 28, 289-296. [IF=1.451]

- 2) Wyczesany M, Ferdek MA, Grzybowski SJ, 2014. **Cortical functional connectivity is associated with the valence of affective states**, Brain and Cognition 90, 109-115. [IF=2.683]
 - 3) Wyczesany M, Ligeza TS, 2015. **Towards a constructionist approach to emotions: verification of the three-dimensional model of affect with EEG-independent component analysis**, Experimental Brain Research 233, 723-733. [IF=2.036]
- Identyfikacja korowej sieci warunkującej modulację reaktywności emocjonalnej:
 - 4) Wyczesany M, Ligeza TS, Grzybowski SJ, 2015. **Effective connectivity during visual processing is affected by emotional state**, Brain Imaging and Behavior 9, 717-728. [IF=4.598]
 - 5) Ligeza TS, Wyczesany M, Tymorek AD, Kamiński M, 2016. **Interactions Between the Prefrontal Cortex and Attentional Systems During Volitional Affective Regulation: An Effective Connectivity Reappraisal Study**, Brain Topography 29, 253-261. [IF=3.727]
 - 6) Wyczesany M, Grzybowski SJ, Kaiser J, 2015. **Emotional reactivity to visual content as revealed by ERP component clustering**, Journal of Psychophysiology 29, 135-146. [IF=1.590]
 - 7) Ferdek MA, van Rijn CM, Wyczesany M, 2016. **Depressive rumination and the emotional control circuit: An EEG localization and effective connectivity study**, Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience 16, 1099-1113. [IF=3.263]
 - 8) Ligeza T, Wyczesany M, 2017. **Cognitive conflict increases processing of negative, task-irrelevant stimuli**, International Journal of Psychophysiology 120, 126-135. [IF=2.582*]
 - 9) Wyczesany M, Ligeza TS, 2017. **Is elaboration of affective content sufficient to attenuate emotional responses during reappraisal procedures?**, Biological Psychology 127, 99-107. [IF=3.234*]

** Impact Factor za rok 2017 niedostępny. Podano dane za 2016 r.

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

Wprowadzenie

Mózgowe mechanizmy leżące u podłoża procesów emocjonalnych to jeden z centralnych problemów współczesnej neuronauki. Mimo wielu lat badań przy użyciu coraz doskonalszych technik obrazowania, nasza wiedza wciąż pozostaje w znacznym stopniu niepełna i fragmentaryczna. Badanie stanów afektywnych jest z jednej strony niezwykle fascynujące, jako że to właśnie emocje nadają niepowtarzalny koloryt naszemu życiu i odczuwaniu. Z drugiej jednak dotarcie do prywatnej i subiektywnej rzeczywistości tych przeżyć pozostaje zadaniem niełatwym i wymagającym od badacza determinacji i pomysłowości. Wiąże się też z koniecznością zaakceptowania faktu, iż wewnętrzne przeżycie emocjonalne pozostanie tylko pośrednio dostępne dla zewnętrznego obserwatora. Przez długi czas badanie emocji koncentrowało się przede wszystkim na obserwacji odpowiedzi behawioralnych oraz monitorowaniu pobudzenia układu nerwowego. Poznanie procesów emocjonalnych nie można jednak uznać za wystarczające, jeśli pominiemy trudno uchwytny, subiektywny aspekt doświadczenia afektywnego.

Początkowo moje zainteresowania badawcze koncentrowały się właśnie na poszukiwaniu korowych korelatów fenomenologicznego aspektu przeżycia emocjonalnego. Jeszcze do niedawna w środowisku naukowym dominował sceptycyzm, co do możliwości jego naukowego opisu i poznania. W ostatnich latach widać jednak rosnące gwałtownie zainteresowanie tym tematem; wzrasta liczba publikacji, gdzie obok metod neuroobrazowania pojawiają się – coraz bardziej udane – próby uchwycenia doświadczenia emocjonalnego. Fakt ten, a także obiecujące rezultaty badań własnych, skłoniły mnie do kontynuacji poszukiwań w tym zakresie. Z jednej strony włączenie zmiennych subiektywnych umożliwia lepszą weryfikację efektywności działania stymulacji eksperymentalnej. Z drugiej zaś, po włączeniu do modeli statystycznych, pozwala na lepszą kontrolę zmienności indywidualnej i sytuacyjnej. Możliwość obserwacji tego, jak zróżnicowany wpływ wywiera ta sama stymulacja emocjonalna u różnych osób badanych (lub też w różnych warunkach) doprowadziło mnie do kolejnego pytania – jakie są mózgowo mechanizmy warunkujące zmienność w zakresie podatności na stymulację afektywną. W ten sposób zakres moich zainteresowań poszerzył się o zagadnienie reaktywności emocjonalnej i szeroko pojętych procesów kontroli emocji. Jest to temat, który posiada potencjalnie istotne znaczenie aplikacyjne, przede wszystkim na gruncie klinicznym. Efektywne stosowanie strategii kontroli afektywnej pozostaje ważnym czynnikiem radzenia sobie w życiu codziennym i przekłada się na zdrowie psychiczne. Umiejętność stosowania owych strategii może stanowić przedmiot działań terapeutycznych, a zrozumienie mózgowych mechanizmów odpowiedzialnych za kontrolę emocji otwiera również nowe możliwości diagnostyczne.

W istniejącej literaturze kwestia mózgowego podłoża kontroli afektywnej opisana jest przede wszystkim na gruncie korelacyjnych badań aktywacji mózgowych związanych z różnego rodzaju strategiami kontroli emocji. Jednak rozumienie mechanizmów za nimi stojących jest jak dotąd wysoce niewystarczające. Z tego powodu postanowiłem przyjrzeć się bliżej procesom mózgowym, warunkującym szeroko pojętą kontrolę emocjonalną, zarówno tym automatycznym, jak i świadomie uruchamianym. W efekcie, do głównego nurtu swoich badawczych poszukiwań włączyłem – oprócz subiektywnego nastroju – zagadnienia reaktywności emocjonalnej. W swoich pracach oparłem się przede wszystkim na elektroencefalografii (EEG), przy czym do analizy danych stosowane były często zaawansowane metody analityczne. Pozwoliły one uzyskać znacznie pełniejszy obraz leżących u ich źródła procesów aniżeli tradycyjne techniki. W szczególności analizy prowadzone były przy użyciu podejścia sieciowego i koncentrowały się na wzajemnych interakcjach pomiędzy funkcjonalnie odrębnymi obszarami kory. Pozwoliło to zobaczyć przebieg procesów mózgowych jako wynik kooperacji tych obszarów. Dzięki temu możliwa była identyfikacja i śledzenie elementarnych procesów składających się na regulację reaktywności emocjonalnej i jej wpływ na subiektywny stan afektywny. W ten sposób udało nam lepiej zrozumieć mechanizmy mózgo- we leżące u podłoża procesów afektywnych.

Rezultaty wspomnianych wyżej badań składają się na osiągnięcie naukowe w rozumieniu 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. nr 65, poz. 595 ze zm.). Prowadzone one były zasadniczo na gruncie badań podstawowych, pozwalających lepiej zrozumieć podstawowe procesy mózgo- we w zakresie emocji, niemniej niosą one ze sobą również istotne znaczenie dla wiedzy klinicznej, w szczególności odnoszącej się do zaburzeń nastroju i powiązanych z nimi dysfunkcji regulacji emocjonalnej.

Do najważniejszych dokonań w ramach omawianego osiągnięcia naukowego należy zaliczyć:

- wskazanie korowych obszarów zaangażowanych w poszczególne wymiary doświadczenia emocjonalnego,
- identyfikacja funkcjonalnej sieci tych struktur, ze wskazaniem wzajemnych dróg komunikacji w zależności od stanu emocjonalnego,
- wsparcie konstruktywistycznej koncepcji stanu emocjonalnego przy użyciu wcześniej niepublikowanych danych EEG,
- zbadanie roli kory przedczołowej i mechanizmów uwagowych w regulacji reaktywności emocjonalnej poprzez bramkowanie percepcyjne,
- generalizacja uzyskanych wyników dotyczących kontroli emocjonalnej i ujęcie jej w spójny konstrukt teoretyczny, obejmujący zarówno wolicjonalne, jak i automatyczne strategie kontrolne,
- wskazanie na istotną rolę czynników niespecyficznych w procesach regulacji emocjonalnej oraz identyfikacja poważnych luk metodologicznych w typowych paradygmatach badania regulacji emocjonalnej.

Wybrane metody stosowane w badaniach

Pomiar stanu afektywnego

W większości z prezentowanych badań do określenia stanu emocjonalnego wykorzystywano przede wszystkim sformalizowane metody samoopisowe oparte o ocenę aktualnego stanu przez osoby badane. Założono, że w określonych warunkach, informacje w ten sposób zebrane są w stanie oddać faktyczny stan subiektywny osoby badanej. Znajduje to potwierdzenie w moich wcześniejszych publikacjach, które wykazały, że wzorce aktywności mózgowych (mierzone poprzez spektralną analizę mocy sygnału w pasmach theta, alfa, beta) pozostają stabilnie i w sposób powtarzalny związane z oceną stanu afektywnego na wymiarach energetycznym i walencyjnym (M Wyczesany, Kaiser, & Barry, 2009; M Wyczesany, Kaiser, & Coenen, 2008, 2010). Co istotne, w opisanych niżej publikacjach, miary te były używane jako zasadnicza zmienna eksperymentalna w analizach statystycznych. Kontrastuje to z tradycyjnym podejściem, gdzie samoopis wykorzystywany był przede wszystkim jako dodatkowa kontrola warunków i manipulacji eksperymentalnej. Dzięki włączeniu danych subiektywnych, możliwe było ujęcie w modelach statystycznych zróżnicowanej reaktywności emocjonalnej, co pozwoliło na zwiększenie mocy testów i zidentyfikowanie parametrów, których współzmiennność była w większym stopniu związana z raportowanym stanem emocjonalnym aniżeli z obiektywną charakterystyką stymulacji.

W zależności od procedury, w badaniach stosowano jedno z poniższych narzędzi pomiarowych:

- Kwestionariusz UMACL (*UWIST Mood Adjective Checklist*; (Matthews, Jones, & Chamberlain, 1990) oparty o listę przymiotników, co do której osoba badana stwierdza (na 5-stopniowej skali Likerta), do jakiego stopnia konkretne określenie (przymiotnik) pasuje do jej aktualnego nastroju. Poszczególne oceny grupowane są w trzy wymiary: pobudzenie energetyczne (*Energetic Arousal*; EA), związane z odczuwaniem aktywacji o pozytywnej konotacji emocjonalnej, energii do działania vs dezaktywacji, senności, zmęczeniu i znużeniu; pobudzenie napięciowe (*Tension Arousal*; TA), związane z negatywnie postrzeganym zdenerwowaniem, napięciem emocjonalnym vs wyciszeniem i relaksem; oraz tonus hedonistyczny (*Hedonic Tone*; HT), stanowiący walencyjny wymiar pomiędzy pozytywnym a negatywnym samopoczuciem.
- Skala PANAS-X (*Positive and Negative Affect Schedule – Expanded Form* (Watson, Lee, & Tellegen, 1988) oparty jest również o listę przymiotników. Wyniki pomiaru nastroju obliczne są w następujących skalach: ogólny afekt (negatywny, pozytywny), podstawowe emocje negatywne (strach, wrogość, wina, smutek), podstawowe emocje pozytywne (radość, pewność siebie uważność), inne emocje podstawowe (nieśmiałość, zmęczenie, spokój, zaskoczenie).

- Skala SAM (*Self-Assessment Manikin* (Bradley & Lang, 1994) oparta o pomiar ciągły (nie dyskretny). Osoba badana była proszona o zaznaczenie aktualnego stanu na linii, ponad którą znajdowała się seria manekinów obrazujących zmieniający się pomiędzy biegunami aspekt stanu emocjonalnego. Przy pomiarze SAM stosuje się zazwyczaj trzy skale odnoszące się odpowiednio do: energii / aktywacji, walencji i dominacji / poczucia kontroli. Zaletą tej metody jest szybki pomiar ułatwiający jej stosowanie wielokrotnie podczas tej samej procedury. Pozwala to ograniczyć dystrakcję od głównego zadania, a także rejestrować szybkie fluktuacje stanu afektywnego w trakcie trwania eksperymentu.

Identyfikacja niezależnych źródeł aktywności EEG

Fakt, że wszystkie tkanki głowy charakteryzują się relatywnie dobrą przewodnością elektryczną, skutkuje niepożądanym przestrzennym rozmyciem sygnału EEG. Pole elektryczne rozprzestrzeniające się w całej objętości tkanek powoduje, że sygnał EEG rejestrowany przez konkretną elektrodę jest liniową kombinacją aktywności licznych populacji neuronów z różnych obszarów kory, które często pozostają funkcjonalnie odrębne. Tradycyjnie, analiza EEG w dużym stopniu abstrahuje od tego problemu; typowe parametry (np. komponenty potencjałów wywołanych ERP), jakie poddaje się analizie, służą zazwyczaj do analiz czasowych i intensywnościowych, bez wyznaczania lokalizacji źródeł rejestrowanego sygnału. Brak analizy lokalizacji nie odsuwa jednak problemu nakładających się aktywacji pochodzących od odrębnych procesów mózgowych. Niemniej zastosowanie odpowiednich metod analitycznych pozwala na – przynajmniej częściową – eliminację niektórych z tych ograniczeń. W części omawianych eksperymentów zastosowano analizę ICA (*Independent Component Analysis*), która pozwala na separację niezależnych źródeł sygnału składających się na zapis EEG. W efekcie, po ‘rozpleceniu’ wpływu poszczególnych źródeł, zamiast aktywności elektrycznej z poszczególnych elektrod w funkcji czasu uzyskujemy aktywacje poszczególnych, niezależnych od siebie źródeł. Źródła te, jak się przyjmuje, mogą reprezentować aktywacje funkcjonalnie odrębnych fragmentach kory mózgowej (Delorme, Palmer, Onton, Oostenveld, & Makeig, 2012). W dalszym etapie do tak odseparowanych źródeł możliwe jest dodatkowe zastosowanie metody lokalizacji w przestrzeni mózgu, co umożliwi (przy zachowaniu odpowiednich warunków pomiaru) określenie ich przybliżonego położenia. W części omawianych tutaj prac użyto do tego celu metody DIPFIT (*Dipole Fitting*; (Oostenveld, Fries, Maris, & Schoffelen, 2011), która oparta jest o modelowanie źródeł sygnału w postaci ekwiwalentnego punktowego dipola, reprezentującego centrum jego źródła.

Sieciowa analiza komunikacji obszarów korowych

Bez analizy pracy mózgu, rozpatrywanego jako złożony system komunikujących się wzajemnie struktur, nie można mówić o pełnym poznaniu jego funkcjonowania. Podejście sieciowe stało się w ostatnich latach niezwykle istotne dla neuronauki. Zdecydowana większość publikowanych obecnie w tej dziedzinie badań opiera się jednak na danych pochodzących z funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI). Ograniczona rozdzielczość czasowa tej metody w zasadzie pozwala jedynie na korelacyjną analizę podobieństwa fluktuacji aktywności struktur w zakresie wolnych częstotliwości, co jest podstawą do pośredniego wnioskowania o ich funkcjonalnych powiązaniach. Wyklucza to zarówno śledzenie szybkich i krótko trwających procesów, jak i określanie kierunków oddziaływań. Elektroencefalografia, z uwagi na doskonałą rozdzielczość czasową, jest dobrym narzędziem do identyfikacji kierunku i intensywności przepływu informacji pomiędzy poszczególnymi obszarami mózgu, włączając w to również śledzenie dynamiki tych procesów. Metody sieciowe pozwalają oszacować tzw. efektywny przepływ informacji w mózgu (*effective connectivity*), tj. faktyczny i kierunkowo określony związek między aktywnością poszczególnych obszarów korowych, czyli faktycznie przepływ sygnału pomiędzy obszarami. Najważniejszą techniką tej klasy użytą w opisywanych pracach jest metoda *Directed Transfer Function* (DTF), która oparta jest o wielozmiennowe modelowanie autoregresyjne (*multivariate autoregressive modelling*; MVAR) (Blinowska, Kuś, & Kamiński, 2004; Kamiński & Blinowska, 1991). Metoda zakłada, że sygnał A w chwili t (a właściwie jego zdigitalizowaną próbkę, gdyż analizujemy sygnał cyfrowy) można przedstawić jako liniową kombinację kilku kolejnych, próbek tegoż sygnału S pochodzących z jego bezpośredniej przeszłości. Tym samym wartość sygnału S możemy do pewnego stopnia przewidzieć, mając dostępną informację o jego przeszłości. Rozszerzając równanie regresyjne o kolejne sygnały (A_n) możemy sprawdzić, czy dodanie informacji zawierającej przeszłość innych elektrod wpłynie na wzrost poziomu predykcji S powyżej tego, jaki można było uzyskać na podstawie analizy jedynie własnej przeszłości S . Jeśli dodanie do modelu sygnału A_n zwiększa poziom predykcji S , możemy – na podstawie aksjomatów Grangera – rozpatrywać zależność między sygnałami jako kauzalną, gdzie A_n traktowany będzie jako źródło (przyczyna) zmian obserwowanych w S . Tym samym wyznaczone parametry DTF można traktować jako kauzalne estymatory intensywności i kierunku przepływu informacji pomiędzy obszarami kory.

Metoda DTF jako technika analizy przepływu informacji jest metodą wielozmiennową, pozwalającą na lepszą kontrolę istotności statystycznej efektów. Jest stosunkowo odporna na problem rozmycia przestrzennego sygnału EEG, z uwagi na fakt, że przewodzenie objętościowe jest rejestrowane niemal jednocześnie na wszystkich elektrodach (prędkość rozchodzenia się pola elektrycznego w ośrodku jest wiele rzędów wyższa niż prędkość komunikacji neuronalnej). W dużym stopniu zwiększa to rozdzielczość przestrzenną pomiaru i pozwala na relatywnie dobrą lokalizację źródeł analizowanych zależności (Kaminski & Blinowska, 2017).

1. Identyfikacja korowego podłoża doświadczenia afektywnego

W pracach dotyczące korowego podłoża przeżycia jakości afektywnych konsekwentnie włączałem subiektywność aktualnego stanu emocjonalnego w zasięg badań empirycznych. Wymagało to integracji danych neuroobrazowych z danymi subiektywnymi; podejście takie, które od niedawna zaczyna zyskiwać właściwe miejsce w nauce, określane jest mianem „neurofenomenologii” (Varela & Shear, 1999). Badania w tym kierunku zostały podjęte przede wszystkim dlatego, by uzupełnić stosunkowo skromnie reprezentowane w literaturze dane mówiące, w jaki sposób kora mózgowa staje się podłożem subiektywnego aspektu emocji. Liczne ograniczenia metodologiczne i techniczne sprawiały do niedawna, że problem ten był niechętnie podejmowany na gruncie badań empirycznych. Prezentowana tutaj seria eksperymentów stanowi niejako kontynuację prac prowadzonych w ramach doktoratu, gdzie analiza aktywacji mózgowych dokonywana była przede wszystkim przy użyciu metod spektralnych i oparta o teoretyczny model opisujący ogólnie korowe mechanizmy nastroju i stanu afektywnego *The Valence/Arousal Theory*; (Heller, 1993). W omawianych niżej publikacjach warsztat metodologiczny został znacząco poszerzony pod względem zaawansowania użytych metod analizy sygnału EEG. Założono, że metody te pozwolą uzyskać wskaźniki charakteryzujące się wyższą specyficznością, przez co uzyskany zostanie lepszy wgląd w funkcjonowanie i wzajemną relację badanych obszarów korowych. Efekty poszukiwań korowego podłoża doświadczenia afektywnego zostały włączone w badania dotyczące reaktywności emocjonalnej, przedstawione w drugiej części opisu osiągnięcia naukowego. Stały się one istotnym elementem pozwalającym zrozumieć w szerszym kontekście procesy emocjonalne, z uwzględnieniem ich aspektu subiektywnego doświadczenia.

Głównym celem naukowym tej części badań była identyfikacja korowych wzorców aktywacyjnych skorelowanych z opisem świadomego przeżycia emocjonalnego. Założeniem przeprowadzonych eksperymentów było istnienie związku między aktualnym stanem afektywnym a aktywacjami obszarów korowych, które można traktować jako mózgowie substraty afektu. Wykraczając poza analizę tych struktur w izolacji, moje nowsze prace koncentrowały się na analizie sieci struktur i wzajemnej komunikacji pomiędzy nimi. Założono, że miary opisujące dynamikę przepływu informacji w obrębie sieci obszarów korowych będą w stanie lepiej oddać jej charakterystykę funkcjonalną, aniżeli izolowane miary aktywacji pojedynczych obszarów. Badania w tym kierunku były o tyle istotne, że jak dotąd dysponujemy relatywnie dużą ilością danych o strukturach podkorowych i ich roli w zachowaniu i podstawowych emocjach (szczególnie pochodzących z badań nad zwierzętami). Natomiast wiedza o korowych substratach emocji pozostaje nadal dalece niewystarczająca, mimo że rozległe obszary korowe również pozostają w istotnym związku z doświadczeniami afektywnymi.

Na podstawie danych literaturowych, a także uprzednich badań własnych wyłoniono obszary, na które zwrócono szczególną uwagę. Kora orbitofrontalna (*orbitofrontal cortex* – OFC), oprócz reprezentacji subiektywnego aspektu walencji niektórych jakości zmysłowych, bierze udział m.in. w rozpoznawaniu znaczenia motywacyjnego bodźców i sytuacji (przednie obszary brzuszne), a także kontroluje warunkowanie i

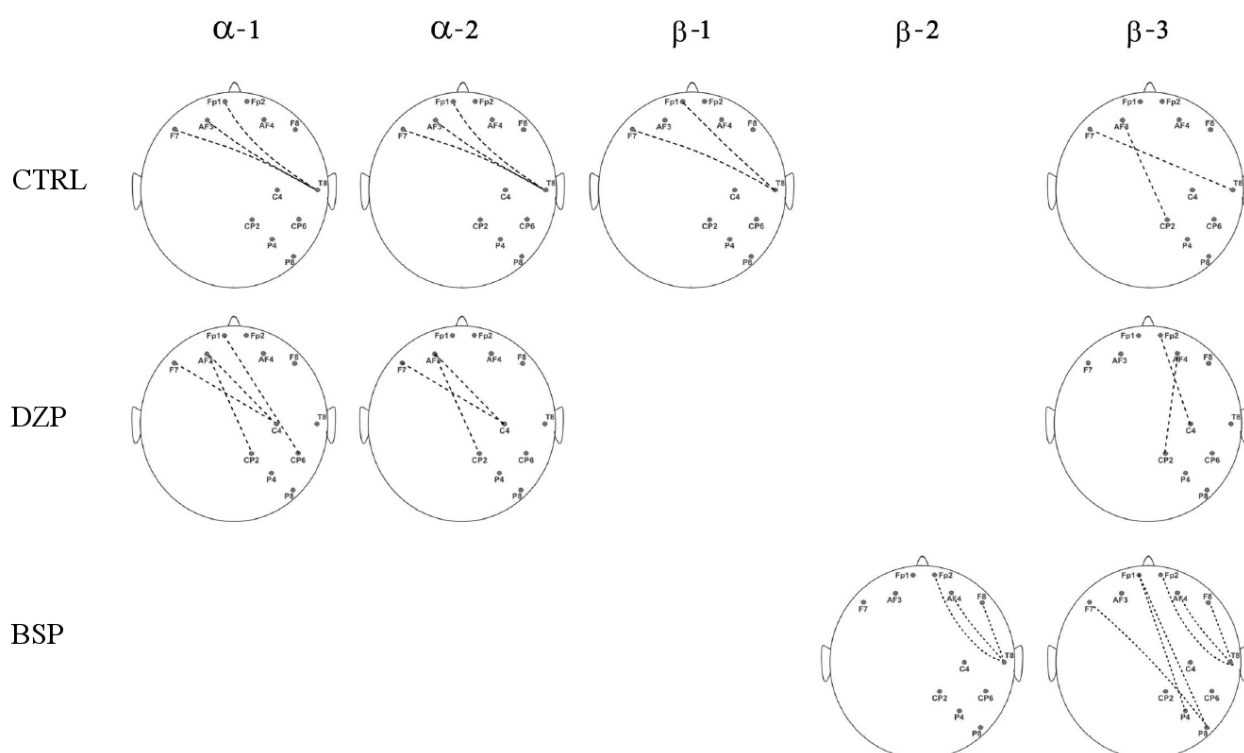
wygaszanie reakcji warunkowych z nimi związanych. Za funkcje kontroli i modulacji systemów emocjonalnych odpowiadają rozległe obszary kory przedczołowej, natomiast monitorowanie i rozpoznawanie własnych stanów mentalnych to domena przedniej kory przyśrodkowej. Korze przedczołowej przypisuje się również lateralną specjalizację dotyczącą pozytywnych i negatywnych emocji, niemniej dane te pozostają niejednokrotnie niespójne; wg niektórych doniesień specjalizacja ta dotyczy przede wszystkim obszarów grzbietowo-bocznych (*dorsolateral prefrontal cortex* – DLPFC). W obszar poszukiwań włączono również inne regiony położone w tylnej części mózgu, m.in. prawy obszar ciemieniowy (*right parietal cortex* – RPC) i obustronne obszary skroniowe (*temporal area* – Tmp). Wcześniej wykazano, że mogą one mieć związek z energetycznym aspektem stanu emocjonalnego, a obszary skroniowe dodatkowo z negatywnym aspektem odczucia poziomu aktywacji u osób zdrowych, jak i cierpiących na zaburzenia nastroju (Heller & Nitschke, 1998; M Wyczesany et al., 2009, 2008).

Aktywność sieci obszarów korowych a raportowany stan afektywny (art. 1 i 2)

Ponieważ w typowych warunkach laboratoryjnych zakres mierzonych stanów afektywnych u osób badanych jest stosunkowo niewielki, w dwóch prezentowanych niżej eksperymentach zdecydowano się na dodatkową manipulację stanem afektywnym. W pierwszym przypadku użyto doustnych środków farmakologicznych aplikowanych w podwójnie ślepej próbie (M Wyczesany et al., 2011). Jedna z grup otrzymała 2 mg diazepam (DZP), substancję z grupy benzodiazepin o generalnym działaniu tonizującym, nasennym i antylekowym, co miało spowodować spadek pobudzenia energetycznego i napięciowego. Druga grupa eksperymentalna otrzymała 5 mg buspironu (BSP), środka o działaniu antylekowym, który nie wykazuje szczególnego działania nasennego. Lek ten w zamierzeniu miał obniżać poziom napięcia, bez wpływania na poziom aktywacji i czujności. W grupie kontrolnej (CTR) podano nieaktywny środek (placebo). Rejestrację spontanicznej aktywności EEG dokonano ½ h od medykacji, w trakcie kilkuminutowej sesji pomiarowej z otwartymi oczami. Pomiar nastroju realizowany był za pomocą skali UMACL przed medykacją i bezpośrednio po dokonaniu zapisu EEG. Do analizy przepływu informacji między strukturami użyto (inaczej niż w późniejszych badaniach) nieliniowej metody *Synchronization Likelihood* (SL; (Stam & Van Dijk, 2002), która pozwala oszacować intensywność komunikacji pomiędzy obszarami, bez informacji o kierunku jej przepływu. Miary funkcjonalnej łączności uzyskane w ten sposób zostały skorelowane z samoopisowymi miarami stanu afektywnego.

Analiza w grupie kontrolnej wykazała korelację pomiędzy siłą synchronizacji w zakresie alfa i beta prawych okolic skroniowych i lewej okolicy przedczołowej a gorszym (bardziej negatywnym) nastrojem raportowanym przez osoby badane. Podobny wzorzec zaobserwowano po podaniu diazepamu, z tym że efekt w tylnej części mózgu był przesunięty w kierunku prawej kory ciemieniowej i widoczny przede wszystkim w niższym zakresie rozpatrywanych częstotliwości. Dodatkowo w wyższym zakresie, zaobserwowano podobną zależność siły komunikacji z prawą częścią kory przedczołowej. Z kolei w grupie, w której podano buspiron

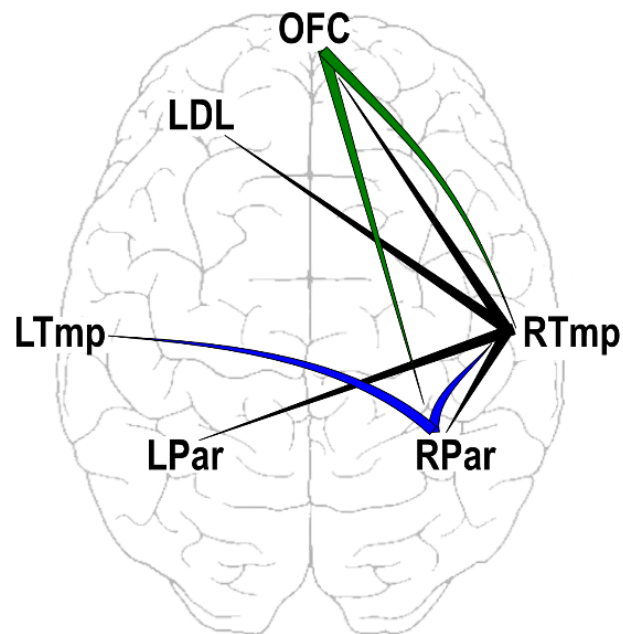
zauważono rozległej zlokalizowane efekty wzrostu komunikacji powiązanego ze spadkiem raportowanego stanu afektywnego. W tym przypadku efekt był zaznaczony w zakresie beta i obejmował z przodu korę przedczołową (bilateralną dla wyższych częstotliwości beta, bardziej zaznaczoną z prawej strony dla średniego jej zakresu), z tyłu natomiast zarówno prawą okolicę skroniową, jak i ciemieniową. Związek między samooceną energetycznego aspektu aktualnego stanu a synchronizacją obszarów wykazany został w obu grupach eksperymentalnych (DZP, BZP). W obu przypadkach komunikacja między prawym obszarem ciemieniowym i korą przedczołową wzrastała w miarę wzrostu oceny na skali pobudzenia energetycznego. Efekt ten był silniejszy w drugiej z grup. Jedynie w przypadku trzeciej z subiektywnych skal, pobudzenia napięciowego, nie udało się uzyskać spójnych rezultatów, porównywalnych między grupami.



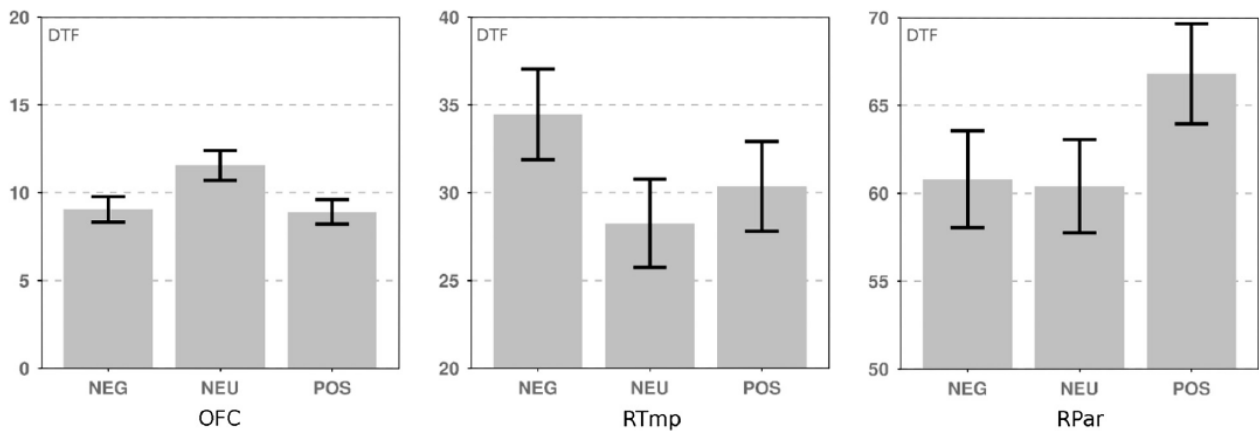
Ryc. 1. Linie przedstawiają ujemną korelację między samoopisem na skali HT (tonus hedonistyczny) a synchronizacją sygnału między zaznaczonymi elektrodami. Oznacza ona wzrost komunikacji w warunkach raportowanego bardziej nieprzyjemnego stanu emocjonalnego. Poszczególne wiersze oznaczają odpowiednio: CTRL – grupa kontrolna, DZP – grupa po podaniu Diazepamu, BSP – grupa po podaniu Buspironu.

W kolejnym eksperymencie (M Wyczesany, Ferdek, & Grzybowski, 2014) zastosowano opisaną wyżej metodę estymacji przepływu informacji neuronalnej (DTF), co pozwoliło na dokładniejsze przyjrzenie się dynamice połączeń między rozpatrywanymi strukturami w zależności od raportowanego stanu emocjonalnego. Dodatkowo wyższa rozdzielczość przestrzenna tej metody pozwoliła na lepszą lokalizację struktur znajdujących się pod rozpatrywanymi elektrodami, co umożliwiło ich mapowanie przy użyciu probabilistycznego atlasu elektrod (Koessler et al., 2009). Manipulacja nastrojem odbyła się w tym przypadku poprzez

zadanie wyobrazeniowe – osoby badane otrzymywały sugestię wyobrażenia sobie i wczucia w sytuację, która mogła być neutralna, negatywna, bądź pozytywna. Zadanie składało się z 22 zadań, po których dokonywano przez pół minuty pomiaru spontanicznej aktywności EEG. Po każdym z nich osoba badana raportowała, do jakiego stopnia była zdolna wyobrazić sobie i emocjonalnie przeżyć daną sytuację, celem ew. wyłączenia z analizy nieudanych prób. Analiza koncentrowała się na poszukiwaniach związków pomiędzy walencją zadania wyobrazeniowego a wzorcem przepływu informacji w sieci analizowanych struktur. Rezultaty wykazały wyraźną walencyjną specyfikę wzmocnienia przepływów między wybranymi strukturami. W warunkach pozytywnych notowano zwiększoną komunikację z prawego obszaru ciemieniowego do obustronnych obszarów skroniowych. W warunkach neutralnych zwiększał się przepływ informacji pochodzący z okolic kory orbitofrontalnej w kierunku prawej okolicy ciemieniowo-skroniowej. W warunkach negatywnych prawa kora skroniowa stawała się istotnym źródłem impulsacji, których odbiorcami były niemal wszystkie rozpatrywane okolice: kora orbitofrontalna, lewa kora dorsolateralna, obustronne obszary ciemieniowe.



Ryc. 2. Zmiany przepływu informacji w obrębie kory pomiędzy wybranymi obszarami w zależności od walencji zadania wyobrazeniowego. Kolor niebieski – wzrost dla warunku pozytywnego, kolor czarny – wzrost dla warunku negatywnego, kolor zielony – wzrost dla warunku neutralnego. OFC – kora orbitofrontalna; LDL – lewa kora dorsolateralna; L/R Tmp – lewa/prawa kora skroniowa; L/R Par – lewa/prawa kora ciemieniowa.



Ryc. 3. Średnie wartości wypływu informacji (outflow) z poszczególnych obszarów, zidentyfikowanych jako węzły dla sieci struktur związanej z subiektywnym doświadczeniem afektywnym przy zadaniu wyobrażeniowym. OFC – kora orbitofrontalna; RTmp – prawa kora skroniowa; RPar – prawa kora ciemieniowa.

Między rezultatami obu eksperymentów można znaleźć zasadnicze podobieństwa i to pomimo faktu, iż różniły się one sposobem manipulacji afektem, schematem eksperymentalnym (międzygrupowy vs wewnątrzgrupowy), oraz zastosowaną metodą pomiaru komunikacji między obszarami kory. Przede wszystkim zwrócić należy uwagę, że spadek nastroju (niższa samoocena na skali tonusu hedonistycznego) wiąże się ze wzrostem aktywności prawej okolicy skroniowej jako źródła impulsacji, które trafiają do rozległych obszarów mózgu, w szczególności do kory frontalnej. We wcześniejszych prowadzonych przeze mnie badaniach można było zauważyć, iż obszar ten stawał się bardziej aktywny w warunkach obniżonego nastroju (M Wyczesany et al., 2009, 2008, 2010). Dzięki результатам z bieżących badań widzimy wyraźnie, iż prawa okolica skroniowa jest istotnym elementem sieci, której aktywność wzrasta w stanie negatywnego pobudzenia emocjonalnego. Co ważne, staje się wyraźnym inicjatorem impulsacji, które wysyłane są do rozległych obszarów mózgu (zarówno część frontalną, jak i ciemieniową). Te dane sugerują wyraźnie, iż obszar ten odgrywa istotną rolę w inicjacji i integracji procesów związanych z napięciem emocjonalnym. Obie metody w różnych warunkach wykazały zwiększenie łączności między prawym obszarem skroniowym a korą przedczołową, szczególnie z lewej strony, w warunkach obniżenia raportowanego stanu emocjonalnego. Dodatkowo zgodnie z wcześniejszymi doniesieniami widać funkcjonalną rozłączność prawej kory skroniowej i prawej kory ciemieniowej. Sugeruje to też, że są one odrębnymi centrami (źródłami impulsacji), które – co widać szczególnie w przypadku dokładniejszej metody DTF – stają się aktywne w przy nieco innej walencji raportowanego stanu afektywnego.

Oba opisane eksperymenty obok szczegółowych rezultatów wskazują na istotne perspektywy zastosowania metod sieciowych w analizie pracy mózgu. Wskazuje ona zasadność wyjścia poza klasyczne miary (amplitudy potencjałów wywołanych czy też analizę częstotliwościową) i potencjalną wartość metod analizy komunikacji korowej. Takie podejście z powodzeniem wpisuje się w obserwowaną w ostatnich latach tendencję do poszukiwania i analizowania funkcjonalnych sieci obszarów mózgowych i rozpatrywania mózgu

jako systemu komunikujących się wzajemnie struktur, podlegających dynamicznej rekonfiguracji w zależności od aktualnych zadań.

Weryfikacja konstruktywistycznego modelu emocji.

Związek między trójwymiarowym opisem emocji a aktywnością niezależnych źródeł spontanicznego zapisu EEG

(art. 3.)

U podłoża poszukiwań substratu doświadczenia afektywnego leży problem właściwego sposobu opisu i pomiaru stanu emocjonalnego. Zagadnieniem teoretycznym o kluczowym znaczeniu pozostaje kwestia, czy emocje należy traktować jako kategorie dyskretne, czy też ciągłe, i czy istnieje reprezentacja neuronalna odpowiadająca konkretnemu ich ujęciu. Pozytywna odpowiedź rodzi oczywiście kolejny problem, w jakim stopniu reprezentacja ta pozostaje mierzalna za pomocą dostępnych metod.

Tradycyjnie w badaniach nad emocjami wyróżnia się kilka emocji podstawowych (np. wg klasyfikacji Ekmana: szczęście, smutek, strach, złość, zaskoczenie, wstręt). Podejście takie zawiera założenie o ontycznej odrębności poszczególnych kategorii, która potencjalnie przekłada się na odrębność mózgowego substratu tych stanów. I jeśli do pewnego stopnia udaje się znaleźć taką odrębność w odniesieniu do pewnych struktur podkorowych, liczne badania neuroobrazowe mających na celu zidentyfikowanie korowych substratów emocji nie potrafiły wskazać żadnych obszarów, które w sposób specyficzny i unikalny zarazem przypisane byłyby dyskretnym kategoriom afektywnym (Barrett & Satpute, 2013). Te niepowodzenia na gruncie badań neuroobrazowych nie są jedynym problemem dla teorii opisujących stany emocjonalne jako kategorie dyskretne. Fakt, że istnieją różne klasyfikacje różniące się liczbą wyróżnionych emocji, jak również dane wskazujące rolę kontekstu, języka i interpretacji stanu emocjonalnego stanowią również dużą trudność dla dyskretnej teorii emocji. Alternatywą, która łatwiej integruje wspomniane wyżej dane, jest podejście konstruktywistyczne (Barrett, 2006), które opisuje doświadczeniowy komponent emocji jako konstrukt fizjologiczno-psychologiczny. Jest on wynikiem interakcji organizmu z sytuacjami emocjonalnymi, ale zależy także od doświadczenia, uczenia społecznego i opisany jest na ciągłych wymiarach, przypominających czynniki wywiedzione z tradycji badań psychometrycznych (wspomniane wyżej wymiary aktywacji i walencji). Od strony fizjologicznej mamy więc do czynienia z odczuciami płynącymi z organizmu (tzw. *core affect*; (Russell, 2003), który modulowany jest przez sytuacje emocjonalne. Podlega on w dalszym etapie interpretacji i klasyfikacji, która może właśnie przyjąć formę dyskretnej kategorii językowej.

Podejście konstruktywistyczne, jako relatywnie nowa teoria nie została dotychczas w pełni ugruntowana i wsparciem dla niej są w dużym stopniu niepowodzenia teorii dyskretnej. Wg tego podejścia, substratem neuronalnym doświadczenia emocjonalnego jest aktywność rozległych sieci struktur, które nie są specyficznie związane z konkretnymi emocjami. Ich wzajemna dynamiczna interakcja miałaby 'produkować'

dopiero doświadczenie emocjonalne. Z tego względu, podejście sieciowe w poszukiwaniu neuronalnych substratów subiektywnego stanu emocjonalnego jest niezwykle istotne w kontekście empirycznego wsparcia teorii konstruktywistycznej. Wskazanie w omówionym wyżej eksperymencie istotnych wzorców komunikacji między obszarami kory w zależności od walencji przeżywanego stanu emocjonalnego stanowi takie właśnie wsparcie idei konstruktywistycznej. Jest to o tyle cenne, że jak dotąd w literaturze trudno odnaleźć dane EEG dotyczące omawianego zagadnienia, z kolei badanie procesów emocjonalnych, szczególnie aspektu doświadczeniowego, rodzi znaczące problemy metodologiczne związane z bardzo nienaturalnymi i niekomfortowymi warunkami badania w rezonansie magnetycznym (Harmon-Jones & Peterson, 2009).

Dlatego też, oprócz analizy sieciowej zorientowanej na identyfikację wzorców komunikacyjnych, postanowiłem podjąć problem korespondencji opisu aktualnego stanu emocjonalnego i wskaźników aktywacji opartych o pomiar EEG (Miroslaw Wyczesany & Ligeza, 2015). Celem eksperymentu było porównanie dwóch rodzajów opisu stanu emocjonalnego korespondujących z jednej strony z dyskretnym, z drugiej strony konstruktywistycznym ujęciem emocji. Weryfikowana była hipoteza, według której opis aktualnego stanu emocjonalnego w kategoriach ciągłych na skalach aktywacji, walencji oraz dominacji (tzw. model VAD) wykaże mocniejszy związek ze wskaźnikami EEG niż opisy przy użyciu dyskretnych kategorii. W tym celu rejestrowano aktywność EEG w warunkach spoczynkowych (bez zadania). Analizowano 8 min spontanicznego zapisu, który przerwany był jedynie celem wypełnieniem przymiotnikowej skali PANAS-X. W celu lepszej identyfikacji aktywności źródeł mózgowych, które dominowały w trakcie spontanicznego zapisu, sygnał poddano dekompozycji ICA, a następnie lokalizacji źródeł zidentyfikowanych niezależnych komponentów, przy użyciu metody DIPFIT. Rezultaty aktywacji i lokalizacji pochodzące od poszczególnych osób zostały w celu przeprowadzenia analizy grupowej poddane klastrowaniu. Procedura ta miała na celu znalezienie u poszczególnych osób komponentów, które odpowiadają sobie pod względem funkcji i lokalizacji i poddanie ich grupowej analizie statystycznej.

W pierwszym etapie, wyniki oryginalnych skali kwestionariuszowych mierzących podstawowe kategorie afektywne (negatywne: strach, wrogość, poczucie winy, smutek; pozytywne: wesołość, pewność siebie, uważność; inne: zawstydzenie, zmęczenie, spokój, zaskoczenie) zostały skorelowane ze spektralną mocą sygnału pochodzącego od zidentyfikowanych niezależnych źródeł mózgowych. Jakkolwiek stwierdzono tutaj pewne statystycznie istotne zależności między dyskretnymi kategoriami a aktywnością wyłonionych klastrów, żadna z nich nie wykazała specyficzności i unikalności (wszystkie z wyjątkiem jednego klastra – prawej przedniej kory skroniowej – związane były z więcej niż jedną kategorią emocjonalną, z kolei żadna z emocji z wyjątkiem poczucia winy nie była związana specyficznie z jednym klastrem; jednocześnie wymienione tu wyjątki były zawsze związane z więcej niż jedną kategorią/klastrem). Nie udało się zatem wykazać, że samoopis z wykorzystaniem dyskretnych kategorii emocji jest specyficznie i jednoznacznie związany z aktywnością źródeł wyłonionych jako dominujących w trakcie trwania procedury. Następnie, oryginalne wymiary kwestionariuszowe skali PANAS-X zostały przeliczone na ciągłe wymiary walencji, aktywacji i dominacji (VAD). Zostało to dokonane w dodatkowej procedurze, w której 168 osób oceniało każdy z

przymiotników skali pod kątem trzech wymiarów VAD. Następnie, w celu dokonania analizy statystycznej, dokonano podziału przymiotników wg mediany na niską oraz wysoko aktywację, pozytywne i negatywne (odpowiednio wysoka i niska wartość walencyjna) oraz nisko- i wysko-dominacyjne. W ostatnim etapie przeprowadzona analiza regresji celem sprawdzenia, czy przeliczenie oryginalnych dyskretnych kategorii i ich podział przy użyciu skal VAD umożliwi znalezienie zależności między tym opisem a aktywnością wyłonionych komponentów. Zgodnie z oczekiwaniami, operacja ta umożliwiła wyłonienie źródeł mózgowych, których aktywność istotnie skorelowana była z opisem nastroju przy użyciu wymiarów VAD. Istotne związki wykazane zostały w czterech obszarach wyłonionych poprzez klastrowanie niezależnych komponentów: środkowa kora zakrętu obręczy (*middle cingulate cortex*), przednia część zakrętu obręczy (*anterior cingulate*), lewy przedni obszar skroniowy (*left anterior temporal*) oraz brzuszno-przyśrodkowa część kory czołowej (*ventromedial prefrontal cortex*). Związane one były odpowiednio z: negatywnymi emocjami o niskiej dominacji, negatywnymi emocjami o niskim pobudzeniu, wszystkimi emocjami negatywnymi, oraz negatywnymi emocjami charakteryzujących się wysokim pobudzeniem.

Otrzymane rezultaty wspierają konstruktywistyczne rozumienie stanów emocjonalnych. Opis aktualnego stanu na nielicznych ciągłych wymiarach wskazuje na możliwą do znalezienia korespondencję z elektrofizjologicznymi wskaźnikami aktywności mózgowej, natomiast kategorie dyskretnie nie wykazały właściwej specyficzności i unikalności z parametrami spontanicznego zapisu EEG. Problem ze znalezieniem tych ostatnich jest, zresztą, szeroko obecny w literaturze. Raportowane tutaj wyniki są o tyle cenne, że wg mojej wiedzy, jest to pierwszy w literaturze opublikowany opis przy użyciu sygnału EEG w celu zbadania jego korespondencji z samoopisem. Co więcej, jako kolejny nowatorski element można wskazać tutaj użycie bezzałożeniowej identyfikacji i lokalizacji źródeł aktywności mózgowej poprzez analizę samego sygnału (*data-driven approach*). Pozwoliły one na skoncentrowanie się na tych obszarach, które wykazywały największą aktywność w trakcie zastosowanej procedury. Przedstawione konkluzje pozostają istotnym głosem w dyskusji wspierającym traktowanie stanów subiektywnych jako wymiary ciągłe, co rodzi również konsekwencje metodologiczne w zakresie stosowanych metod pomiarowych i analiz dotyczących neuronalnych substratów tych stanów. Wnioski te zostały również wzięte pod uwagę przy konstrukcji innych procedur eksperymentalnych dotyczących reakcji emocjonalnych i ich kontroli, które to zagadnienie stanowi kolejną część opisu osiągnięcia naukowego.

2. Kontrola emocjonalna i regulacja reaktywności emocjonalnej

Kontrola emocji określa procesy modyfikujące intensywność, jakość oraz czas trwania reakcji emocjonalnej w odpowiedzi na stymulację afektywną. Umiejętność efektywnego stosowania takich strategii jest jednym z czynników wpływających na dobre funkcjonowanie w sferze zdrowia psychicznego. Przynosi wymierne efekty w zakresie radzenia sobie w obliczu codziennych, wymagających sytuacji życiowych

(wyjątkiem jest jedynie strategia supresji emocjonalnej, co potwierdzono również na gruncie psychologii klinicznej). Użycie strategii kontroli emocji powoduje w warunkach laboratoryjnych zarówno zmniejszenie wpływu negatywnej stymulacji na raportowany nastrój, jak i spadek intensywności markerów pobudzenia emocjonalnego. Wśród tych ostatnich wymienić można parametry centralne, takie jak komponent potencjałów wywołanych ERP: *Early Posterior Negativity* (EPN), *Late Positivity Potential* (LPP) czy też aktywacje struktur należących do szeroko pojętego systemu limbicznego rejestrowanych poprzez funkcjonalny rezonans magnetyczny (ciało migdałowe, wyspa). Również wskaźniki peryferyjne wykazują obniżenie intensywności pobudzenia w warunkach kontroli emocjonalnej (przewodność skóry, parametry sercowo-naczyniowe).

Jak dotąd, neuronauka koncentrowała się przede wszystkim na wolicjonalnych formach modulacji afektywnej, gdzie proces kontrolny jest inicjowany w sposób świadomy (zazwyczaj na podstawie instrukcji eksperymentalnej), a jego przebieg pozostaje pod wpływem wolicjonalnej kontroli. Wiemy obecnie, że procesy regulacyjne są w dużej części zautomatyzowane i zarówno ich inicjacja, jak i dalszy przebieg zachodzą często bez ich wyraźnego uświadomienia. Co ważne, towarzyszą one codziennej aktywności i w sposób ciągły modulują reakcje emocjonalne i wywołane stany afektywne (Gyurak, Gross, & Etkin, 2011). Takie szerokie spojrzenie na procesy kontroli emocji pozwala zaliczyć do nich szereg mechanizmów, które działają na różnych poziomach przetwarzania informacji: począwszy od modulowania percepcji i procesów uwagowych, skończywszy na kognitywnych strategiach modyfikacji i reinterpretacji znaczenia zdarzeń.

Modulacja percepcyjna polega na bramkowaniu informacji przez procesy uwagowe na początkowych etapach przetwarzania percepcyjnego. W moich pracach zająłem się weryfikacją hipotezy, iż mechanizm ten stanowi podstawy wszelkich strategii kontroli poznawczej. Zarówno tych, które można określić jako strategie na wczesnym poziomie przetwarzania informacji (strategie 'niskiego poziomu'), zorientowanych na modyfikację procesów uwagowych (odwracanie uwagi, dystrakcja), jak i tych działających na późnym etapie (strategie 'wysokiego poziomu'), polegających na poznawczej reinterpretacji znaczenia zdarzeń afektywnych. Pozytywna odpowiedź na tak postawione pytanie byłaby ważnym krokiem w stronę unifikacji mechanizmów modulacji afektywnej. Dlatego też w ramach badań własnych postanowiłem podjąć próbę integracji automatycznych i wolicjonalnych procesów kontroli emocji, zakładając, że w dużej części dzielą one wspólny mechanizm mózgowy. Podejście takie niesie ze sobą możliwość zasadniczej rekonstrukcji istniejących mózgowych modeli kontroli emocji i zintegrowania ich mechanizmów w jedną, spójną teoretycznie całość.

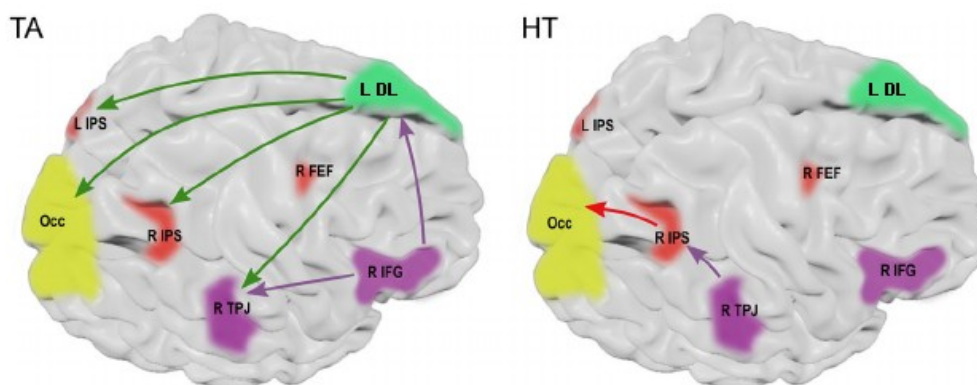
Zagadnienie powyższe podjęte zostało dwuwątkowo. Z jednej strony badano automatyczne mechanizmy regulacji poziomu przetwarzania informacji w zależności od aktualnego stanu emocjonalnego czy też afektywnego kontekstu, w jakim dana informacja występuje. Postulowaną funkcją tego mechanizmu regulacyjnego byłby m.in. takie oddziaływanie na procesy percepcyjne, by nakierować przetwarzanie na treści najistotniejsze w danych warunkach (np. koncentracja na negatywnych bodźcach w stanie podwyższonego lęku, by lepiej zidentyfikować zagrożenie). Z drugiej strony sprawdzano, czy ten sam proces modulacji percepcyjnej zauważyć można przy stosowaniu strategii kognitywnych wysokiego poziomu, czyli tych, które wymagają świadomego wysiłku i opierają się na reinterpretacji znaczenia bodźców czy sytuacji afektywnych.

Zjawisko automatycznych procesów modulacji afektywnej nie było dotąd wystarczająco poznane pod kątem ich mechanizmów mózgowych; badania neuroobrazowe poświęciły im, jak dotąd, stosunkowo niewiele uwagi, podczas gdy strategie wysokiego poziomu zostały dość szeroko zbadane pod kątem zaangażowania ośrodków korowych. W ramach prowadzonych przeze mnie poszukiwań mózgowego podłoża mechanizmów kontroli percepcyjnej oparto się przede wszystkim na metodach sieciowych analizy komunikacji mózgowej, które pozwoliło na wyodrębnienie funkcji i wzajemnych powiązań między strukturami w obrębie systemu kontroli reakcji afektywnych. Co ważne, oprócz typowych paradygmatów z manipulacją eksperymentalną w grupach zdrowych ochotników, zbadano także osoby w grupach subklinicznych, charakteryzujących się obniżoną sprawnością kontroli emocji.

Automatyczne procesy kontroli emocjonalnej – rola modulacji percepcyjnej (art. 4)

Nasz system percepcyjny charakteryzuje się ograniczoną możliwością przetwarzania informacji. Dlatego efektywność procesów selekcji percepcyjnej ma istotne znaczenie adaptacyjne. Badania behavioralne pokazują, że aktualny stan emocjonalny wpływa na to, jakie informację mają priorytet w naszym systemie percepcyjnym, co jest widoczne szczególnie w przypadku informacji o dużej wartości motywacyjnej (np. w sytuacji stresu czy strachu wykrywanie bodźców potencjalnie zagrażających jest ułatwione). W prezentowanym niżej eksperymencie badano mózgowo podłoże mechanizmu zaangażowanego w modulację percepcyjną w zależności od aktualnego stanu emocjonalnego. Założono, że mechanizm ten polega na wzajemnej interakcji obszarów odpowiedzialnych za percepcję i uwagę, jak również wyższych ośrodków kontroli poznawczej zlokalizowanych w korze przedczołowej. Hipotezy zakładały, że proces modulacji percepcyjnej jest sterowany przez korę przedczołową, jako nadrzędny ośrodek kontroli poznawczej i emocjonalnej. Analizowano sieć złożoną z ośrodków wzrokowych w korze potylicznej, jak również obszary należące do dwóch systemów uwagowych istotnych dla percepcji wzrokowej. Sieć grzbietowa uwagi selektywnej (*dorsal attentional network*; DAN), związana z uwagą top-down, która powoduje nakierowanie na treści istotne dla aktualnie realizowanego zadania i obranego celu, zlokalizowana obustronnie w okolicach bruzdy śródciemieniowej (*intraparietal sulcus*; IPS) oraz przedniego pola wzrokowego (*frontal eye field*; FEF). Przy czym z uwagi na ograniczenia praktyczne (niewielkie rozmiary), drugi z obszarów został wyłączony z analizy. Sieć brzuszna (*ventral attentional network*; VAN), odpowiadająca uwadze bottom-up – automatycznej uwadze orientacyjnej, sterowanej przez nieoczekiwane zmiany w polu widzenia, zlokalizowanej przede wszystkim w prawej półkuli mózgu, tj. dolnym i środkowym zakręcie czołowym (*inferior frontal gyrus*; IFG, *middle frontal gyrus*; MFG) oraz prawej okolicy styku skroniowo-ciemieniowego (*temporoparietal junction*; TPJ). W trakcie procedury osoby badane uczestniczyły w dwóch sesjach eksperymentalnych, z modulacją stanu afektywnego przez bodźce złożone ze standaryzowanych obrazów afektywnych (*International Affective Picture System* IAPS (Lang, Bradley, & Cuthbert, 1999)). W trakcie sesji dokonywano pomiaru aktualnego stanu afektywnego osób badanych za pomocą wyświetlanych pojedynczo przymiotników ze skali UMACL, przemieszanych z

bodźcami afektywnymi, na które reakcje rejestrowano poprzez zapis EEG. Zmierzony w ten sposób stan afektywny na trzech wymiarach kwestionariusza (pobudzenie energetyczne – *energetic arousal*; EA, pobudzenie napięciowe – *tension arousal*; TA, tonus hedonistyczny – *hedonic tone*; HT) korelowany był z wyznaczonymi za pomocą metody DTF przepływami informacji pomiędzy analizowanymi obszarami. Do analizy kierunku i intensywności komunikacji korowej użyto 1-sekundowych odcinków w trakcie prezentacji slajdów afektywnych. W ten sposób wyznaczono wzorce komunikacji korowej w trakcie percepcji treści afektywnych i przeanalizowano jej zmiany w zależności od raportowanego stanu afektywnego. Oddzielnie analizowano sesję pozytywną i negatywną, dodatkowo identyfikując wspólne efekty dla obu sesji.



Ryc. 4. Projekcja na korę mózgową efektów stanu emocjonalnego na komunikację między analizowanymi obszarami w sesji negatywnej. Strzałki wskazują kierunek, w którym obserwowano istotną pozytywną korelację ze skalami UMACL (TA – pobudzenie napięciowe; HT – tonus hedonistyczny). LDL - lewa kora dorsolateralna; R IFG – prawy zakręt czołowy górny; R TPJ – prawy styk skroniowo-ciemieniowy. R FEF – prawe czołowe pole okoruchowe; L/R IPS – lewa/prawa bruzda śródcieniowa; Occ – kora potyliczna (wzrokowa).

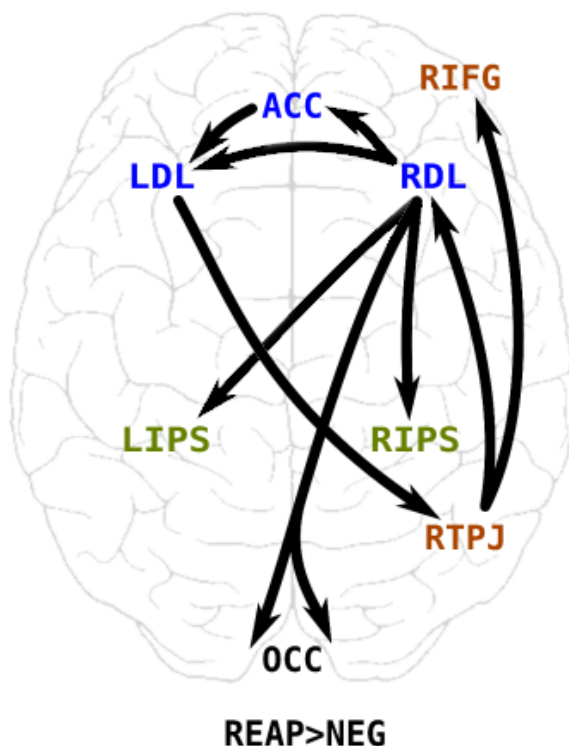
Szczególnie wyraźny związek między samoopisem stanu afektywnego a siłą połączeń między analizowanymi obszarami wystąpił dla skali pobudzenia napięciowego (TA) w sesji negatywnej. Wzrost raportowanego napięcia wiązał się przede wszystkim z nasileniem aktywności elektrod leżących ponad lewą korą przedczołową, która intensyfikowała komunikację z niemal wszystkimi rozpatrywanymi obszarami: korą wzrokową, obszarami ciemieniowymi systemu uwagi selektywnej top-down, oraz stykiem skroniowo-ciemieniowym. W sesji pozytywnej efekt był podobny, choć nieco słabiej zaznaczony i obejmował przede wszystkim lewą okolicę ciemieniową. Jednocześnie prawa okolica dolnego zakrętu czołowego (IFG) zwiększała swoją aktywność jako źródło informacji, wysyłając sygnały zarówno do drugiego obszaru związanego z brzuszny systemem uwagowym VAN (TPJ), jak i lewej kory przedczołowej. Rezultaty pokazują, że możliwym substratem neuronalnym zmian w bramkowaniu percepcyjnym jest interakcja kory przedczołowej z systemami uwagowymi i percepcyjnymi. Zjawisko to było następnie przedmiotem badań w kolejnych procedurach, w których stosowano odmienne paradygmaty i różne warunki kontroli emocjonalnej.

Rola sieci uwagowych w reinterpretacji poznawczej - wolicjonalnej strategii kontroli emocji (art. 5.)

Niniejszy eksperyment był pierwszym opisanym w literaturze badaniem reinterpretacji poznawczej pod kątem zastosowania kierunkowych (kauzalnych) miar przepływu informacji w sieciach struktur korowych. Badano efekty wdrożenia kontroli emocji na wzajemną komunikację obszarów percepcyjno-uwagowych, emocjonalnych oraz korę przedczołową. Zakładano, iż instrukcja zastosowania reinterpretacji wpłynie na zwiększenie zaangażowania kory przedczołowej i jej oddziaływania na obszary uwagowe (kora ciemieniowa) i wzrokowe (kora potyliczna) w porównaniu do pasywnego oglądania materiału filmowego nacechowanego negatywnie. Dotychczasowe liczne dane pochodzące przede wszystkim z pomiarów przy użyciu funkcjonalnego rezonansu magnetycznego wskazywały na zwiększoną aktywację okolic przedczołowych, co sugerowało, że obszar ten odgrywa istotną rolę w procesach kontrolnych. Celem prezentowanego badania była identyfikacja mechanizmu oddziaływania kory przedczołowej i wskazanie, które obszary korowe notują wzrost komunikacji z kory przedczołowej w warunkach użycia kontroli emocji. Zastosowany paradygmat opierał się na prezentacji uprzednio dobranych, 20-sekundowych klipów video w trzech warunkach eksperymentalnych: 1) prezentacja neutralnych filmów, które osoba badana pasywnie oglądała, 2) prezentacja negatywnych filmów, które również były pasywnie oglądane, 3) prezentacje negatywnych filmów, której towarzyszyła instrukcja kontroli emocji poprzez reinterpretację poznawczą. Bodźce prezentowane były w blokach po cztery filmy, po nich osoby badane oceniały aktualny stan emocjonalny na skali VAS (walencja, aktywacja, dominacja). Przed właściwą procedurą, osoby badane były poddawane treningowi i sprawdzeniu umiejętności stosowania reinterpretacji. Poprzez selekcję elektrod na podstawie atlasów mózgu, analizowano intensywność przepływu informacji pomiędzy następującymi strukturami: dorsolateralna kora przedczołowa, kora zakrętu obręczy, dorsalna sieć uwagowa DAN (odpowiadająca selektywnym procesom uwagowym będącym pod wpływem procesów top-down; zlokalizowana w obustronnych okolicach ciemieniowych), brzuszna sieć uwagowe (odpowiadająca procesom uwagi orientacyjnej bottom-up; okolice prawego styku ciemieniowo-skroniowego TPJ oraz okolica prawego dolnego zakrętu czołowego IFG) oraz kora wzrokowa w części potylicznej. W analizie włączono jako kowariant zmienne samoopisowe w postaci walencji aktualnego nastroju, aby uwzględnić indywidualne różnice w reaktywności emocjonalnej. Pozwoliło to na zwiększenie mocy testów statystycznych, które wykazały efekty mocniejsze w porównaniu do modelu bez uwzględnienia samoopisu.

Rezultaty potwierdziły hipotezę, iż zastosowanie strategii wolicjonalnej kontroli afektywnej wysokiego poziomu (polegającej na znalezieniu nowego, mniej emocjonalnego znaczenia sytuacji emocjonalnej) w znaczącym stopniu angażuje mechanizmy modulujące percepcję, a więc działające na najwcześniejszym etapie przetwarzania informacji. Uruchomienie reinterpretacji wiązało się ze wzrostem komunikacji prawej okolicy grzbietowo-bocznej, która zwiększała transfer informacji do licznych, spośród analizowanych, struktur. Zwiększony przepływ impulsacji dotyczył: wzrokowych okolic percepcyjnych (kora potyliczna),

obustronnych okolic ciemieniowych związanych z uwagą top-down (czyli nakierowanej na obrany cel i realizowane zadanie), zakrętu obręczy, a także lewej okolicy grzbietowo-bocznej. Jednocześnie zaobserwowano zwiększoną wymianę informacji pomiędzy brzuszным systemem uwagowym bottom-up oraz prawą korą grzbietowo-boczną. Rezultaty te pokazują intensyfikację wymiany informacji w obrębie sieci struktur przedczołowych, uwagowych i percepcyjnych w warunkach zaangażowania kontroli emocjonalnej.



Ryc. 5. Kierunki, dla których zaobserwowano zwiększony przepływ informacji neuronalnej w warunku kontroli emocjonalnej w porównaniu do warunku pasywnego przy oglądaniu oglądaniem tego samego, negatywnego zestawu klipów video (REAP > NEG).

W badaniu udało się bezpośrednio potwierdzić rolę kory grzbietowo-bocznej jako nadrzędnej struktury integrującej działania kontrolne. Jak dotąd w literaturze przeważały badania korelacyjne, których rezultaty były jedynie przesłankami na rzecz takiej tezy; prezentowane badanie jest pierwszą publikacją pokazującą wprost zwiększone oddziaływanie kory przedczołowej w trakcie użycia strategii kontrolnej. Analiza przepływów pomiędzy analizowanymi obszarami wykazała podobne zmiany wzorców komunikacji, jakie zaobserwowano w przypadku opisanego wyżej procedury opartej na automatycznych mechanizmach kontrolnych. W szczególności dotyczy to struktur odbierających oddziaływania top-down płynące z przedniej części mózgu. W obu badaniach zarówno okolice związane z sieciami uwagowymi jak i okolice wzrokowe wykazały zwiększony odbiór tych impulsacji. Pewne różnice zaobserwowano jednak w zakresie lateralizacji kory dorso-lateralnej. Przy procedurze związanej z automatycznymi procesami kontrolnymi, widać wyraźnie zaangażo-

wanie lewej półkuli, gdy podczas wolicjonalnie uruchamianej strategii dominuje półkula prawa. Choć kwestie lateralizacji kory grzbietowo-bocznej w zakresie procesów kontrolnych nie są w pełni poznane, można w literaturze zauważyć pewną prawidłowość, która wskazuje, iż w przypadku automatycznych, a także relatywnie łatwych do kontrolowania treści częściej widać zaangażowanie lewej, podczas gdy strategię wolicjonalną, jak i kontrola treści o wyższym ładunku emocjonalnym (trudniejsza modulacja) angażują w większym stopniu prawą półkulę (Silvers, Weber, Wager, & Ochsner, 2014). Zależność ta została faktycznie potwierdzona w prezentowanych tu badaniach¹.

Reasumując, rezultaty powyższego eksperymentu wspierają hipotezę, iż niskopoziomowy mechanizm modulacji percepcyjnej jest istotny również dla wolicjonalnych (wysokopoziomowych) strategii kontroli afektywnej. Wskazanie wspólnych mechanizmów obecnych w przebiegu zarówno automatycznych jak i wolicjonalnych procesów modulacji afektywnej stanowi istotny krok w kierunku teorii unifikującej różne rodzaje strategii kontrolnych.

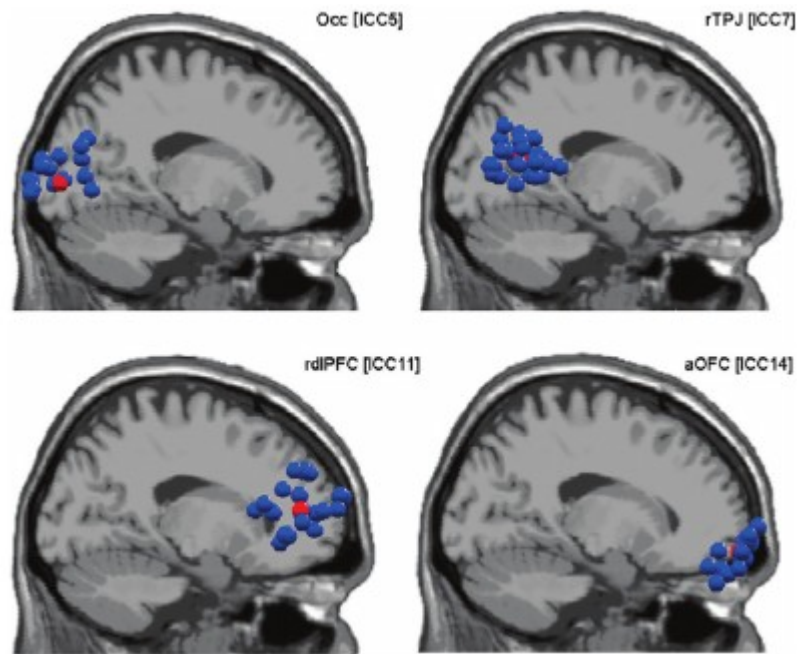
Neuronalne substraty reaktywności emocjonalnej w percepcji bodźców wzrokowych

(art. 6.)

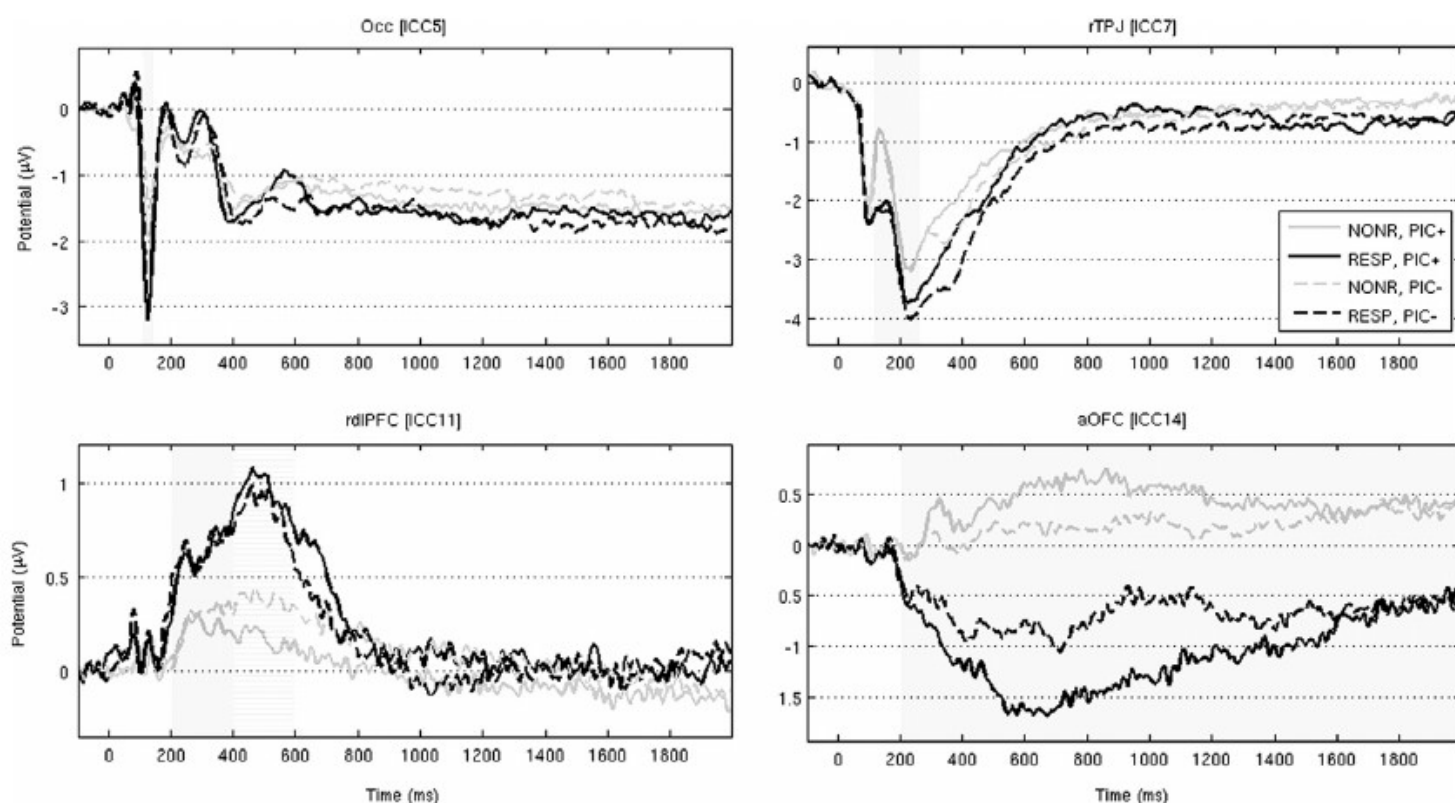
Kolejny eksperyment dotyczył poszukiwania neuronalnych substratów reaktywności emocjonalnej. Reaktywność została tutaj zdefiniowana w oparciu o skale samoopisowe, poprzez wielkość wpływu, jaki wywołała stymulacja emocjonalna (zestaw standaryzowanych fotografii z bazy IAPS). Osoby, których deklaracje co do stanu emocjonalnego w dwóch sesjach eksperymentalnych (pozytywna i negatywna) wywołały dużą zmianę nastroju, zostały zaliczone do osób wysokoreaktywnych (*high-responders*), z kolei osoby, których deklarowany stan afektywny zanotował relatywnie niewielką zmianę, zaliczone zostały do osób niskoreaktywnych (*low-responders*). Analiza zapisu EEG pochodzącego z 2-sek odcinków po prezentacji slajdów polegała na identyfikacji niezależnych źródeł mózgowych, których aktywność dominowała w tym czasie (2 sek segmenty, relatywnie do momentu pojawienia się bodźca). Dodatkowo źródła zostały zlokalizowane w przestrzeni stereotaktycznej za pomocą metody DIPFIT (*dipole fitting*), a następnie poddane klastrowaniu (grupowaniu poprzez analizę klastrów) pomiędzy osobami badanymi, na podstawie podobieństwa lokalizacyjnego. Analizowano potencjały wywołane zidentyfikowanych 14 klastrów aktywności korowej. Cztery z nich wykazały istotne różnice grupowe: obszar wzrokowy (wzrokowa kora potyliczna, Occ), okolice prawego styku skroniowo-ciemieniowego (rTPJ), środkowy zakręt prawej kory przedczołowej (kora dorsolateralna, rDLPFC), przednia część kory orbitofrontalnej (aOFC). Pierwsze dwa obszary wykazały wczesne efekty, rozpoczynające się ok 120 ms od momentu prezentacji bodźca. Wskazuje to ponownie na rolę kory wzrokowej w regulacji sensorycznej na wczesnych etapach przetwarzania informacji. Dodatkowo analiza spektralnej

¹ Interpretacja ta zostanie jeszcze skomentowana w podsumowaniu w związku z zaproponowaną później propozycją zmiany w paradygmacie badania wolicjonalnych strategii kontroli emocji.

mocy sygnału w okresach przed pojawieniem się bodźca (tzw. *prestimulus alpha*) sugeruje istnienie tonicznego wpływu hamującego korę wzrokową, co przyczynia się do bramkowania stymulacji na najwcześniejszym etapie przetwarzania informacji. Dwa obszary w korze frontalnej (prawa okolica dorsolateralna oraz obszar orbitofrontalny) wykazały efekty potencjałów wywołanych o umiarkowanej i późnej latencji (od 200ms). Potwierdza to wcześniejsze konkluzje, które wskazywały, że zespół obszarów zaangażowanych w regulację emocjonalną pokrywa się częściowo z obszarami, zidentyfikowanymi wcześniej jako związanymi z subiektywnym stanem emocjonalnym.



Ryc. 6. Lokalizacje zidentyfikowanych klastrów, które wykazały istotny efekt grupy (osoby nisko- vs wysokoreaktywne). Occ – kora potyliczna (wzrokowa); rTPJ – prawy styk skroniowo-ciemieniowy; rdlPFC – prawa kora dorsolateralna; aOFC – [rzednia część kory orbitofrontalnej.



Ryc. 7. Potencjały wywołane zrekonstruowane dla wyłonionych klastrów aktywności mózgowej, które wykazały istotny efekt grupy (osoby nisko- vs wysokoreaktywne). Occ – kora potyliczna (wzrokowa); rTPJ – prawy styk skroniowo-ciemieniowy; rdIPFC – prawa kora dorsolateralna; aOFC – przednia część kory orbitofrontalnej.

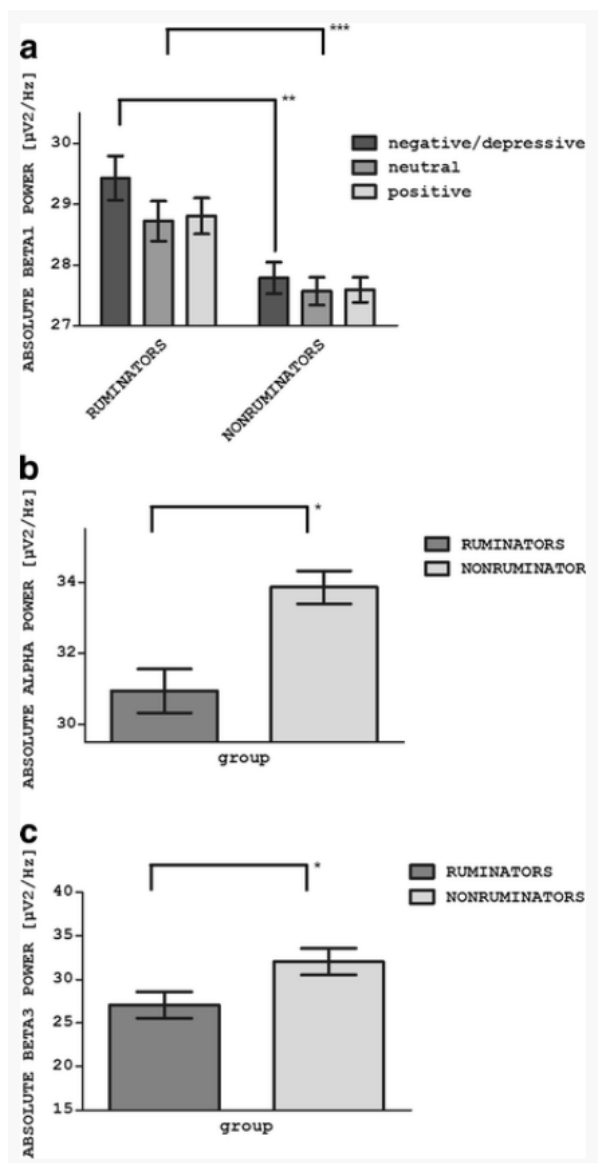
Chociaż niniejszy eksperyment nie rozstrzyga charakteru powiązań pomiędzy poszczególnymi strukturami, współwystępowanie efektów zlokalizowanych w wymienionych strukturach jeszcze raz sugeruje, że zjawisko modulacji percepcyjnej stanowi wczesny etap automatycznych procesów regulacji afektywnej. Zaangażowanie wskazanych struktur jest o tyle interesujące, że ich identyfikacja była całkowicie bezzałożeniowa i wyłoniona została z zapisu EEG wyłącznie na podstawie analizy danych (*blind data-driven source separation*), bez wcześniejszych założeń co do lokalizacji efektów. Dodatkowo obecność efektów w korze czołowej wskazuje na kluczową rolę procesów top-down w tym zjawisku.

Kontrola emocjonalna w ruminacjach depresyjnych (art. 7.)

Niniejszy eksperyment został zaprojektowany, aby zweryfikować rysujący się na bazie poprzednich prac model mózgowej sieci kontroli emocjonalnej. W niniejszym eksperymencie badano go w szerszym kontekście zaburzeń nastroju. Założyliśmy, iż zaproponowany mózgowy mechanizm kontroli afektywnej, którego aktywność obserwowana była w trakcie procedur z prezentacją bodźców afektywnych, można zgeneralizować na sytuacje bliższe naturalnemu kontekstowi. Jeśli system ten bierze udział we wszelkich procesach modulacji afektywnej (wolicjonalnych i automatycznych-niejawnych), jego zmniejszona efektywność

powinna wiązać się z występowaniem symptomów klinicznych. Celem weryfikacji tej tezy przeprowadzono kolejny eksperyment, do którego rekrutowano osoby na podstawie kwestionariusza tendencji do ruminacji depresyjnych (*Ruminative Response Scale Revised*; RRS-R (Treyner, Gonzalez, & Nolen-Hoeksema, 2003)), czyli uporczywego powracania myślami do treści negatywnych, nieprzyjemnych, związanych najczęściej z negatywną oceną własnego zachowania, sytuacją życiową oraz nieprzyjemnymi wspomnieniami. Do udziału we właściwej procedurze zaproszono osoby, którzy uzyskali skrajnie niskie i wysokie wyniki na skali tendencji do ruminacji. Procedura polegała na wyobrażaniu sobie sytuacji na podstawie uprzedniej instrukcji eksperymentatora. Wśród dwudziestu jeden zadań wyobrażeniowych, osoby były instruowane, by wyobrażały sobie / wracały wspomnieniami do treści pozytywnych, neutralnych bądź negatywnych. Wg sformułowanej hipotezy, oczekiwaliśmy, iż szczególnie dla treści negatywnych będzie widoczne osłabienie oddziaływania z kory przedczołowej na obszary związane z procesowaniem walencji oraz subiektywnym przeżyciem emocjonalnym. Miałoby ono reprezentować osłabienie tonizującego oddziaływania top-down, co jest prawdopodobnym neuronalnym substratem osłabienia efektywności kontroli negatywnych emocji. Analiza funkcjonowania sieci struktur związanych z kontrolą emocji dokonana została poprzez identyfikację niezależnych źródeł aktywności mózgowej wraz z analizą ich spektralnej mocy, a także poprzez analizę komunikacji pomiędzy rozpatrywanymi obszarami. Spośród 16 klastrów mózgowych wyłonionych w toku analizy źródeł, trzy wykazały efekt grupy na aktywność mierzoną poprzez analizę spektralną w zakresie fal alfa i beta. Różnice między osobami o niskiej i wysokiej skłonności do depresyjnych ruminacji widoczne były w przedniej części zakrętu obręczy oraz lewej czołowej korze dorsolateralnej. Pierwszy z tych obszarów wykazał większą, natomiast drugi osłabioną aktywność u osób ruminujących. Dodatkowo interakcyjny efekt widoczny był w lewej korze skroniowej, który powodowany był przede wszystkim różnicami zaobserwowanymi w trakcie negatywnych zadań wyobrażeniowych.

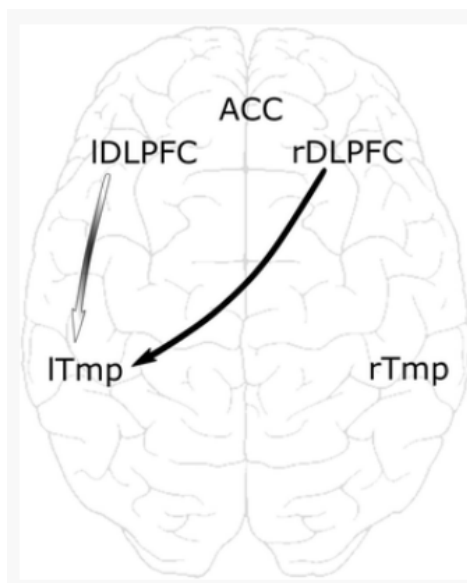
Interesujące efekty przyniosła analiza przepływów mózgowych, która jasno wskazuje na obniżony poziom komunikacji między korą przedczołową (obustronne obszary grzbietowo-boczne) a lewym obszarem skroniowym. Efekt ten, zgodny z ogólną hipotezą, wskazuje na osłabioną efektywność kory przedczołowej w tonizowaniu reakcji emocjonalnych (obszar skroniowy). Jeszcze raz potwierdza to rolę oddziaływań top-down pochodzących z przednich części mózgu na tonizowanie i regulację reakcji emocjonalnych.



Ryc. 8. Spektralna moc sygnału dla trzech lokalizacji: a) lewa kora skroniowa (zakres niskich częstotliwości beta), b) przednia część zakrętu obręczy (zakres alfa), c) lewa kora dorsolateralna (zakres wysokich częstotliwości beta).

Najważniejszą konkluzją opisywanego eksperymentu było wskazanie wspólnych elementów sieci kontroli emocji w odniesieniu do zróżnicowanych warunków, w których ta kontrola ma miejsce. Ponieważ niniejsza procedura nie miała charakteru percepcyjnego, nie obserwowano efektów w okolicach odpowiedzialnych za funkcje percepcyjno-uwagowe. Niemniej, widoczne były przede wszystkim zmniejszone aktywacje przedczołowe u osób ze skłonnością do ruminacji, którym towarzyszyły ograniczone w stosunku do osób nieruminujących przepływy z kory grzbietowo-bocznej, które interpretowane były jako słabsze oddziaływania tonizujące top-down w kierunku lewej kory skroniowej. Te ostatnie były szczególnie wyraźne w warunku negatywnym, który mógł skłaniać do ruminacji osoby z takimi tendencjami. Wyniki wskazują na to, że rozpatrywany model kontroli emocji oparty na oddziaływaniach top-down pochodzącymi z kory grzbietowo-bocznej nie jest ograniczony jedynie do przetwarzania materiału sensorycznego. Przeciwnie, jego

zaangażowanie zaznacza się w również w przypadku emocji wywołanych wydarzeniami wewnętrznymi, przywoływaniem wspomnień etc.



Ryc. 9. Kierunki, w których zaobserwowano istotne efekty grupowe w komunikacji między strukturami. Obrazują obniżoną komunikację neuronalną u osób ruminujących

Kontrola poznawcza a kontrola afektywna. Rola systemów uwagowych (art. 8.)

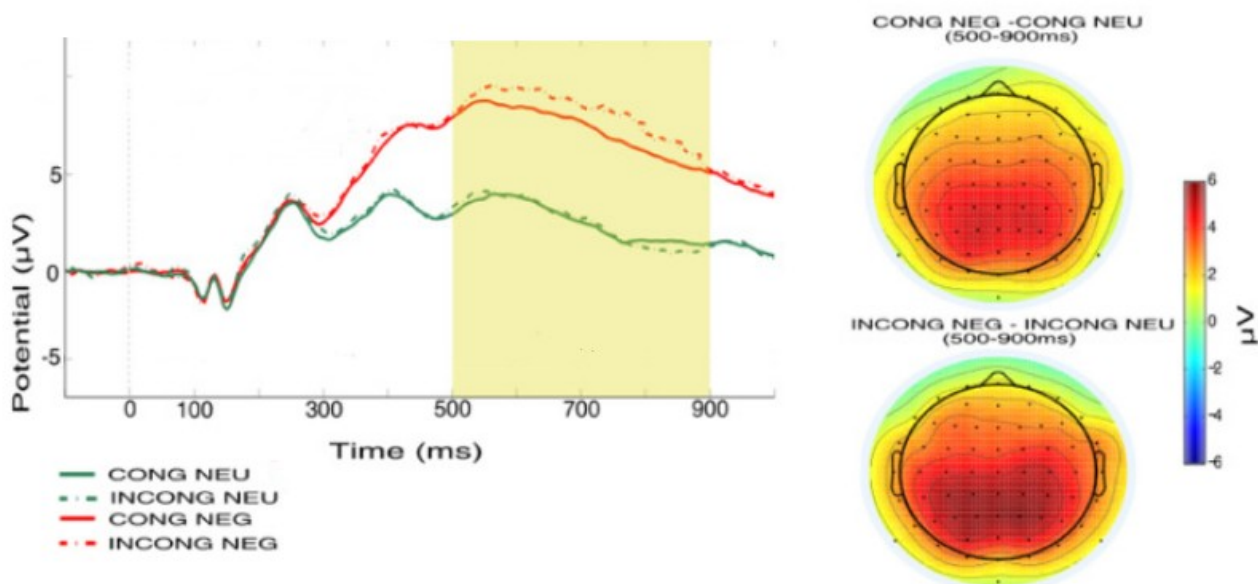
Niniejsze badanie jest kolejnym krokiem w zrozumieniu mechanizmów stojących za regulacją reakcji emocjonalnych w szerszym kontekście mózgowych procesów kontrolnych. Tematem niniejszego eksperymentu było sprawdzenie, w jakim stopniu systemy kontroli emocji i kontroli kognitywnej są ze sobą związane i czy zmiana w postaci intensyfikacji kontroli kognitywnej wpłynie również na zwiększenie poziomu kontroli emocjonalnej (T. S. Ligeza & Wyczesany, 2017). Wiadomo bowiem, że do pewnego stopnia oba systemy dzielą podobny obszar mózgowy (grzbietowo-boczna kora przedczołowa). Celem procedury było zbadanie, w jakim stopniu zwiększenie kontroli poznawczej w typowej procedurze wywołującej konflikt poznawczy (zadanie flankerów) wpłynie na przetwarzanie bodźców emocjonalnych i neutralnych, i w jaki sposób te zmiany są związane z działaniem dwóch sieci uwagowych: uwagi selektywnej DAN i orientacyjnej VAN. Istnieją przesłanki, wskazujące, że oba te systemy uwagowe konkurują o dostępne zasoby i do pewnego stopnia ich efektywność jest negatywnie skorelowana (T. Ligeza, Tymorek, & Wyczesany, 2017). W tym celu zaprojektowana została procedura, w której próby z zadaniem flankerów (*Eriksen Flanker Task*; standardowe zadanie wywołujące intensyfikację kontroli poznawczej po bodźcach niekongruentnych) były przeplatane prezentacją bodźców obrazkowych ze standardowego zestawu afektywnego (IAPS), neutralnych bądź negatywnych. Z

prezentacją tych fotografii nie było związane żadne zadanie, były więc one traktowane jako bodźce irrelewantne w stosunku do głównego zadania eksperymentalnego (reakcji na flankery). W dotychczasowych publikacjach można odnaleźć wiele doniesień dotyczących wpływu prezentacji treści emocjonalnych na kontrolę poznawczą, jednakże kwestia odwrotna, tj. wpływ konfliktu poznawczego na przetwarzanie emocjonalne praktycznie nie została dotąd poruszona.

W związku z tym, że konflikt poznawczy wzmacnia procesy uwagowe, oczekiwano modulacji zarówno sieci uwagi orientacyjnej VAN, jak i sieci uwagi selektywnej DAN, które odpowiadają (w pewnym uproszczeniu) odpowiednio za bodźce niezwiązane i związane z zadaniem/instrukcją. Zakładano, że po wywołaniu konfliktu poznawczego, w przypadku prezentacji slajdów neutralnych zwiększona aktywacja sieci DAN (nastawienie na poprawne wykonanie zadanie flankerów w kolejnej próbie) będzie się odbywała kosztem zmniejszenia efektywności sieci VAN, odpowiadającej za reakcję na pojawiające się slajdy afektywne bez znaczenia behawioralnego. Nowe dane dotyczące interakcji tych systemów wskazują, że system DAN monitoruje strumień informacji pod kątem znaczenia dla ustanowionego celu i częściowo filtruje informacje, a jakie trafiają do systemu uwagi orientacyjnej. Dlatego, w przypadku, gdy bodźce będą charakteryzować się wysoką wartością motywacyjną (negatywne slajdy), można oczekiwać, iż spadek efektywności systemu VAN (uwagi orientacyjnej bottom-up) nie nastąpi lub będzie znacząco niższy. Reasumując, w przypadku bodźców o niskiej wartości motywacyjnej przetwarzanie będzie osłabione, aby maksymalnie wykorzystać zasoby dla realizacji głównego zadania, natomiast w przypadku bodźców negatywnych, ich przetwarzanie będzie nadal priorytetowe. Oczekiwano również, że różnice te powinny się ujawnić nie wcześniej, niż po wstępnej kategoryzacji i rozpoznaniu walencji bodźców obrazkowych, ok. stu kilkudziesięciu ms od prezentacji bodźca. Założono również, że oddziaływania top-down z kory przedczołowej wykażą efekt kongruencji triali, tj. zwiększenie przepływu dla prób niekongruentnych z kory przedczołowej do okolic związanych z systemami uwagowymi.

Weryfikacja działania procedury eksperymentalnej odbyła się poprzez analizę czasów reakcji i komponentu N2 w odpowiedzi na flankery. Potwierdzono dłuższy czas reakcji w trialach niekongruentnych oraz wystąpienie komponentu N2, markera konfliktu poznawczego. Rezultaty analizy komponentów ERP w odpowiedzi na bodźce obrazkowe wykazały, że późny komponent LPP (*late posterior positivity*), związany z intensywnością przetwarzania bodźców afektywnych i wielkością faktycznie zaangażowanych zasobów uwagowych wykazuje interakcyjny efekt kongruencji poprzedzającego flankera i walencji prezentowanych fotografii. Konflikt poznawczy wpłynął na przetwarzanie bodźców afektywnych, jednak wpływ ten był modyfikowany przez walencję slajdów. Stwierdzono wzrost intensywności ich przetwarzania, o ile charakteryzowały się zwiększoną wartością motywacyjną. Jednocześnie brak było różnic w przypadku slajdów neutralnych. Reasumując, stwierdzony brak modulacji neutralnych bodźców nie był w pełni zgodny z hipotezami. Konkluzje wskazują, że obserwowane efekty związane są ze wzmocnieniem przetwarzania bodźców istotnych z punktu widzenia celów i zadania, aniżeli hamowania przetwarzania bodźców nieistotnych. Dodatkowa analiza połączeń sieciowych potwierdziła hipotezy w tym zakresie; zaobserwowano znaczący

wzrost komunikacji z kory przedczołowej do obszarów uwagowych i percepcyjnych. Jest to mechanizm analogiczny, jak w przypadku procesów kontroli emocjonalnej, co sugeruje, że oba zjawiska dzielą do pewnego stopnia podłoże neuronalne, w szczególności w zakresie przedczołowej instancji kontrolnej i jej udziału w modulacji percepcyjnej. Dodatkowo relatywnie późne efekty obserwowane w przebiegach EEG wspierają hipotezę, iż efekt konfliktu na przetwarzanie także dotyczy późniejszego etapu ich przetwarzania, już po identyfikacji znaczenia i wartości motywacyjnej.



Ryc. 10. Interakcyjny efekt uprzednio wywołanego konfliktu poznawczego i walencji bodźców na ich przetwarzanie.

Rola czynników niespecyficznych w modulacji reakcji emocjonalnych. Problem właściwego doboru grupy kontrolnej w paradygmacie reinterpretacji poznawczej (art. 9.)

Niniejszy eksperyment niejako podsumowuje badanie mózgowych mechanizmów elementarnych procesów leżących u podłoża wolicjonalnych strategii kontroli emocji (Miroslaw Wyczesany & Ligeza, 2017). Istotną częścią tych poszukiwań była identyfikacja elementarnych procesów, jakie składają finalnie się na proces kontroli emocjonalnej, szczególnie na jego początkowym etapie, oraz analiza czynników, jakie warunkują skuteczność tej modulacji.

W dotychczasowej literaturze reinterpretacja traktowana jest w domyśle jako unitarny proces i w efekcie praktycznie nie można odnaleźć prób rozbicia jej na elementarne procesy, składające się na tę strategię. Konsekwencją tego podejścia była typowa konstrukcja procedur eksperymentalnych mających badać reinterpretację. Wg niej osoby badane zazwyczaj przechodziły wcześniej trening, gdzie wskazywano, w

jaki sposób poszukiwać można nowych, mniej negatywnej interpretacji czy znaczenia bodźców afektywnych. Niemal wszystkie opublikowane procedury oparte były o schemat manipulacji powtarzanych pomiarów (*within-subject*), gdzie każda osoba badana uczestniczyła typowo w dwóch warunkach eksperymentalnych: 1) reinterpretacja, w którym instrukcja eksperymentalna wskazywała na konieczność reinterpretowania bodźców, oraz 2) warunek kontrolny, w którym osoba miała pasywnie, bez szczególnego zadania, oglądać prezentowane bodźce, zazwyczaj w modalności wzrokowej. O wielkości efektu kontroli wnioskowano zazwyczaj na podstawie analizy różnicy intensywności markerów pobudzenia emocjonalnego w obu warunkach. Podobnie, kontrastując oba warunki, identyfikowano struktury mózgowe zaangażowane w proces reinterpretacji poznawczej.

Typowo zakłada się, że czynnikiem powodującym spadek reakcji emocjonalnych jest zmiana poznawcza (*cognitive change*), pociągająca za sobą zmianę znaczenia sytuacji/bodźca na mniej negatywną. Na podstawie wcześniej prezentowanych badań zakwestionowałem jednak uproszczone rozumienie procesów reinterpretacji emocjonalnej. W miejsce jedyne go czynnika podlegającego zazwyczaj analizie (zmiana poznawcza) założyłem istnienie szeregu procesów, które muszą poprzedzać ową zmianę. W typowej procedurze można zatem wyróżnić nastawienie uwagi związane z zadaniem, intensyfikację procesów uwagowych, rozpoznanie znaczenia i kategoryzacja bodźców, znalezienie alternatywnej interpretacji o mniejszym ładunku emocjonalnym. Dopiero po uruchomieniu czy też zakończeniu wymienionych procesów możliwe jest zastosowanie reinterpretacji. Do tego dołączyć należy również procesy kontrolne związane z wykonywaniem i monitorowaniem całości zadania eksperymentalnego.

Przedmiotem ostatniego z cyklu prezentowanych badań było sprawdzenie zasadności wspomnianych wyżej założeń metodologicznych, na których opiera się większość obecnie publikowanych badań nad reinterpretacją poznawczą. Moje wątpliwości co do dominującego paradygmatu reinterpretacji wzbudził znany fakt, iż niemal wszelkie procesy poznawcze mogą w sposób niespecyficzny obniżać intensywność reakcji emocjonalnej. Jednym z istotnych niespecyficznych czynników może być obciążenie poznawcze, które wymienione wyżej procesy generują. Wynika z tego, że na podstawie kontrastowania warunku reinterpretacji z warunkiem pasywnym można jedynie wnioskować o łącznym wpływie wymienionych procesów na aktywność mózgową i zmienioną intensywność reakcji emocjonalnych. Ograniczenie atrybucji tych zmian jedynie do procesu zmiany poznawczej byłaby niepoprawnie metodologiczne.

Omawiany eksperyment miał za zadanie wykazać, iż w typowej procedurze reinterpretacji poznawczej część efektu obniżenia intensywności reakcji emocjonalnych może wynikać z niespecyficznego wpływu czynników innych niż zmiana poznawcza. Dla weryfikacji tej hipotezy zaprojektowano procedurę, w której oprócz typowo spotykanego zadania reinterpretacji obrazkowych bodźców afektywnych oraz pasywnej grupy kontrolnej zastosowano dodatkowy warunek zadaniowy. Miał on w jak największym stopniu przypominać zadanie reinterpretacji, różnił się natomiast jedynie końcowym etapem, gdzie zmiana poznawcza była zastąpiona przez inne, podobnie angażujące zadanie. Zastosowane zadanie nazwane 'retro' polegało na wyobrażeniu sobie, co stało się na krótką chwilę przed wykonaniem przedstawionej na fotografii sceny, bez

zmieniania jej wartości walencyjnej. Oba zadania, reinterpretacja i retro wymagały zatem uważnej koncentracji na treści obrazka, jego zrozumienia, wygenerowania nowej treści zgodnie z warunkiem zadania. Jednocześnie, obie te grupy zasadniczo różniły się od grupy pasywnej, gdyż w tym przypadku nie wymagano od osoby badanej wykonania żadnego zadania, nie pociągało to więc potrzeby koncentracji na obrazku, jak również dokładnego studiowania jego treści i generowania nowej interpretacji. Zatem obie grupy eksperymentalne (reinterpretacja i retro) pozostawały podobne, różniąc się zasadniczo od grupy kontrolnej poziomem motywacji, nastawieniem percepcyjnym, jak również obciążeniem poznawczym. W przedstawianym eksperymencie zasadnicze porównania były zatem realizowane między dwoma grupami eksperymentalnymi, natomiast grupa kontrolna została skonstruowana podobnie do typowego w literaturze paradygmatu reinterpretacji poznawczej. Założenia w związku z procedurą były następujące: 1) użycie pasywnej grupy kontrolnej w celu wnioskowania o efekcie zmiany poznawczej (*cognitive change*) jest niewłaściwe, z racji faktu, iż zmiana poznawcza jest jednym z wielu czynników różniących te grupy, 2) wiele procesów towarzyszących zmianie poznawczej ma potencjał obniżania reaktywności emocjonalnej, stanowiąc o niespecyficznym wpływie na tonowanie reakcji afektywnych. W związku z tym grupa kontrolna powinna różnić się w zakresie reakcji emocjonalnych mierzonych za pomocą potencjałów wywołanych od obu grup eksperymentalnych, gdy te dwie ostatnie powinny wykazywać podobne obniżenie wskaźników przetwarzania emocjonalnego. Dodatkowym celem badania było stwierdzenie, w jakim stopniu subiektywna ocena stanu emocjonalnego jest związana z instrukcją eksperymentalną i zawartą w niej jawnością celu eksperymentu.

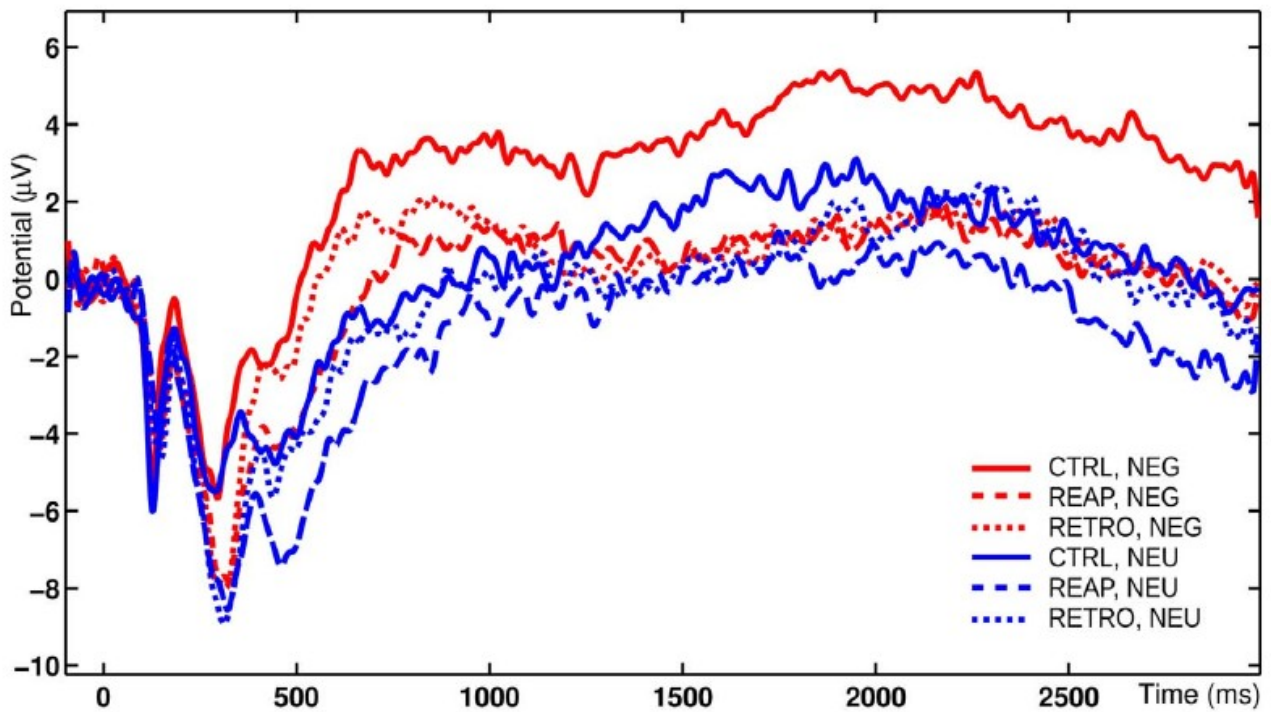
Procedura bazowała na prezentacji bodźców obrazkowych, pochodzących ze standaryzowanej bazy NAPS (*Nencki Affective Picture System*), wśród której – na podstawie standardowych ocen wartości walencyjnej – wyselekcjonowano dwa zestawy: negatywny oraz neutralny. Dodatkowo bodźce zostały zbalansowane pod kątem wartości pobudzenia (*arousal*), a także kategorii treściowych. W procedurze zdecydowano się na manipulację międzygrupową, aby uniknąć efektu interferencji zadań eksperymentalnych, a także dodatkowego wysiłku związanego z przełączaniem zadań. Rozdzielono też pomiar EEG od pomiaru subiektywnego dotyczących walencji i pobudzenia obrazków, by uniknąć ich wzajemnej interferencji. W efekcie przeprowadzono je na dwóch odrębnych grupach badanych. Było to podyktowane ryzykiem potencjalnego wpływu dodatkowego zadania oceny subiektywnej na skuteczność wykonywania zadań eksperymentalnych oraz na zapis EEG. W efekcie w eksperymencie wzięło udział 121 osób w zasadniczej procedurze z pomiarem EEG oraz 60 osób w dodatkowym eksperymencie, opartym o analogiczną procedurę i zestaw bodźców, z dodatkową samooceną bodźców bloku przy użyciu skali SAM. W obu procedurach osoby podzielono losowo na trzy grupy: 1) pasywna grupa kontrolna, której zadaniem było jedynie oglądać prezentowane bodźce (CTRL), 2) grupa reinterpretacji poznawczej, która przechodziła przed główną procedurą standardowy trening reinterpretacji oraz weryfikacji właściwego korzystania ze strategii (REAP), 3) tzw. grupa retro, której zadaniem było sformułowanie, co bezpośrednio poprzedziło sytuację przedstawioną na fotografii (RETRO).

Intensywność reakcji emocjonalnych oceniano poprzez pomiar wielkości komponentu LPP. Na podstawie inspekcji uśrednionego jego przebiegu podzielono go na trzy okna czasowe: LPP1: 400-1000 ms

(mierzone od momentu prezentacji bodźca), LPP2: 1000-1500 ms, oraz LPP3 (1500-3000 ms). Analiza wykazała, iż dla wczesnego komponentu LPP1 istotny był grupowy efekt instrukcji, przy czym testy post-hoc wykazały różnice jedynie pomiędzy grupami REAP i CTRL, natomiast uśredniona amplituda komponentu w grupie RETRO mieściła się pomiędzy dwiema pozostałymi grupami, ale bez istotnych między nimi różnic. Środkowy komponent LPP2 nie wykazał żadnych efektów, natomiast późny LPP3 wyraźnie pokazał, że spadek intensywności reakcji na negatywne slajdy jest taki sam dla grup RETRO i REAP, a obie te grupy istotnie różnią się od grupy CTRL. Wskazuje to, że przynajmniej w późnej części analizowanego okna potencjał obniżenie reakcji emocjonalnej jest taki sam dla zadań RETRO, jak i REAP. Co istotne, obniżenie reaktywności emocjonalnej było widoczne, mimo że zadanie RETRO nie uruchamiało zmiany poznawczej, uważanej w literaturze za najważniejszy czynnik leżący u podłoża reinterpretacji poznawczej. Wg zaproponowanej interpretacji obciążenie poznawcze w zadaniu RETRO było niespecyficznym czynnikiem, który był wystarczający do uruchomienia modulacji emocjonalnej. Można założyć, że podobne obciążenie poznawcze miało również istotny udział w przypadku zadania REAP.

Dlatego też zaproponowano, że faktyczna modulacja odpowiedzi emocjonalnej jest sumą czynników specyficznych (cognitive change, która zmienia postrzeganą wartość bodźca/sytuacji) oraz niespecyficznych (związanych z obciążeniem poznawczym, zaangażowaniem w wykonanie zadania i jego monitorowaniem). Taki addytywny model dobrze tłumaczyłby obecne w literaturze wyniki z procedur kontroli emocji, włączając reinterpretacje poznawczą. Jednocześnie, pozwalałby na interpretację niespójnych rezultatów opisywanych w przypadku procedur, gdzie oprócz typowego zmniejszania intensywności reakcji (*down-regulation*) mamy do czynienia z zadaniem zwiększania intensywności przeżywanych emocji (*up-regulation*). W tym drugim przypadku część doniesień wskazuje na istnienie efektu wzmocnienia, część – przeciwnie – pokazuje brak efektu lub wręcz niewielkie osłabienie reakcji. Jeśli założymy, że w przypadku wzmacniania reakcji wpływ obu czynników działa w odwrotnym kierunku (czynniki niespecyficzne obniżają, a reinterpretacja podwyższa intensywność reakcji), różnice w absolutnej wielkości obu czynników będą przekładać się na końcowy efekt o różnych wartościach – od ujemnego (obniżenie), poprzez brak efektu (podobny wpływ przeciwnie działających czynników) do spadku reakcji (dominacja czynników niespecyficznych).

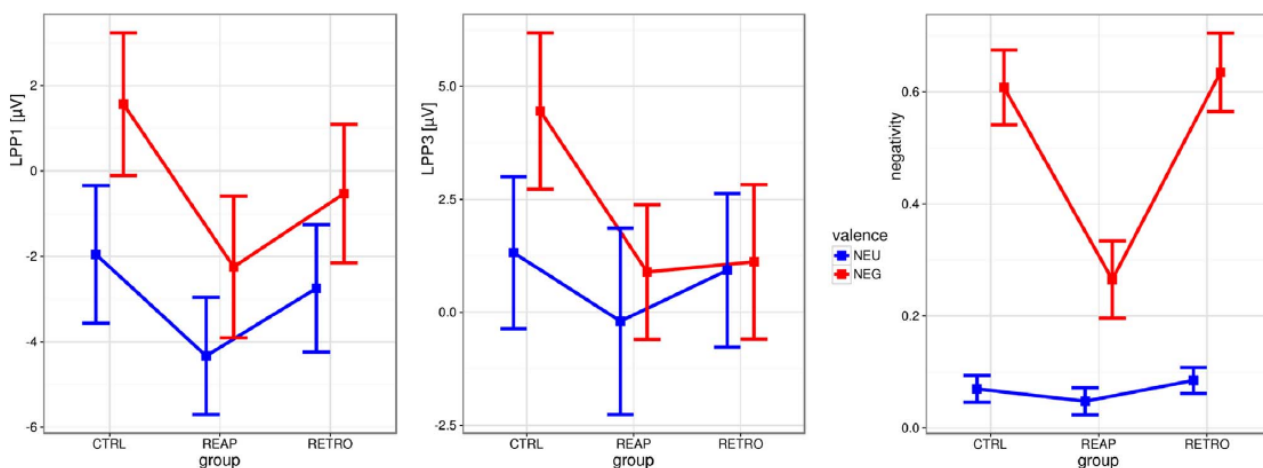
Aby wykluczyć możliwość, iż wielkość zaangażowania poznawczego była znacząco różna w obu zadaniach, co mogłoby podważyć powyższy tok rozumowania, przeprowadzona została dodatkowa analiza, która miała odpowiedzieć na pytanie, czy początkowe, percepcyjne etapy zadania RETRO i REAP charakteryzowały się podobnym stopniem trudności. Stopień trudności zadania percepcyjnego może być stosunkowo rzetelnie zmierzony poprzez analizę latencji wczesnych komponentów wzrokowych ERP: P1 i N1. Wykazano, iż obie grupy eksperymentalne nie różniły się od siebie pod względem latencji tych komponentów, przy jednoczesnym znacznym ich opóźnieniu w stosunku do grupy kontrolnej. Jakkolwiek nie jest możliwa dokładna ocena trudności całości zadania, z uwagi na brak rzetelnych wskaźników tego typu, mogliśmy jednak uprawdopodobnić ich podobieństwo przez wykazanie równoważności początkowych jego etapów, co stało u założenia konstrukcji zadania RETRO.



Ryc. 11. Wykresy potencjałów wywołanych w oknie czasowym do 3 sekund w odpowiedzi na slajdy afektywne.

Interesujący wzorec reakcji zaobserwowano w przypadku subiektywnych ocen walencji prezentowanych obrazków. Wykazały one istotnie mniejszą negatywność w grupie REAP w stosunku do obu pozostałych grup. Co więcej, w grupach CTRL i RETRO zanotowano bardzo zbliżony poziom oceny. Do wyjaśnienia pozostała więc kwestia, dlaczego miary elektrofizjologiczne wykazały znacząco odmienny wzorec reakcji niż miary subiektywne w kontekście oddziaływania zadania RETRO. Tutaj odwołaliśmy się do szeroko opisywanego zjawiska potwierdzania oczekiwań eksperymentatora (*demand characteristics*). W tym przypadku grupy RETRO i REAP różniły się jawnością celu badania. W pierwszym przypadku osoby badane były *explicit* proszone o obniżenie emocjonalności, po czym pytane o emocjonalność bodźców po wykonaniu instrukcji. Jest prawdopodobne, że odkrycie celu badania dla uczestników wystarczyło, by uruchomić (niekoniecznie w pełni świadomie) dostosowywanie się do domniemanych oczekiwań eksperymentatorów². Wynikają z tego istotne przesłanki metodologiczne dla stosowania miar subiektywnych. Rzeczywiście, na ich rzetelność istotny wpływ wywierać może świadomość celu badania lub domniemane oczekiwania ze strony eksperymentatorów.

² Taka interpretacja została dodatkowo wsparta przez rezultaty naszego nieopublikowanego jeszcze badania (Adamczyk, Ligęza, Wyczesany, in prep.), gdzie również zanotowano niezgodność wskaźników EEG i miar samoopisowych. Procedura ta oparta była o reinterpretację (zwiększanie i zmniejszanie intensywności doznań bólowych) i charakteryzowała się jawnością celu badania. Rzeczywiście ocena odczuwanego bólu podążała za instrukcją eksperymentalną; była więc najmniejsza w grupie proszonej o obniżenie odczuwania bólu i największa w grupie proszonej o zintensyfikowanie doznań. Jednocześnie zidentyfikowane aktywacje mózgowe w obszarach związanych z bólem (wyspa, przednia część zakrętu obręczy, kora orbitofrontalna) wykazywały spadek dla obu warunków kontroli emocji w porównaniu z warunkiem pasywnym.



Ryc. 12. Wykresy grupowych średnich amplitud komponentów LPP1 i LPP3 oraz subiektywnych ocen bodźców na skali walencji.

Podsumowanie i możliwe wykorzystanie w praktyce

Na prezentowane osiągnięcie naukowe składa się opis korowych substratów subiektywnego doświadczenia stanu emocjonalnego, a także identyfikacja sieci struktur korowych uczestniczących w regulacji reakcji emocjonalnych i stanu afektywnego. Istotnym elementem osiągnięcia było zastosowanie nowatorskich technik analizy sygnału EEG. Zastosowanie tych metod pozwoliło wyjść poza klasyczne wskaźniki aktywności EEG, dając z jednej strony lepszy wgląd w analizowane mechanizmy mózgowy, z drugiej zaś pozwalając na wnioskowanie o kauzalności procesów mózgowych. Pozwoliło to rozszerzenie naszej wiedzy o mózgowych substratach stanu afektywnego oraz lepsze rozumienie roli poszczególnych struktur w ramach funkcjonalnych sieci mózgowych.

Generalizacja rezultatów dotyczących mechanizmów regulacji afektywnej, jaka została przedstawiona na podstawie moich prac, wskazuje na istotną rolę systemu kontrolnego, w tonizowaniu reakcji afektywnych i prawidłowym funkcjonowaniu emocjonalnym. Na system ten, jak wykazano, składają się obszary percepcyjno-uwagowe, skroniowe (związane z subiektywnym nastrojem) oraz kora przedczołowa (nadrzędna funkcja kontrolna). Identyfikacja tej sieci i charakterystyki jej funkcjonowania (w szczególności istotnej roli oddziaływań top-down pochodzących od kory przedczołowej) pomóc może w diagnozie specyficznych deficytów u osób z zaburzeniami afektywnymi i lękowymi oraz monitorowanie przebiegu i skuteczności działań terapeutycznych. Co ważne, potwierdzono zaangażowanie tej sieci w warunkach nie tylko percepcyjnych, ale i wyobraźniowych, gdzie udało się wskazać różnice u osób z grupy sub-klinicznej o wysokiej skłonności do ruminacji depresyjnych. Sformułowano i potwierdzono również hipotezę, iż niskopoziomowy

mechanizm bramkowania percepcyjnego poprzez mechanizmy uwagi zaznacza się w różnych warunkach, gdzie do czynienia mamy z kontrolą emocjonalną. Mechanizm ten pozostaje aktywny zarówno przy wolicjonalnych (wysokopoziomowych), jak i automatycznych (niskopoziomowych) procesach modulacji afektywnej. Jest to ważny wkład w kierunku teorii unifikującej różne rodzaje strategii kontrolnych, potrzebę której wyraża się w ostatnim czasie w literaturze przedmiotu.

Należy tu zaznaczyć, że w ramach prowadzonych eksperymentów przeprowadzono liczne analizy dotyczące optymalizacji analizy sygnału EEG pod kątem estymacji przepływów neuronalnych metodą DTF. Dotychczas metoda stosowana była niemal wyłącznie do analizy pojedynczych przypadków, w schemacie manipulacji z powtarzanymi pomiarami (*within-subject*). Istotnym osiągnięciem metodologicznym jest opracowanie we współpracy z twórcami metody właściwych parametrów przygotowania sygnału EEG koniecznej do jej zastosowania. W szczególności, dopracowano i wdrożono analizy grupowe w zakresie szacowania przepływu informacji w sieci obszarów mózgowych. W ramach prowadzonych testów i symulacji udało się wypracować standardy analizy, które z jednej strony w minimalnym stopniu ingerują w strukturę korelacyjną sygnału EEG, co umożliwia poprawne oszacowanie poziomu przepływu informacji, z drugiej zaś umożliwiają skuteczne usunięcie typowych artefaktów spotykanych w zapisie podczas procedur psychologicznych. Otwiera to nowe perspektywy w rozumieniu funkcjonowania mózgu nie tylko w obszarze badań nad emocjami, ale wszelkich obszarów będących w zakresie zainteresowania psychologią. Wyjście poza tradycyjne wskaźniki EEG daje również możliwość wypracowania parametrów o wysokiej wartości predykcyjnej, które mogą być następnie wykorzystane w algorytmach klasyfikujących aktywność EEG. Takie wskaźniki, związane w sposób stabilny z konkretnymi stanami emocjonalnymi mogłyby znaleźć zastosowanie w technikach uczenia maszynowego i interfejsach mózg-komputer (BCI - *Brain Computer Interface*), co pozwoliłoby na 'odczytywanie' przez komputer konkretnych konstelacji wzorców EEG związanych z konkretnym stanem emocjonalnym.

Istotną kwestią metodologiczną podniesioną i opracowaną w ramach prezentowanego osiągnięcia jest właściwy dobór warunków kontrolnych w dalszych badaniach nad reinterpretacją poznawczą. Jak wykazano, istniejąca w literaturze interpretacja oparta o dominujący paradygmat takich badań nie uwzględnia istotnego wpływu czynników niespecyficznych, prowadząc niejednokrotnie do nieuprawnionych konkluzji. Zastosowanie warunków kontrolnych porównywalnych pod względem obciążenia poznawczego, zaangażowania w instrukcję eksperymentalną i stopnia trudności zadania jest niezbędne dla uprawomocnienia wniosków z publikowanych badań. Zaproponowano model, w którym na obserwowany spadek reakcji emocjonalny wpływ mają dwie grupy czynników: specyficzny (opisywany w literaturze jako zmiana poznawcza) oraz towarzyszący jej szereg czynników niespecyficznych, dotychczas słabo kontrolowanych w postaci procesów aktywności poznawczej, towarzyszących zadaniu, mającej również potencjał obniżania reaktywności afektywnej. Propozycja addytywności czynników specyficznych i niespecyficznych znalazł już pewne wsparcie empiryczne i zdaje się tłumaczyć dotychczasowe niespójne rezultaty opisywane w literaturze³.

3 Należy też spojrzeć ponownie na rezultaty eksperymentu opublikowane w art. 5, który oparty był na standardowym paradygmacie badania reinterpretacji poznawczej. W świetle uzyskanych danych wskazujących na konieczność

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych).

W ramach mojej pracy naukowej realizowanej poza nurtem opisanego wyżej osiągnięcia naukowego wymienić mogę m.in.:


- Udział w badaniach klinicznych dotyczących efektów poznawczych obserwowanych w przebiegu marskości wątroby. W ramach projektu realizowanego przez Collegium Medicum UJ dokonano kompleksowej analizy deficytów poznawczych poprzez badania kwestionariuszowe, behavioralne oraz elektroencefalograficzne. Rezultaty opublikowano następnie w kilku publikacjach w czasopismach z listy JCR.
- Udział w projekcie MAESTRO (NCN) kierowanym przez prof. M. Kosowską dotyczącym motywacyjnych, afektywnych i poznawczych źródeł procesu nabywania wiedzy. W ramach badań zaprojektowałem i przeprowadziłem dużą część procedur opartych o pomiar EEG, przede wszystkim przy użyciu techniki potencjałów wywołanych. Efekty tych badań zostały również opublikowane w cyklu publikacji.
- Zainteresowanie afektywnymi aspektami przetwarzania bodźców językowych zaowocowało przeprowadzeniem eksperymentów badających wpływ kontekstu emocjonalnego na percepcję przymiotników nacechowanych emocjonalnie. Badania te poszerzono na grupy kliniczne dotknięte zaburzeniami afektywnymi, gdzie udało się wskazać specyficzne zmiany powiązane z zaburzonym nastrojem.
- Jestem również współautorem i wykonawcą trwających badań, mających na celu dogłębne zrozumienie deficytów poznawczych u osób cierpiących na psychozy schizofreniczne. Nasze eksperymenty rozpoczęliśmy od kompleksowych badań w zakresie rozumienia humoru, prowadzonych za pomocą funkcjonalnego rezonansu magnetycznego, traktografii oraz analizy sieciowej sygnału EEG przy użyciu metody DTF. To wieloaspektowe podejście wykorzystujemy obecnie również, kontynuując prace nad zaburzeniami w rozumieniu metafor w przebiegu schizofrenii. Efektem prowadzonych prac jest cykl publikacji, który po raz pierwszy pokazuje na specyficzne zmiany funkcjonalne i strukturalne leżące u podłoża zaburzeń w rozumieniu humoru u osób cierpiących na psychozy schizofreniczne.
- W ramach współpracy z zespołem dra M. Bindera, pracujemy nad zastosowaniem metod sieciowych w diagnozie głębokości zaburzeń świadomości u osób po przebytych urazach mózgu. Jak dotąd zidentyfikowano wskaźniki sieciowe o bardzo wysokich parametrach predykcyjnych, pozwalające na wyznaczenie fazy snu u osób zdrowych.

rozdzielania wpływu czynników specyficznych i niespecyficznych, zaobserwowane zwiększenie wybranych przepływów mózgowych może nie być specyficzne dla samej zmiany poznawczej, ale wynikać również z towarzyszącym warunkom reinterpretacji dodatkowym procesom poznawczym.

Bibliografia

- Barrett, L. F. (2006). Solving the Emotion Paradox: Categorization and the Experience of Emotion. *Personality and Social Psychology Review*, *10*(1), 20–46. https://doi.org/10.1207/s15327957pspr1001_2
- Barrett, L. F., & Satpute, A. B. (2013). Large-scale brain networks in affective and social neuroscience: towards an integrative functional architecture of the brain. *Current Opinion in Neurobiology*, *23*(3), 361–372. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2012.12.012>
- Blinowska, K. J., Kuś, R., & Kamiński, M. (2004). Granger causality and information flow in multivariate processes. *Physical Review E*, *70*(5), 050902.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, *25*(1), 49–59.
- Delorme, A., Palmer, J., Onton, J., Oostenveld, R., & Makeig, S. (2012). Independent EEG Sources Are Dipolar. *PLoS ONE*, *7*(2), e30135. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030135>
- Gyurak, A., Gross, J. J., & Etkin, A. (2011). Explicit and implicit emotion regulation: A dual-process framework. *Cognition & Emotion*, *25*(3), 400–412. <https://doi.org/10.1080/02699931.2010.544160>
- Harmon-Jones, E., & Peterson, C. K. (2009). Supine Body Position Reduces Neural Response to Anger Evocation. *Psychological Science*, *20*(10), 1209–1210. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02416.x>
- Heller, W. (1993). Neuropsychological mechanisms of individual differences in emotion, personality, and arousal. *Neuropsychology-New York-*, *7*, 476–476.
- Heller, W., & Nitschke, J. B. (1998). The puzzle of regional brain activity in depression and anxiety: The importance of subtypes and comorbidity. *Neuropsychological Perspectives on Affective and Anxiety Disorders: A Special Issue of the Journal Cognition and Emotion*, *12*, 421–447.
- Kaminski, M., & Blinowska, K. J. (2017). The Influence of Volume Conduction on DTF Estimate and the Problem of Its Mitigation. *Frontiers in Computational Neuroscience*, *11*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5427064/>
- Kamiński, M. J., & Blinowska, K. J. (1991). A new method of the description of the information flow in the brain structures. *Biological Cybernetics*, *65*(3), 203–210.
- Koessler, L., Maillard, L., Benhadid, A., Vignal, J. P., Felblinger, J., Vespignani, H., & Braun, M. (2009). Automated cortical projection of EEG sensors: Anatomical correlation via the international 10–10 system. *NeuroImage*, *46*(1), 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.02.006>
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1999). *International affective picture system (IAPS): Instruction manual and affective ratings*. Gainesville: University of Florida, The Center for Research in Psychophysiology.
- Ligeza, T. S., & Wyczesany, M. (2017). Cognitive conflict increases processing of negative, task-irrelevant stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, *120*(Supplement C), 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.07.013>
- Ligeza, T., Tymorek, A., & Wyczesany, M. (2017). Top-down and bottom-up competition in visual stimuli processing. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, *77*, 299–310.
- Matthews, G., Jones, D. M., & Chamberlain, A. G. (1990). Refining the measurement of mood: the UWIST Mood Adjective Checklist. *British Journal of Psychology*, *81*(1), 17–42.
- Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E., & Schoffelen, J. M. (2011). FieldTrip: open source software for advanced analysis of MEG, EEG, and invasive electrophysiological data. *Computational Intelligence and Neuroscience*, *2011*, 1.
- Russell, J. A. (2003). Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological Review*, *110*(1), 145–172. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.110.1.145>

- Silvers, J. A., Weber, J., Wager, T. D., & Ochsner, K. N. (2014). Bad and worse: Neural systems underlying reappraisal of high and low intensity negative emotions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, nsu043. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu043>
- Stam, C. J., & Van Dijk, B. W. (2002). Synchronization likelihood: an unbiased measure of generalized synchronization in multivariate data sets. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 163(3-4), 236-251.
- Treynor, W., Gonzalez, R., & Nolen-Hoeksema, S. (2003). Rumination Reconsidered: A Psychometric Analysis. *Cognitive Therapy and Research*, 27(3), 247-259. <https://doi.org/10.1023/A:1023910315561>
- Varela, F. J., & Shear, J. (1999). First-person methodologies: What, why, how. *The View from within: First-Person Approaches to the Study of Consciousness*, 2-3.
- Watson, D., Lee, A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063-1070.
- Wyczesany, M., Ferdek, M., & Grzybowski, S. (2014). Cortical functional connectivity is associated with the valence of affective states. *Brain and Cognition*, 90, 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.06.001>
- Wyczesany, M., Grzybowski, S., Barry, R., Kaiser, J., Coenen, A., & Potoczek, A. (2011). Covariation of EEG synchronization and emotional state as modified by anxiolytics. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 28(3), 289-296. <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e31821c34f7>
- Wyczesany, M., Kaiser, J., & Barry, R. (2009). Cortical lateralization patterns related to self-estimation of emotional state. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 69(4), 526-536.
- Wyczesany, M., Kaiser, J., & Coenen, A. (2008). Subjective mood estimation co-varies with spectral power EEG characteristics. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 68, 180-192.
- Wyczesany, M., Kaiser, J., & Coenen, A. (2010). Associations between self-report of emotional state and the EEG patterns in affective disorders patients. *Journal of Psychophysiology*, 24, 33-40.
- Wyczesany, M., & Ligeza, T. S. (2015). Towards a constructionist approach to emotions: verification of the three-dimensional model of affect with EEG-independent component analysis. *Experimental Brain Research*, 233, 723-733. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-4149-9>
- Wyczesany, M., & Ligeza, T. S. (2017). Is elaboration of affective content sufficient to attenuate emotional responses during reappraisal procedures? *Biological Psychology*, 127, 99-107.


 Wrocław 2018.01.29