



UNIwersytet JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Wydział Filozoficzny
Instytut Psychologii

**Mózgowe mechanizmy kontroli emocji:
Rola procesów uwagowych i poznawczych w reinterpretacji**

Tomasz Stanisław Ligęza

Rozprawa doktorska
wykonana pod opieką
dr. hab. Eligiusza Wronki
w Zakładzie Psychofizjologii
Instytutu Psychologii UJ

Promotor pomocniczy:
dr Mirosław Wyczesany

Kraków 2018

Streszczenie

Tło i cel. Badania prowadzone na gruncie psychologii emocji wskazują, iż skuteczne kontrolowanie negatywnych emocji jest podstawą zdrowia psychicznego, a najbardziej skuteczną strategią ich kontroli jest reinterpretacja poznawcza (ang. reappraisal, cognitive control of emotion). Reinterpretacja poznawcza polega na zmianie sposobu myślenia o negatywnym bodźcu poprzez nadanie mu nowego znaczenia, tak by jego odbiór stał się bardziej neutralny. Dzięki temu, negatywność przeżywanych emocji zostaje znacząco obniżona. Na przykład, osoba widząca scenę groźnego wypadku samochodowego może zastosować strategię reinterpretacji, myśląc, że „choć wypadek wygląda poważnie, wszyscy jego uczestnicy wyszli ze zdarzenia bez szwanku”.

Pomimo, iż skutki stosowania strategii reinterpretacji są dobrze poznane i wyjaśnione w literaturze, a strategia jest szeroko wykorzystywana w praktyce terapeutycznej, nadal nie wiadomo jaki mózgowy mechanizm odpowiada za jej działanie. Mechanizm proponowany w literaturze jest bowiem niespecyficzny i nie tłumaczy istoty jej działania. Obszar mózgu aktywowany podczas reinterpretacji poznawczej - głównie grzbietowa-boczna kora przedczołowa (ang. dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC) - uważany za mózgowy substrat reinterpretacji, jest aktywny także podczas innych operacji umysłowych na materiale emocjonalnym. Sugeruje to, iż pewne etapy przetwarzania bodźca emocjonalnego obecne w reinterpretacji są wspólne różnym operacjom poznawczym, stanowiąc przyczynę zbieżnych aktywacji. Istotnie, zanim bodźcowi emocjonalnego, w toku reinterpretacji, zostanie nadane nowe znaczenie (etap nadania znaczenia), najpierw musi on zostać zarejestrowany przez system uwagi (etap uwagi), a następnie przetworzony przez system poznawczy (etap poznawczej elaboracji). Choć zidentyfikowanie roli reinterpretacji w każdym z wymienionych etapów wydaje się być kluczowe dla zrozumienia specyficznego mechanizmu jej działania, żadne

z dotychczasowych badań nie podjęło takiej próby, sprowadzając proces reinterpretacji wyłącznie do etapu nadania znaczenia. Celem mojej rozprawy doktorskiej było głębsze poznanie mózgowego mechanizmu reinterpretacji poznawczej poprzez uwzględnienie w analizie nie tylko etapu nadania znaczenia, ale także poprzedzających go etapów uwagowego i poznawczego. Dzięki wykorzystywaniu zaawansowanych sposobów analizy aktywności bioelektrycznej mózgu (EEG) oraz innowacyjnej metodologii, seria moich trzech oryginalnych badań znacząco przybliżyły mnie do tego celu, potwierdzając, iż uwzględnienie trój etapowości procesu reinterpretacji jest kluczowe dla zrozumienia mechanizmu jej działania.

Eksperyment 1. Celem eksperymentu 1 było sprawdzenie możliwości występowania oddziaływań pomiędzy DLPFC, mózgowym substratem reinterpretacji, a obszarami związanymi z działaniem uwagi i percepcji, stanowiącymi substrat pierwszego etapu reinterpretacji. W badaniu mierzono aktywność elektryczną mózgu podczas zadania reinterpretacji i w warunku kontrolnym. W analizie danych wykorzystano innowacyjną metodę z klasy effective connectivity (DTF). Metoda pozwoliła bardzo precyzyjnie oszacować kierunek i przyczynowość interakcji pomiędzy analizowanymi obszarami kory mózgowej, a w efekcie określić wpływ DLPFC na uwagowy etap reinterpretacji. Warto podkreślić, że metoda DTF została po raz pierwszy wykorzystana w badaniach nad reinterpretacją, co umożliwiło uzyskanie prekursorskich wyników. Proces reinterpretacji istotnie wiązał się z oddziaływaniem DLPFC na rejony percepcyjno-uwagowe. W efekcie, badanie dowiodło, że mózgowy mechanizm reinterpretacji jest związany z wpływem na procesy uwagowe, stanowiące pierwszy etap przetwarzania bodźca emocjonalnego. Jest to teza, której nigdy wcześniej nie udało się potwierdzić.

Eksperyment 2. Celem drugiego badania było sprawdzenie czy bardzo proste zadania - które podobnie jak reinterpretacja - angażują odgórne procesy sterowania uwagą - mogą

wpływać na przetwarzanie emocjonalnych bodźców. W celu wyizolowania tych procesów, zaprojektowano specjalne zadanie, w którym uczestnicy badania musieli reagować na niewielkie litery prezentowane na zdjęciach. W zależności od różnych warunków badania, natężenie odgórnych procesów uwagi nie było nasilone lub było nasilone w stopniu niewielkim lub umiarkowanym. Używając metody potencjałów wywołanych, wykazano, iż w warunkach natężenia procesów uwagi odgórnej - zmniejsza się głębokość przetwarzania zdjęć. Badanie dowiodło, iż nawet bardzo niewielkie zaangażowanie procesów odgórnej uwagi może wpłynąć na sposób przetwarzania bodźców. Jednocześnie wskazuje, iż samo zaangażowanie takich procesów w reinterpretacji może być istotnym czynnikiem stanowiącym o mechanizmie jej działania.

Eksperyment 3. Celem trzeciego eksperymentu było określenie roli etapu poznawczej elaboracji bodźca w mechanizmie działania reinterpretacji. Celowi temu służyć miała innowacyjna procedura badawcza. Zaprojektowano warunek badawczy, nazwany zadaniem retrospekcji. Zadanie polegało na wyobrażeniu tego, co mogło się stać na chwilę przed zrobieniem zaprezentowanego zdjęcia. Podobnie jak warunek reinterpretacji, warunek retrospekcji wymagał procesów elaboracji bodźca: zrozumienia zaprezentowanej sceny oraz stworzenia na jej podstawie wyobrażenia. To, co różniło warunki reinterpretacji i retrospekcji to fakt, że tylko w warunku reinterpretacji występował specyficzny etap nadania nowego znaczenia bodźcowi, etap stanowiący istotę procesu reinterpretacji. W porównaniu z warunkiem kontrolnym, emocjonalna odpowiedź mózgu (komponent LPP) na prezentowane zdjęcia była mniejsza: zarówno w warunku retrospekcji jak i warunku reinterpretacji. Potwierdza to moje założenia, iż same procesy elaboracji bodźca, poprzedzające nadanie mu nowej interpretacji mogą obniżyć odpowiedź mózgu na emocjonalny bodziec. Nigdy wcześniej nie wykazano, iż procesy

poznawczej elaboracji bodźca mogą odgrywać ważną rolę w mechanizmie działania reinterpretacji.

Wnioski. Seria trzech dotychczasowych badań jednoznacznie dowodzi, że, reinterpretacja poznawcza nie jest tak prostym i jednorodnym procesem, jak dotychczas zakładano. Aby zrozumieć na czym polega specyficzne działanie reinterpretacji, konieczne jest oddzielenie jej poszczególnych etapów. Jej oddziaływania mogą bowiem dotyczyć uwagowego etapu przetwarzania bodźca, a poznawcza elaboracja, obok nadania nowego znaczenia, także może przyczyniać się do obniżenia emocjonalności przetwarzanego bodźca. Zaprezentowane wyniki badań są nie tylko nowatorskie (metoda DTF, zadanie retrospekcji) i przyczyniają się do głębszego zrozumienia reinterpretacji poznawczej na podstawowym poziomie procesów mózgowych, ale również mają duże znaczenie społeczne, gdyż reinterpretacja stanowi najbardziej skuteczną metodę radzenia sobie z negatywnymi emocjami. Dodatkowo, moje badania wskazują na nadmierny redukcjonizm podejścia naukowców, traktujących reinterpretację jako proces jednoetapowy. Na podstawie uzyskanych wyników oraz istniejącej literatury proponuję nowy, wieloetapowy model działania reinterpretacji, który w lepszy sposób tłumaczy istotę jej działania.

Abstract

Background and aim. Research conducted in the field of psychology of emotions indicates that effective control of negative emotions determines our mental health, and that the most effective strategy for controlling negative emotions is reappraisal. The strategy is used to decrease the intensity of affective responses by conceptually reinterpreting the meaning of the emotionally arousing stimuli. For example, when one is viewing an unpleasant scene of a car accident, he or she can downregulate intensity of emotional reaction by imaging an optimistic outcome of the situation (e.g. “All accident victims will recover fully soon”).

Although the effects of reappraisal usage are well understood, it is still unclear what brain mechanism is responsible for the effectiveness of the strategy. The area of the brain considered to be the cerebral substrate of the reappraisal (mainly the dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC) is also active during other mental operations carried out on emotional material. This suggests that some stages of emotional stimuli processing present in reappraisal are shared between various cognitive operations. Indeed, during reappraisal process, before a new interpretation is given to the emotional stimulus (the stage of cognitive change), the stimulus must first be registered by the attentional systems (attentional stage), and then understood and processed by the cognitive system (stage of cognitive elaboration). Although identifying the role of reappraisal in each of these stages seems to be crucial for understanding the specific mechanism of reappraisal effectiveness, none of the research so far undertaken such an attempt. Instead, the whole reappraisal process has been reduced only to the stage of cognitive change. The aim of my doctoral dissertation was to understand the brain mechanism of reappraisal more deeply by taking into account all of the postulated reappraisal stages. Thanks to the use of advanced

methods of analysis and innovative methodology, a series of my three original studies have significantly brought me closer to this goal, confirming that the assumption about the three-stages of reappraisal process is crucial to understand the mechanism of its effectiveness.

Experiment 1. The aim of experiment 1 was to check the possibility of interactions between DLPFC (the brain substrate of reappraisal) and areas related to the operation of attention and perception (which are the substrate of the first stage of stimuli processing in reappraisal). In the study I measured the electrical activity of the brain (EEG) during the reappraisal task and control condition. The data analysis was conducted with an usage of an advanced method for estimating cortical effective connectivity (Directed Transfer Function, DTF). The DTF method allowed for a very precise estimation of the directions of interactions between the analysed areas of the cerebral cortex. Moreover, the DTF method was used for the first time in reappraisal research, which made it possible to obtain novel results. Compared with the control condition, the reappraisal was associated with the top-down influences from the DLPFC towards perceptual and attention areas. As such, the research proved that the brain mechanism of reappraisal is related to the influence on attention processes, constituting the first stage of emotional stimulus processing. This is the thesis that has never been confirmed before.

Experiment 2. The purpose of the second study was to check whether very simple attentional tasks - which, like reappraisal - involve top-down attention control processes - can affect the processing of emotional stimuli. In order to isolate these processes, a special task was designed in which participants had to respond to the small letters imposed on the pictures. Depending on the different conditions, the intensification of top-down attention processes was relatively small, moderate or not present at all (control

condition). Using the evoked potential method (ERP), it was shown that activation of top-down attention processes decreases the depth of image processing. As such, the study indicated that the mere involvement of such processes during reappraisal can be an important factor determining its effectiveness.

Experiment 3. The purpose of the third experiment was to determine the role of the cognitive elaboration stage in the mechanism of reappraisal. The innovative research procedure was designed to serve this purpose. An additional control condition – called a retrospective task - was introduced. The task was to imagine what could have happened a moment before the presented photo was taken. Like the condition of reappraisal, the condition of retrospection required involvement elaboration processes: participants needed to see the presented scene, understand its content, and create some alternative imagination of the situation. What distinguished the conditions of reappraisal and retrospection was the fact that only the reappraisal condition required a specific process of giving a new meaning to the stimulus (cognitive change stage). This design allowed to isolate unspecific factors that could affect image processing during reappraisal procedures (cognitive elaboration stage). The evoked potentials (ERP) in response to the images were measured. In comparison with the control condition, the emotional response of the brain (LPP component) was smaller both in the condition of retrospection and the condition of reappraisal. This confirms my assumptions that the processes of elaboration of the stimulus, preceding the stage of giving it a new interpretation, can lower the brain's response to the emotional stimulus. It has never been demonstrated before that the processes of elaboration can play an important role in the mechanism of reappraisal.

Conclusions. A series of three studies clearly proves that reappraisal is not as simple and homogeneous process as it was assumed to be so far. In order to understand the

effectiveness of reappraisal, it is necessary to separate its individual stages. It has been proved that regulatory effects of reappraisal are caused not only by giving a new meaning to stimuli (cognitive change stage) but also by unspecific processes of attentional involvement (attentional stage), and the cognitive elaboration of stimuli (cognitive elaboration stage). The presented research results are innovative (DTF method, retrospective task) and contribute to a deeper understanding of reappraisal mechanism. Overall, my doctoral dissertation indicates excessive reductionism of the approach of scientists treating reappraisal as a one-step process. Based on the obtained results and existing literature, I propose a new, multi-stage, model of reappraisal that better explains the mechanism of the reappraisal's effectiveness.

Podziękowania

Dziękuję mojemu opiekunowi naukowemu, dr. hab. Eligiuszowi Wronce za ciągłą gotowość do pomocy, udzielone mi wskazówki oraz poświęcony czas. Szczególne wyrazy uznania przekazuję mojemu wieloletniemu mentorowi oraz promotorowi pomocniczemu, dr. Mirosławowi Wyczesanemu za pokazanie mi, jak wyjątkową przygodą jest działalność naukowa. To dzięki Niemu sześć lat temu zdecydowałem się rozpocząć pracę naukową i dzięki Niemu przez cały ten czas mogłem nieustannie rozwijać swój warsztat badawczy. Chciałbym podziękować wszystkim moim współpracownikom i współpracownikom, z którymi realizowałem badania opisane w niniejszej pracy – byli to dr. hab. Maciej Kamiński, Agnieszka Adamczyk oraz Agnieszka Tymorek. Serdeczne podziękowania kieruję do wszystkich osób pracujących w Zakładzie Psychofizjologii za miłą atmosferę pracy oraz wszelką udzieloną pomoc. Dziękuję również wielu osobom, których nie sposób tutaj wymienić, a które miałem przyjemność spotkać podczas przeróżnych szkoleń, wizytacji, konferencji czy staży. Doceniam ich niepomijalny wpływ na kształtowanie się mojej badawczej osobowości. Olbrzymie podziękowania dla wszystkich uczestniczek i uczestników moich badań, za chęć przyczynienia się do rozwoju nauki oraz poświęcenie czasu w trakcie procedur badawczych, które nierzadko były dosyć żmudne i wymagające. Prowadzone przeze mnie badania i moja osoba wspierane były finansowo przez Narodowe Centrum Nauki (grant Preludium, 2015/17/N/HS6/00713; grant Etiuda, 2017/24/T/HS6/00229) a także Fundację na Rzecz Nauki Polskiej (stypendium FNP START 2018). Dziękuję tym instytucjom za pozytywną ewaluację moich dotychczasowych osiągnięć, wiarę w mój potencjał i przekonanie o słuszności rozwijania moich pomysłów badawczych. Dziękuję rodzinie i bliskim za wsparcie. Dziękuję Patrycji, za wszystko.

Spis treści

1. Wprowadzenie	15
1.1. Kontrola emocji	16
1.1.1. <i>Proces powstania emocji</i>	17
1.1.2. <i>Procesualny model kontroli emocji</i>	18
1.1.3. <i>Aspekt rozwojowy kontroli emocji</i>	22
1.1.4. <i>Jak bada się strategie kontroli emocji u dorosłych?</i>	24
1.1.5. <i>Która ze strategii kontroli emocji jest najskuteczniejsza?</i>	26
1.1.6. <i>Kontrola emocji – podsumowanie</i>	28
1.2. Mechanizm działania reinterpretacji poznawczej	29
1.2.1. <i>Mózgowe podstawy reinterpretacji poznawczej</i>	29
1.2.2. <i>Teoria mechanizmu reinterpretacji poznawczej</i>	35
1.2.3. <i>Teoretyczno-metodologiczne przeszkody badania reinterpretacji</i>	36
1.2.4. <i>Podejście do badania reinterpretacji w niniejszej rozprawie</i>	39
1.3. Cel i pytania badawcze pracy doktorskiej.....	41
2. Eksperyment 1 – wpływ reinterpretacji poznawczej na procesy uwagowe	44
2.1. Wstęp.....	44
2.1.1. <i>Tło</i>	44
2.1.2. <i>Systemy uwagi</i>	44
2.1.3. <i>DTF jako metoda umożliwiająca szacowanie interakcji między korowymi regionami</i>	46
2.1.4. <i>Przewidywania</i>	47
2.2. Procedura i materiały	48
2.3. Analiza danych.....	52
2.3.1. <i>Dane behawioralne</i>	52
2.3.2. <i>Analizy komunikacji mózgowej DTF</i>	52
2.3.3. <i>Wstępna obróbka danych EEG</i>	54
2.3.4. <i>Analiza danych EEG</i>	56
2.4. Wyniki.....	57
2.4.1. <i>Dane behawioralne (kontrola manipulacji eksperymentalnej)</i>	57
2.4.2. <i>Analizy koneksjonistyczne DTF</i>	58
2.5. Dyskusja.....	60
2.5.1. <i>Reinterpretacja wiąże się z oddziaływaniem DLPFC na sieci uwagowe</i>	61
2.5.2. <i>Dodatkowa obserwacja: lateralizacja wpływów pochodzących z DLPFC</i>	63
2.5.3. <i>Ograniczenia badania</i>	64
2.6. Wnioski	64

3. Eksperyment 2 – wpływ zaangażowania odgórnych procesów uwagowych na przetwarzanie bodźców emocjonalnych	65
3.1. Wstęp.....	65
3.1.1. Tło	65
3.1.2. Procesy odgórnej uwagi a przetwarzanie bodźców emocjonalnych.....	66
3.1.3. Odpowiednie zadanie dla badania wpływów odgórnej uwagi w reinterpretacji	68
3.1.4. Typowe komponenty ERP w badaniu procesów uwagowych	69
3.1.5. Przewidywania.....	71
3.2. Metoda.....	71
3.2.1. Uczestnicy	71
3.2.2. Aparatura i materiały	72
3.2.3. Procedura	73
3.2.4. Zapis psychofizjologiczny	75
3.3. Wyniki.....	77
3.4. Dyskusja.....	79
3.4.1. Potencjały wywołane w odpowiedzi na obrazy – dominujący wzorzec wyników.....	80
3.4.2. Potencjały wywołane w odpowiedzi na zdjęcia – niepotwierdzone hipotezy	81
3.4.3. Ograniczenia badania.....	82
3.4.4. Wnioski.....	84
4. Eksperyment 3 – Udział czynników poznawczej elaboracji bodźca w mechanizmie działania reinterpretacji poznawczej.....	85
4.1. Wprowadzenie.....	85
4.1.1. Tło	85
4.1.2. Zadanie retrospekcji	86
4.1.3. Analiza potencjałów wywołanych.....	87
4.1.4. Przewidywania.....	88
4.2. Metoda.....	89
4.2.1. Uczestnicy badania	89
4.2.2. Materiały i aparatura	90
4.2.3. Procedura	91
4.2.4. Analiza danych.....	95
4.3. Wyniki.....	97
4.3.4. N1, P1	97
4.3.5. LPP1 (400-1000ms).....	98
4.3.6. LPP2 (1000-1500ms).....	99
4.3.7. LPP3 (1500-3000ms).....	99
4.3.8. Dane behawioralne.....	100

4.4.	Dyskusja.....	101
4.4.4.	<i>Wczesne potencjały wywołane</i>	101
4.4.5.	<i>Potencjał LPP</i>	102
4.4.6.	<i>Wyniki behawioralne</i>	104
4.4.7.	<i>Ograniczenia badania</i>	106
4.4.8.	<i>Wnioski</i>	106
5.	Dyskusja ogólna	108
5.1.	<i>Rola procesów uwagowo – poznawczych w reinterpretacji</i>	109
5.2.	<i>Niespecyficzny czynnik – niespecyficzny efekt?</i>	110
5.3.	<i>Addytywność procesów reinterpretacji.</i>	112
5.4.	<i>Dynamiczny model oddziaływania reinterpretacji</i>	114
5.5.	<i>Mocne strony oraz potencjalne ograniczenia pracy</i>	118
5.6.	<i>Ograniczenia paradygmatu badania reinterpretacji</i>	122
5.7.	<i>Podsumowanie</i>	124
6.	Literatura cytowana	126

Wykaz najważniejszych skrótów

ACC – anterior cingulate cortex, kora przedniego zakrętu obręczy

DLPFC – dorso-lateral prefrontal cortex, grzbietowo-boczna kora przedczołowa

DTF – directed transfer function, skierowana funkcja przenoszenia

EEG – elektroencefalografia

ERP – evoked response potentials, metodologia potencjałów wywołanych

fMRI – obrazowanie funkcjonalnym rezonansem magnetycznym

LPP – late positive potential, późny pozytywny potencjał

REINT – zadanie reinterpretacji

RETRO – zadanie retrospekcji

ROI – rejon zainteresowania

1. Wprowadzenie

Emocje odgrywają kluczową rolę w naszym życiu. Nie tylko dodają kolorytu codziennym doświadczeniom, ale przede wszystkim wywierają istotny wpływ na nasze funkcjonowanie: stanowią podstawę formowania relacji społecznych, dostarczają informacji o stanie naszego organizmu, oddziałują na procesy uczenia się i motywacji, a nawet wpływają na procesy, które powszechnie uważane są za wolne od ich wpływu – biorą udział w procesach racjonalnego podejmowania decyzji (Bechara, Damasio i Damasio, 2000). Choć w oczywisty sposób dążymy do jak najczęstszego przeżywania pozytywnych emocji, nasze funkcjonowanie jest nieodłącznie związane z przeżywaniem również i tych negatywnych. Mimo, iż dostarczają one nam nieprzyjemnych doznań, to mogą, w sposób szybki i skuteczny, nadać priorytet odpowiednim zachowaniom lub sygnalizować ważne procesy zachodzące w naszym ciele (Keltner i Gross, 1999; Öhman i Mineka, 2001). To strach chroni nas przed realnym niebezpieczeństwem, obawa powstrzymuje od pochopnych decyzji, a ból sygnalizuje niecierpiące zwłoki problemy zdrowotne.

Negatywne emocje, przeżywane zbyt intensywnie lub zbyt długo, przestają jednak być przystosowawcze i często stają się przyczyną wielu chorób cywilizacyjnych takich jak: depresja, nerwica, nadużywanie substancji psychoaktywnych czy zaburzenia odżywiania (Dziemidok, Makara-Studzińska i Jarosz, 2011; Espeset, Gulliksen, Nordbø, Skårderudi i Holte, 2012; Sirois i Burg, 2003). Na szczęście, nasze umysły wyposażone są w narzędzia umożliwiające obniżenie intensywności lub skrócenie czasu trwania przeżywanych emocji. Noszą one nazwę procesów kontroli emocji.

1.1. Kontrola emocji

Na gruncie psychologii emocji, kontrola emocji jest zazwyczaj definiowana jako zbiór procesów poznawczych odpowiedzialnych za monitorowanie, ewaluację, a także modyfikowanie reakcji emocjonalnych (Thompson, 1991). Kontrolę emocji często definiuje się również jako umiejętność wpływania na emocjonalne reakcje, tak by były one zgodne z naszymi celami, wartościami oraz były akceptowalne społecznie (Gross, 1998). Umiejętność ta cechuje się dużą elastycznością, umożliwiającą z jednej strony przeżywanie spontanicznych emocji, a z drugiej strony - kiedy to konieczne - ich modyfikację lub odroczone w czasie przeżywanie (Cole, Micheli Teti, 1994). Tak rozumiane procesy kontroli emocji odgrywają kluczową rolę w zachowaniu zdrowia psychicznego jednostki (Gross i Muñoz, 1995).

Możliwość modyfikacji własnych reakcji emocjonalnych, w zależności od aktualnego kontekstu sytuacyjnego, wyznawanych wartości czy zamierzonych celów sprawia, iż umiejętność kontroli emocji jest najczęściej postrzegana jako proces wolicjonalny i wysiłkowy, podlegający wyższym funkcjom zarządczym (Gross i Thompson, 2007)¹. Jako taki, stanowi niezwykle interesujący obszar badawczy lokujący się na styku psychologii emocji, neuronauki i psychologii procesów poznawczych. Na przestrzeni ostatnich lat naukowcom udało się wyróżnić wiele rodzajów strategii kontroli emocji, zbadać ich aspekt rozwojowy, porównać ich skuteczność, a także częściowo poznać ich mechanizmy działania. W poniższych sekcjach, w sposób ogólny, przedstawię aktualny stan wiedzy na temat kontroli emocji. Następnie, zawęzę swój opis do jednej strategii – reinterpretacji poznawczej – stanowiącej przedmiot zainteresowania mojej rozprawy doktorskiej.

¹ W ostatnich latach podkreśla się podział kontroli emocji na procesy automatyczne i wolicjonalne. Z racji tego, iż przedmiotem zainteresowania niniejszej pracy jest strategia kontroli uważana w pełni za wolicjonalną (strategia reinterpretacji poznawczej) zawężam rozumienie procesów kontroli emocji do procesów wolicjonalnych.

1.1.1. Proces powstawia emocji

Rozważając proces kontroli emocji, zasadnym wydaje się zastanowić w jaki sposób dochodzi do powstania emocji w naszym organizmie. Na gruncie psychologii emocji oraz neuronauki, proces generowania emocji najczęściej opisywany jest procesualnym (modalnym) modelem emocji (Gross i Thompson, 2007). Model ten podkreśla dynamiczny i wieloaspektowy kontekst kształtowania się emocji. Zakłada, iż powstanie emocji jest procesem ciągłym, dynamicznym, następującym w określonej sekwencji czasowej, dającej się opisać czterema etapami (Aldao i Nolen-Hoeksema, 2010).

- 1) **Sytuacja** – proces generowania emocji rozpoczyna się od zaistnienia pewnej sytuacji (prawdziwej lub wyobrażonej), niosącej emocjonalne znaczenie dla organizmu. Na przykład, zaparkowana w oddali karetka pogotowia z włączonym sygnałem ostrzegawczym stanowi sytuację, potencjalnie istotną ze względu na powstanie emocji.
- 2) **Uwaga** – w kolejnym etapie powstania emocji, konieczne jest aby sytuacja emocjonalna została dostrzeżona, a więc została skierowana na nią uwaga. W przypadku podanego wyżej przykładu, możemy założyć, że uwaga przypadkowo przechodzącego pieszego zostaje skierowana na sygnał ambulansu.
- 3) **Interpretacja** – po tym jak emocjonalna sytuacja zostanie dostrzeżona, musi ona zostać oceniona i zinterpretowana. Widok zaparkowanej karetki pogotowia może być zinterpretowany jako efekt poważnego wypadku komunikacyjnego.
- 4) **Odpowiedź** – w ostatnim etapie procesu powstawania emocji, zostaje wygenerowana odpowiedź organizmu: pojawiają się zmiany w subiektywnym doświadczeniu oraz zachowaniu, którym towarzyszą zmiany fizjologiczne. U osoby, która znalazła się w pobliżu karetki pogotowia (etap 1), dostrzegła ją (etap 2) i zinterpretowała tę sytuację

jako wypadek komunikacyjny (etap 3) – może powstawać uczucie strachu i zainteresowania. Uczuciom tym towarzyszą zmiany w zakresie pobudzenia fizjologicznego (m.in. szybsze bicie serca), a jej zachowanie ulega zmianie – zaczyna pospiesznie ona iść w kierunku miejsca wypadku.

Choć wraz z pojawieniem się odpowiedzi organizmu, kończy się jeden cykl powstania emocji, według modelu, nie kończy się sam proces generowania emocji. Procesualny model emocji zakłada bowiem istnienie zwrotnej pętli pomiędzy odpowiedzią (4.) a sytuacją (1.). Sugeruje to zatem, iż proces generowania emocji może zachodzić rekursywnie, jest ciągły i dynamicznie zmieniający się. W opisanym powyżej przykładzie, gdy osoba motywowana emocją zainteresowania dotrze już w pobliże karetki pogotowia, zmianie ulegnie sytuacja w jakiej się znajduje (etap 1) a proces generowania emocji rozpocznie swój kolejny cykl. Osoba może wówczas dostrzec, iż w miejscu wypadku na ziemi leży manekin (etap 2) i na tej podstawie wygenerować nową interpretację zaistniałej sytuacji - „to nie wypadek, a jedynie szkolenie ratowników medycznych” (etap 3). W efekcie jej odpowiedź emocjonalna wyrażona zarówno poprzez emocję strachu i zainteresowania znacząco straci na sile lub zostanie zastąpiona przez emocje ulgi (etap 4).

1.1.2. Procesualny model kontroli emocji

Istnieje wiele sposobów kontroli emocji, a ich różne typy najtrafniej opisuje się na kanwie przedstawionego wyżej procesualnego modelu generowania emocji. Dlatego też, procesualny model kontroli emocji zakłada, iż kontrola emocji może odbywać się na każdym etapie generowania emocji i wyróżnia 4 osobne grupy strategii kontroli emocji (Ochsner i Gross, 2005).

1. **Selekcja i modyfikacja sytuacji**². Strategie selekcji sytuacji polegają na dążeniu do lub unikaniu emocjonalnych sytuacji. Jeżeli osoba świadomie unika sytuacji mogącej wzbudzić emocje, zmniejsza szansę na powstanie emocji. Odwrotnie, jeżeli osoba świadomie zbliża się do potencjalnie emocjonalnej sytuacji, zwiększa szansę na powstanie emocji (Gross, 1998). Na przykład, osoby przejawiające fobię społeczną lub unikowy typ osobowości, nadmiernie używają strategii selekcji sytuacji poprzez izolowanie się od sytuacji o charakterze społecznym. Dzięki temu unikają silnego lęku związanego z kontaktami społecznymi (Campbell-Sills i Barlow, 2007; Wells i Papageorgiou, 1998). Modyfikacja sytuacji obejmuje z kolei wysiłki mające na celu aktywny wpływ na sytuację emocjonalną, tak by wywołała ona pożądaną reakcję emocjonalną. Chodzi tutaj o aktywną zmianę fizycznego, zewnętrznego środowiska, a nie wewnętrznej jego reprezentacji (Gross, 1998). Jako przykład takiej strategii można wymienić zwiększanie fizycznego dystansu do osoby z którą jesteśmy w interakcji, tak by zmniejszyć intensywność emocji związanych z tym kontaktem. Skuteczność strategii selekcji/modyfikacji jest niewielka, gdyż opierają się one na ucieczce od emocjonalnej sytuacji. Nie stanowią zatem przystosowawczego narzędzia radzenia sobie z niepożądanymi emocjami. Ponadto, strategie te są uznane za dosyć nieefektywne ze względu na fakt, iż zazwyczaj ludzkie osądy dotyczące przewidywań własnych reakcji emocjonalnych w konkretnych sytuacjach są mało trafne (Loewenstein, 2007). Z tych powodów, strategie dotyczące pierwszego etapu generowania emocji nie stanowią większego przedmiotu zainteresowania badaczy kontroli emocji.
2. **Zaangażowanie uwagi**. Strategia ta polega na przekierowaniu koncentracji uwagi w kierunku emocjonalnego bodźca lub na jej odwróceniu od emocjonalnego bodźca

² W części z opracowań selekcja i modyfikacja sytuacji traktowane są jako osobne grupy kontroli emocji. Ze względu na fakt, iż obie grupy dotyczą jednego etapu generowania emocji – w obecnej pracy przyjmujemy, iż obie strategie należą do jednej grupy.

(Gross, 1998). Na przykład, już na bardzo wczesnym etapie rozwoju, dzieci uczą się zakrywać oczy by ograniczyć dopływ nieprzyjemnych bodźców wzrokowych. Tego typu zachowanie - wycofanie zaangażowania uwagi z bodźca o charakterze emocjonalnym - stanowi najbardziej reprezentatywną i najczęściej badaną strategię kontroli emocji w opisywanej grupie. Pozostałe, nieprzystosowawcze, przykłady strategii opartych na zaangażowaniu uwagi to ruminacja, zamartwianie się czy supresja myśli (Campbell-Sills i Barlow, 2007; Jackson, Malmstadt, Larsoni Davidson, 2000; Schartau, Dalgleishi Dunn, 2009).

3. **Zmiana interpretacji.** Podstawą tej grupy strategii jest zmiana interpretacji sytuacji emocjonalnej, w taki sposób by jej emocjonalny wpływ został zmodyfikowany. Najpopularniejszą strategią tej grupy jest strategia reinterpretacji poznawczej (ang. cognitive reappraisal³), stosowana najczęściej w celu obniżenia negatywnych uczuć (Gross, 1998). Samo założenie, leżące u podłoża strategii reinterpretacji jest tożsame z podstawowymi założeniami terapii poznawczo-behawioralnej: nasz stan emocjonalny jest konsekwencją naszych myśli i osądów. Dlatego też, zakłada się, iż ta sama sytuacja emocjonalna może wywołać pozytywną lub negatywną reakcję, w zależności od przypisanej jej interpretacji. Na przykład, pilnie uczący się student, nastawiony na rozwój, może bardzo negatywnie przeżyć otrzymanie niskiego stopnia. Może jednak dokonać reinterpretacji tego faktu, stwierdzając iż napotkana sytuacja stwarza w przyszłości możliwość do rozwoju. Z kolei, osoba widząca scenę wypadku samochodowego może zastosować strategię reinterpretacji, myśląc, że „choć wypadek wygląda poważnie, wszyscy jego uczestnicy wyszli ze zdarzenia bez szwanku”.

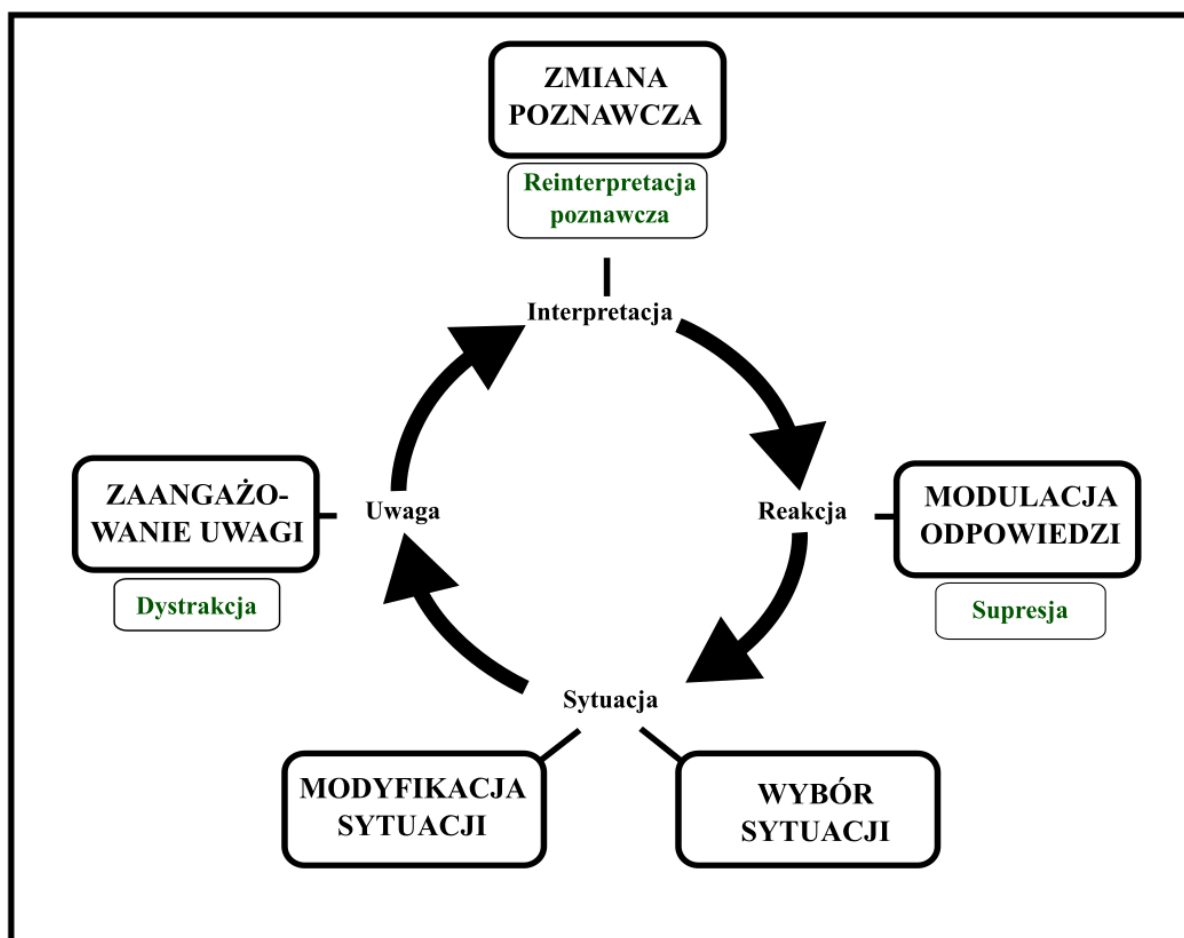
³ W niniejszej pracy używam polskiego tłumaczenia terminu, jakie pojawiło się w polskiej literaturze przed powstaniem niniejszej rozprawy doktorskiej (Maruszewski, 2012). Ponieważ uważam jednak iż pojęcie jest dosyć redundantne (reinterpretacja musi angażować procesy poznawcze, a więc „poznawczość” jest jej immanentną cechą), w dalszej części pracy używam naprzemiennie terminu *reinterpretacja poznawcza* lub, po prostu, terminu *reinterpretacja*.

Strategia ta zostanie dokładniej omówiona w dalszej części pracy, gdyż stanowi ona przedmiot zainteresowania niniejszej pracy.

Innym przykładem popularnej strategii należącej do grupy zmiany interpretacji, jest posługiwanie się humorem. Również i w tym przypadku emocjonalnemu bodźcowi może zostać przypisana nowa (w tym przypadku często abstrakcyjna) interpretacja, tak by umożliwić przeżywanie pozytywnych uczuć (Butler i in., 2003). Podczas gdy strategia humoru w większej mierze opiera się na intensyfikacji pozytywnych uczuć, strategia reinterpretacji częściej dotyczy obniżania negatywnych uczuć.

4. **Modulacja odpowiedzi.** Ta grupa strategii kontroli emocji dotyczy ostatniego etapu generowania emocji, dotyczy więc momentu, gdy w organizmie powstanie już odpowiedź (Gross i Thompson, 2007). Strategie tej grupy opierają się zatem na próbie zmniejszenia lub zwiększenia już przeżywanych emocji. Do bardziej ogólnych strategii tej grupy można zaliczyć stosowanie substancji psychoaktywnych lub angażowanie się w aktywność fizyczną – np. picie kawy w związku z odczuwanym niskim pobudzeniem lub uprawianie wzmożonej aktywności fizycznej w celu poprawy samopoczucia. W badaniach nad kontrolą emocji, jako przykład strategii modulacji odpowiedzi, zdecydowanie częściej bada się jednak strategię supresji. Polega ona na nie wyrażaniu lub hamowaniu werbalnych i pozawerbalnych oznak ekspresji emocjonalnej. „Przygryzanie wargi”, „pokerowa twarz” czy opanowywanie gestów mogą służyć jako przykłady supresji.

Na rycinie numer 1 zaprezentowano schemat przedstawiający procesualny model powstawania emocji oraz odpowiadający mu procesualny model kontroli emocji.



Rycina 1. Procesualny model emocji i procesualny model kontroli emocji. Wewnętrzny krąg reprezentuje rozwijającą się wraz z czasem odpowiedź emocjonalną. Zewnętrzny krąg reprezentuje grupy strategii kontroli emocji, przyporządkowane do etapu generowania emocji, w którym strategie mają największy wpływ. W przypadku badanych w literaturze grup kontroli emocji, zieloną czcionką zaznaczono najbardziej reprezentatywne i najczęściej badane strategie

1.1.3. Aspekt rozwojowy kontroli emocji

Niemalże od samego urodzenia człowiek zaczyna stosować bardzo proste, odruchowe formy kontroli emocji. Wraz z rozwojem zaczynają one przybierać coraz bardziej zaawansowaną i wolicjonalną postać.

Okres niemowlęcy. W okresie niemowlęctwa, wysiłki związane z regulacją emocji są głównie kierowane przez wrodzone systemy fizjologiczne (Rothbart, M., Ziaie, H. i O'Boyle, C. 1992). Niemowlęta odruchowo unikają kontaktu z nieprzyjemnymi bodźcami, a także próbują tłumić gniew lub smutek poprzez ściskanie warg lub

zacieśnianie brwi (Malatesta, Grigoryev, Lamb, Albin i Culver, 1986). W wieku około trzech miesięcy zaczynają angażować się w zachowania służące polepszeniu własnego samopoczucia, czego przykładem może być oddawanie się kojącemu działaniu ssania różnych przedmiotów, np. smoczka. Przede wszystkim jednak, na tym etapie rozwoju, niemowlęta uczą się sygnalizować swoje negatywne uczucia opiekunom. Zaczynają bowiem dostrzegać, iż to opiekunowie są głównym źródłem wsparcia regulacyjnego (Rothbart, M. i in., 1992). Na przykład, niemowlęta na ogół mają trudności z regulowaniem uczucia strachu. W rezultacie często znajdują sposoby wyrażania strachu, przyciągające uwagę swoich opiekunów (Calkins i Hill, 2007).

Okres poniemowlęcy. Pod koniec pierwszego roku życia, wachlarz możliwości regulacji emocji małych dzieci poszerza się dzięki rozwijającym się zdolnościom poznawczym i motorycznym. Dzieci samodzielnie zaczynają angażować się w takie strategie, jak kołysanie się, żucie przedmiotów lub fizyczne dystansowanie się od emocjonalnych sytuacji (Kopp, 1989). Po dwóch latach życia, dzieci zaczynają uczyć się bardziej zaawansowanych sposobów kontroli emocji (np. dystrakcja). W nauce kluczową rolę odgrywają opiekunowie oraz styl przywiązania dziecka do opiekuna (Kochanska, 2001).

Dzieciństwo. W dzieciństwie najbardziej daje się zauważyć rosnąca wiedza na temat konieczności regulacji pewnych emocji. Dzieci w wieku od sześciu do dziesięciu lat zaczynają być świadome społecznych konwencji i konsekwencji okazywania emocji. Zaczynają rozróżniać konteksty, w których wyrażenie pewnych emocji jest bardziej lub mniej akceptowalne społecznie. Na przykład, dzieci mogą rozumieć, że po otrzymaniu prezentu powinny okazywać radość, niezależnie od rzeczywiście przeżywanych odczuć (Harris, 1983). W dzieciństwie obserwuje się również tendencję do coraz częstszego stosowania strategii związanych ze zmianą poznawczą, które to stopniowo wypierają i

zastępują bardziej podstawowe strategie kontroli emocji, stosowane w poprzednich etapach rozwojowych (selekcja/modyfikacja sytuacji, dystrakcja) (Stegge i Terwogt, 2007).

Okres dojrzałości. Młodzież wykazuje znaczny wzrost zdolności regulowania emocji, który wiąże się przede wszystkim ze wzrostem interakcji społecznych (Janice Zeman, Cassano, Perry-Parrish i Stegall, 2006). Ze względu na liczbę nowych sytuacji społecznych i emocjonalnych, w których muszą się poruszać nastolatki, udział strategii zmiany interpretacji staje się jeszcze większy niż w poprzednim okresie rozwojowym (Luna, Padmanabhan i O'Hearn, 2010). Przede wszystkim wzrasta użycie reinterpretacji poznawczej, jako strategii kontroli emocji (Garnefski i Kraaij, 2006). Kontrola emocji zaczyna pełnić także w większym stopniu funkcje instrumentalną, na przykład, nastolatki wykazują tendencję do okazywania bardziej intensywnych emocji, jeśli zdają sobie sprawę, iż spowoduje to bardziej życzliwą odpowiedź u swoich rówieśników (Zeman i Garber, 1996).

W niniejszej rozprawie koncentruję się na kontroli emocji u osób dorosłych.

1.1.4. Jak bada się strategie kontroli emocji u dorosłych?

Kontrola emocji najczęściej badana jest w schemacie korelacyjnym lub eksperymentalnym. W pierwszym przypadku, badacze koncentrują się na pomiarze sposobów i częstotliwości użycia strategii kontroli emocji (Aldao, Nolen-Hoeksema i Schweizer, 2010; Gross i John, 2003). Na przykład, uczestników badania prosi się o wypełnienie kwestionariusza, mierzącego tendencje do używania konkretnych strategii kontroli emocji w codziennym życiu. Tendencje te wówczas korelowane są z różnego rodzaju miarami funkcjonowania emocjonalnego czy społecznego. Na kanwie tego typu badań wykazano, że wysoki poziom tendencji do używania kontroli emocji w codziennym życiu związany jest z wysokim poziomem kompetencji społecznych oraz

wysoką tendencją do wyrażania społecznie akceptowalnych uczuć (Aldao i in., 2010; Gross i John, 2003). Z drugiej strony, niski stopień tendencji do używania strategii kontroli emocji koreluje z nieprzystosowanymi wzorcami zachowań, w których dochodzi do rozdziwku pomiędzy jednostkowymi celami a ekspresją emocji (Parrott, 1993). Zaobserwowano również istotne zależności pomiędzy brakiem umiejętności kontroli emocji a symptomami depresji, lęku, zaburzeń odżywiania czy nadużywania substancji psychoaktywnych (Gross, 1998, 2015).

W przypadku podejścia eksperymentalnego, uczestnicy badań nad kontrolą emocji są trenowani w używaniu konkretnych strategii kontroli emocji, a następnie proszeni o ich zastosowanie w wystandardyzowanych procedurach badawczych (Ochsner i Gross, 2005). W procedurach tych indukowane są negatywne uczucia, najczęściej poprzez prezentację nacechowanych emocjonalnie obrazów⁴. Uczestnicy badania w części prób proszeni są o stosowanie wcześniej wyuczonej strategii kontroli emocji (warunek eksperymentalny) lub proszeni są o bierne oglądanie emocjonalnych obrazów bez stosowania strategii kontroli emocji (warunek kontrolny). Powodzenie w używaniu konkretnych strategii jest odzwierciedlone w stopniu w jakim strategie te modulują odczuwane emocje zgodnie z intencjami (redukują negatywne lub wzmagają pozytywne odczucia). Pomiar przeżywanych emocji przyjmuje najczęściej postać miar behawioralnych (samoopisowy raport aktualnego nastroju) lub/i miar fizjologicznych w odpowiedzi na emocje (np. aktywność elektryczna skóry, aktywność sercowa, potencjały związane ze zdarzeniem, miary aktywacji mózgowej). W przypadku skutecznych strategii, odnotowuje się spadek przeżywania negatywnych lub wzrost przeżywania pozytywnych emocji w warunku kontroli emocji w stosunku do warunku kontrolnego.

⁴ Badania reinterpretacji w kontekście innych modalności są prowadzone w bardzo ograniczonym zakresie.

1.1.5. Która ze strategii kontroli emocji jest najskuteczniejsza?

Jak zaznaczono w poprzedniej części pracy, stosowanie strategii kontroli emocji wiąże się z wieloma korzyściami w funkcjonowaniu społecznym i emocjonalnym. Nie wszystkie strategie są jednak tak samo skuteczne. Badacze kontroli emocji często koncentrują się na porównywaniu konkretnych strategii, w celu wyłonienia tej najskuteczniejszej. Liczba strategii jakie poddaje porównywaniu jest jednak mocno ograniczona. Najczęściej badanymi strategiami są te, które opierają się na umiejętności obniżania negatywnych uczuć (McRae, 2016). Umiejętność obniżania negatywnych uczuć ma bowiem największy sens adaptacyjny, a gromadzona na tym gruncie wiedza podstawowa, może mieć największe zastosowanie aplikacyjne dla oddziaływań klinicznych i edukacyjnych. Jak bowiem wskazano we wstępie, nadmierne przeżywanie negatywnych emocji jest głównym czynnikiem w powstawaniu wielu chorób cywilizacyjnych.

Najczęściej badanymi oraz porównywanymi strategiami kontroli emocji, które służą obniżania negatywnych emocji są zatem: dystrakcja (strategia zaangażowania uwagi), reinterpretacja poznawcza (strategia zmiany interpretacji) oraz supresja (strategia modyfikacji odpowiedzi). Jak zostanie wykazane poniżej, z dostępnej literatury jasno wynika, iż najbardziej przystosowaną strategią jest reinterpretacja poznawcza.

Badania z użyciem subiektywnych (deklaratywnych) miar nastroju wskazują, iż reinterpretowanie negatywnych treści obniża intensywność przeżywanych uczuć (Gross, 1998). Te subiektywne pomiary są spójne z obiektywnymi miarami fizjologicznymi: stosowanie reinterpretacji obniża zarówno puls jak i wielkość reakcji skórno-galwanicznej (Hajcak i Nieuwenhuis, 2006; Tupak i in., 2014). Co więcej, wpływ reinterpretacji widoczny jest w pracy mózgu. Badania z użyciem funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI) oraz elektroencefalografu (EEG; głównie potencjał

związany ze zdarzeniem LPP, late positive potential) wskazują, iż reinterpretacja obniża aktywność rejonów mózgu, odpowiedzialnych za generowanie emocji (ciało migdałowe, kora wyspa, orbitofrontalna kora przedczołowa), a odpowiedź mózgu na emocjonalny bodziec jest mniejsza podczas stosowania reinterpretacji (Buhle i in., 2013; Silvers, Weber, Wager i Ochsner, 2014)⁵.

Choć część z tych efektów jest obserwowana również w przypadku innych strategii, ich wielkość jest co najwyżej porównywalna z efektami osiąganymi na drodze reinterpretacji. Przy lepszych efektach działania, reinterpretacje poznawczą wyróżnia jednak uniwersalność stosowania – możliwość nadania bodźcowi zupełnie innego znaczenia sprawia, że strategia może być wykorzystana w praktycznie każdej sytuacji emocjonalnej.

Bezpośrednie porównania strategii również wskazują na przewagę strategii reinterpretacji. W przeciwieństwie do strategii dystrakcji – efekty stosowania strategii reinterpretacji są długotrwałe (Denny, Inhoff, Zerubavel, Davachi i Ochsner, 2015; Thiruchselvam, Blechert, Sheppes, Rydstrom i Gross, 2011). Dzięki temu osoby które stosują strategię reinterpretacji są znacznie lepiej przygotowane do regulacji emocji jeżeli zbliżona sytuacja emocjonalna powtórzy się w przyszłości⁶.

W porównaniu do supresji, reinterpretacja wiąże się z bardziej adaptacyjnymi wzorcami zachowania, a także z polepszeniem funkcjonowania społecznego i emocjonalnego (John i Gross, 2004). Należy tutaj wspomnieć, iż stosowanie strategii

⁵ Dokładny opis zmian w aktywacji mózgowych struktur, w wyniku stosowania reinterpretacji zostanie przedstawiony w kolejnej sekcji pracy

⁶ Należy tutaj jednak zauważyć, iż dystrakcja może być bardziej korzystna w dwóch okolicznościach: gdy występuje poważne ograniczenie czasu w jakim strategia może być zastosowana (reinterpretacja to relatywnie czasochłonny proces) (Sheppes i Gross, 2011; Sheppes i Meiran, 2007) oraz gdy reakcja emocjonalna jest wyjątkowo silna (Thiruchselvam, Blechert, Sheppes, Rydstrom, i Gross, 2011). Niemniej, w bardziej typowych sytuacjach to reinterpretacja wydaje się być znacznie bardziej skuteczna.

supresji może być nie tyle mniej skuteczne od stosowania strategii reinterpretacji, ale jak wskazują badania, może być w ogóle nie skuteczne lub wręcz nieprzystosowawcze. Na przykład, wykazano, iż osoby oglądające negatywne klipy filmowe, proszone o supresję negatywnych uczuć, są zdolne do obniżenia negatywnych odczuć tylko w minimalnym stopniu lub w ogóle im się to nie udaje (Gross, 1998). Istnieje również wiele dowodów wskazujących, iż supresja negatywnych emocji może prowadzić do zwiększenia negatywności przeżywanych uczuć (Goldin, McRae, Ramel i Gross, 2008; James J. Gross, 1998; Roberts, Levenson i Gross, 2008).

1.1.6. Kontrola emocji – podsumowanie

Skuteczna kontrola emocji jest istotnym czynnikiem zachowania zdrowia psychicznego, którego znaczenie wydaje się być szczególnie istotne w obliczu występowania wielu chorób cywilizacyjnych. Kontrola emocji polega na umiejętności wpływania na własne procesy emocjonalne. Jej różne rodzaje najlepiej opisuje procesualny model kontroli emocji, zakładający, iż kontrola emocji może się ona odbywać na każdym etapie generowania emocji: od powstania sytuacji potencjalnie emocjonalnej, poprzez zaangażowanie uwagi i nadanie interpretacji sytuacji emocjonalnej aż po samą odpowiedź organizmu. Człowiek, niemalże od urodzenia stosuje pewne formy kontroli emocji, jednak w toku rozwoju najbardziej dojrzałą strategią staje się reinterpretacja poznawcza, polegająca na zmianie interpretacji emocjonalnego bodźca. Unikalne właściwości reinterpretacji (uniwersalność, trwałe efekty stosowania) powodują, iż jakość życia osób korzystających z tej strategii jest znacząco wyższa w porównaniu do osób niestosujących żadnej strategii kontroli emocji, a także tych, które stosują inne, mniej skuteczne, formy kontroli emocji. Strategia reinterpretacji stanowi także podstawę skutecznych oddziaływań terapeutycznych (Zilverstand, Parvaz i Goldstein, 2016). Ze względu na powyższe właściwości, zgłębianie dokładnego

mechanizmu działania reinterpretacji poznawczej wydaje się szczególnie interesującym problemem badawczym. Jak jednak zaprezentuję w dalszej części niniejszej rozprawy – wiedza na temat dokładnego mechanizmu działania reinterpretacji poznawczej jest wciąż dalece niewystarczająca.

1.2. Mechanizm działania reinterpretacji poznawczej

Pomimo, iż reinterpretacja poznawcza jest uznana za najbardziej skuteczną strategię kontroli emocji, jej mechanizm działania wciąż nie jest do końca poznany. Nadal nie jest jasne, jakie składowe procesy przyczyniają się do skuteczności tej strategii w obniżaniu negatywności przeżywanych uczuć. Choć zakłada się, działanie reinterpretacji poznawczej sprowadza się wyłącznie do nadawania emocjonalnemu bodźcowi nowego znaczenia, jej oddziaływania, jak będę argumentował, wydają się być bardziej złożone. W kolejnej części pracy przedstawię aktualną wiedzę na temat mechanizmu działania reinterpretacji z uwzględnieniem jej mózgowych podstaw oraz metodologiczne problemy, które według mnie, stoją na przeszkodzie do głębszego poznania mechanizmu działania reinterpretacji. Przedstawię również możliwości rozwiązania tych problemów oraz sposób w jaki korzystam z tych możliwości we własnej pracy badawczej.

1.2.1. Mózgowe podstawy reinterpretacji poznawczej

W poznawaniu mechanizmu działania strategii kontroli emocji kluczową rolę odgrywa eksploracja ich mózgowych podstaw. Dostyc szybko po wynalezieniu funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI), bo już na początku XXI wieku, narzędzie to po raz pierwszy użyto do eksploracji neuronalnych korelatów kontroli emocji, a konkretnie – reinterpretacji poznawczej (Ochsner, Bunge, Gross i Gabrieli, 2002). Od tego czasu liczba badań eksplorujących mózgowe podstawy kontroli emocji

nieprzerwanie rośnie, a na ich podstawie proponuje się teorie i modele wyjaśniające mechanizmy działania różnych strategii kontroli emocji.

Reinterpretacja poznawcza – najbardziej skomplikowana strategia kontroli emocji o najlepiej poznanym mózgowym podłożu. Przedstawienie aktualnej wiedzy na temat neuronalnych podstaw kontroli emocji ograniczę wyłącznie do strategii reinterpretacji poznawczej. Wybór ten uzasadniam nie tylko tematem niniejszej rozprawy doktorskiej, ale również powodami dla których zdecydowana większość dotychczasowych badań nad kontrolą emocji dotyczy wyłącznie omawianej strategii. Po pierwsze, w porównaniu z innymi strategiami kontroli emocji, reinterpretacja poznawcza może być badana w łatwy sposób z użyciem miar neuroobrazowania – zastosowanie paradygmatu prezentacji zdjęć umożliwia bezproblemowe badanie reinterpretacji w rezonansie magnetycznym. Po drugie, strategię tą uważa się za najbardziej przystosowaną formę kontroli emocji, a więc spodziewa się, iż osiągnane wyniki będą miały największe znaczenie społeczne. W końcu, w przeciwieństwie do innych typów kontroli emocji, poszczególne badania dotyczące reinterpretacji wydają się być bardziej spójne metodologicznie i konceptualnie, co ułatwia wyciąganie bardziej uprawnionych wniosków.

Autorzy pionierskich badań nad reinterpretacją z użyciem fMRI dodatkowo uważają, że reinterpretacja poznawcza jest tą strategią kontroli emocji, której mózgowy mechanizm powinien być poznany w pierwszej kolejności (Ochsner, Silvers i Buhle, 2012). Uważają oni iż w związku z tym, że reinterpretacja jest najbardziej skomplikowaną strategią kontroli emocji, jej model oddziaływania (w uproszczonej formie) będzie obowiązywał również w przypadku mniej skomplikowanych form kontroli emocji. Innymi słowy, poznanie mechanizmu działania reinterpretacji umożliwi poznanie mechanizmu funkcjonowania innych strategii kontroli emocji. Założenie to, wraz z opisanymi wyżej motywami, wyznaczyło trend badań na wiele lat i spowodowało, że reinterpretacja

poznawcza jest aktualnie strategią kontroli emocji o najlepiej poznanym mózgowym podłożu. Z drugiej strony, powyższe podejście przyczyniło się do sytuacji, w której wiedza ta obarczona jest istotnymi lukami poznawczymi. W kolejnych akapitach przedstawię zarówno aktualny stan wiedzy na temat mózgowych podstaw działania reinterpretacji jak i wskażę na jej potencjalne ograniczenia.

Jakie mózgowo struktury powinny być zaangażowane w działanie reinterpretacji?

Postuluje się, iż użycie reinterpretacji powinno wiązać się z zmianą aktywacji dwóch grup struktur mózgowych (Ochsner i in., 2002). Po pierwsze, użyciu reinterpretacji powinna towarzyszyć zwiększona aktywacja obszarów odpowiedzialnych za funkcje wykonawczo-kontrolne, co odzwierciedlałoby implementację strategii. Po drugie, użyciu reinterpretacji powinna towarzyszyć zmniejszona aktywacja obszarów odpowiedzialnych za przeżywane emocje, co miałyby odzwierciedlać efekty stosowania strategii. W pierwszym przypadku najczęściej postuluje się udział grzbietowo-bocznej kory przedczołowej (dorso-lateral prefrontal cortex, DLPFC), kory przedniego zakrętu obręczy (anterior cingulate cortex, ACC) oraz boczno-brzuszej kory przedczołowej (ventro-lateral prefrontal cortex). W drugim przypadku, efektów działania strategii upatruje się w zmienionej aktywacji następujących struktur: ciała migdałowatego (amygdala), brzuszno-prądkowia (ventral striatum), kory wyspy (insula), a także kory oczodołowej (orbitofrontal cortex, OFC) (np. Buhle i in., 2013; Delgado, Nearing, LeDoux i Phelps, 2008; Etkin, Egner i Kalisch, 2011; Ochsner i in., 2012).

W związku z różnymi ogólnymi funkcjami, za jakie odpowiadają poszczególne struktury kory przedczołowej (DLPFC, ACC, VLPFC), zakłada się, iż pełnią one odmienną rolę w mechanizmie działania reinterpretacji poznawczej. Po pierwsze, DLPFC stanowi mózgową strukturę związaną z ogólnie pojętymi odgórnymi procesami kontrolno-poznawczymi. DLPFC jest zaangażowana w m.in. w hamowanie reakcji,

mechanizm selektywnej uwagi, pamięć roboczą czy rozumowanie (Ligeza i Wyczesany, 2017; Miller i Cohen, 2001; Wager, Jonides i Reading, 2004). Uważa się, iż DLPFC jest najważniejszą strukturą umożliwiającą reinterpretację, ponieważ nadanie bodźcowi nowego znaczenia powinno angażować gros wymienionych wyżej procesów: generowanie nowych interpretacji wymaga procesów rozumowania oraz selektywnej uwagi a ich wdrożenie i utrzymywanie – udziału pamięci roboczej. Kolejną istotną strukturą w procesie reinterpretacji miałyby być ACC, odpowiedzialne za monitorowanie skuteczności własnych procesów poznawczych. Struktura ta miałaby umożliwiać kontrolę jakości z jaką odbywa się proces reinterpretacji (Botvinick, Cohen i Carter, 2004). Wreszcie VLPFC, której funkcja wiąże się z selekcją reakcji zgodnych z celem (lub hamowaniu reakcji niezgodnych z celem) miałaby być odpowiedzialna za wdrażanie strategii oraz hamowanie narzucających się, automatycznych interpretacji bodźca (Badre i Wagner, 2007; Thompson-Schill, Bedny i Goldberg, 2005).

W odniesieniu do struktur związanych z efektami stosowania strategii, najczęściej zakłada się redukcję aktywacji struktur związanych z przeżywaniem emocji. Przede wszystkim postuluje się redukcję aktywności ciała migdałowatego (Davis i Whalen, 2001; Hariri i Whalen, 2011; Phelps, 2006). Choć aktywność ciała migdałowatego jest związana z wykrywaniem i rozpoczynaniem reakcji w odpowiedzi na wszelkie pobudzające bodźce, struktura ta jest bardziej reaktywna w odpowiedzi na bodźce nacechowane negatywnie (Neta i Whalen, 2010; Vuilleumier i Pourtois, 2007; Whalen i in., 2004). W związku z tym, zakłada się iż użycie reinterpretacji powinno obniżać aktywność tej struktury. Tożsame założenia są wyciągane w stosunku do innych struktur, których aktywacja jest związana z pobudzeniem emocjonalnym. Można tutaj wymienić aktywność: brzuszego prążkowiec, odpowiadającego za asocjacyjne uczenie się wskazówek o emocjonalnym charakterze oraz predykcję nagradzających lub karzących

zdarzeń (Knutson i Cooper, 2005; O’Doherty, 2004); kory wyspy, która reaguje m.in. na ogólne negatywne samopoczucie (Chang, Yarkoni, Khaw i Sanfey, 2013) czy OFC, której rola związana jest z przeżywaniem negatywnych, pobudzających emocji (Lindquist, 2013; Phan, Wager, Taylor i Liberzon, 2002; Wyczesany i Ligeza, 2014).

Jakie mózgowo struktury są rzeczywiście zaangażowane przy użyciu reinterpretacji?

Analizując całościowo dostępną literaturę, możemy zauważyć, iż w warunku reinterpretacji rzeczywiście często obserwuje się spodziewane aktywacje: wzrost aktywacji DLPFC, ACC, VLPFC oraz spadek aktywacji ciała migdałowatego, brzuszego prążkowiec, kory wyspy czy OFC (np. Ochsner i in., 2012; Öner, 2018). Niestety, porównując konkretne badania, ich wyniki okazują się często niespójne. W pojedynczych badaniach reinterpretacja nie zawsze angażuje wyżej wymienione struktury, a czasem wzorzec aktywacji bywa sprzeczny. Na przykład, podczas gdy te same badania wskazują na zwiększoną aktywację DLPFC w warunku reinterpretacji, w jednym z nich raportuje się dodatkowo obniżoną aktywację OFC, a w drugim podwyższoną aktywację OFC (Golkar i in., 2012; Ochsner i in., 2002). Dodatkowym problemem poszczególnych badań jest fakt, iż nawet jeśli raportowane aktywacje wydają się dotyczyć tych samych struktur zlokalizowanych w rejonach przedczołowych, ich dokładna lokalizacja nie zawsze jest zgodna: w przypadku niektórych badań są one raportowane bardziej bocznie, a w przypadku innych – bardziej przyśrodkowo (Kalisch, 2009; Ochsner i in., 2012). Powyższe rozbieżności (a nawet sprzeczności) mogą być powodowane faktem, iż poszczególne badania cechuje nieco odmienna metodologia, schemat procedury, grupa uczestników badań czy sposobów analizy danych. Dlatego też, zamiast opierać się na pojedynczych badaniach, bardziej zasadne wydaje się odniesienie do danych zagregowanych w postaci metanaliz. Choć i ich wyniki nie są w pełni spójne,

to wyłania się z nich pewien powtarzalny wzorzec dotyczący struktur zaangażowanych w reinterpretację poznawczą.

Metanalizy badań dotyczących mózgowych podstaw reinterpretacji. Na szczególną uwagę zasługują dwie najbardziej wpływowe prace (Buhle i in., 2013; Kohn i in., 2014). Metaanaliza blisko 50 badań wskazała, iż użycie reinterpretacji wiąże się ze zwiększoną aktywacją DLPFC, VLPFC i ACC. Jeżeli chodzi natomiast o modulację emocjonalnych rejonów mózgu, wskazano wyłącznie na systematyczne obniżenie aktywacji ciała migdałowatego (Buhle i in., 2013). Wyniki drugiej metaanalizy, opartej zarówno o wyniki fMRI jak i PET (pozytonowa tomografia emisyjna) potwierdzają, iż w procesie reinterpretacji biorą udział DLPFC, VLPFC, ACC oraz rejony odpowiedzialne za przeżywane emocje (również przede wszystkim ciała migdałowate). Na podstawie wyników tej ostatniej metaanalizy, autorzy dokładniej (i nieco odmiennie niż wcześniej zakładano) opisują udział poszczególnych struktur aktywowanych poprzez reinterpretację (Kohn i in., 2014). Wskazują, iż VLPFC nie odzwierciedla procesów regulacyjnych per se, a wyłącznie sygnalizuje potrzebę regulacji emocji. Zapotrzebowanie to jest przekazywane do DLPFC, która stanowi nadrzędną i główną strukturę w generowaniu nowych interpretacji bodźców i sprawowaniu kontroli emocji. Choć anatomicznie DLPFC posiada wiele połączeń umożliwiających modyfikację różnego rodzaju reakcji i zachowań, to nie posiada ona połączeń z ciałem migdałowatym (Cieslik i in., 2013). Dlatego też, autorzy postulują iż wpływ DLPFC na ciało migdałowate jest zapośredniczony poprzez ACC (Ray i Zald, 2012). Tym samym, autorzy wskazują na nadrzędną funkcję DLPFC w reinterpretacji.

Dodatkowych dowodów na kluczową rolę DLPFC w reinterpretacji dostarczają badania z użyciem metodologii EEG i potencjałów wywołanych (evoked response potentials, ERP) oraz badania wykorzystujące metody stymulacyjne. Choć metodologię

ERP do badania procesów reinterpretacji po raz pierwszy zastosowano kilka lat później niż fMRI (Hajcak & Nieuwenhuis, 2006), udało się wykazać (i wielokrotnie potwierdzić), iż reinterpretacja obniża emocjonalną odpowiedź mózgu, mierzoną komponentem LPP (np. Hajcak, MacNamara i Olvet, 2010; Moser, Most i Simons, 2010; Wyczesany i Ligeza, 2017).⁷ Co ciekawe, zbliżona redukcja komponentu LPP została zaobserwowana podczas wybiórczej stymulacji DLPFC. Wynik ten może wspierać kluczową rolę tej struktury w obniżaniu odczuwanych emocji w trakcie stosowania reinterpretacji poznawczej (Hajcak i in., 2010).

Podsumowując, w reinterpretację poznawczą jest zaangażowanych wiele struktur kory przedczołowej, wśród których najczęściej postuluje się udział: VLPFC, DLPFC, ACC. Prawdopodobnie nadrzędną i najważniejszą strukturą jest tutaj DLPFC, a pozostałe regiony pełnią rolę pomocniczą. Z drugiej strony, użyciu strategii towarzyszy obniżenie aktywności rejonów związanych z przeżywaniem emocji – w szczególności jednak wpływ ten uwidocznił się w modulacji ciała migdałowatego.

1.2.2. Teoria mechanizmu reinterpretacji poznawczej

Jak wspomniano powyżej, z dostępnych danych wydaje się, iż kluczową i nadrzędną strukturą w reinterpretacji poznawczej pełni grzbietowo-boczna kora przedczołowa (dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC). Panująca na gruncie literatury teoria mechanizmu reinterpretacji postuluje zatem związek reinterpretacji z aktywacją DLPFC (Kohn i in., 2014; Ochsner i in., 2012; Öner, 2018). Zgodnie z nią, DLPFC umożliwia nadanie nowego znaczenia bodźcowym, a w efekcie obniża aktywność „emocjonalnych części mózgu” (Delgado, Nearing, LeDoux i Phelps, 2008). Postuluje się tutaj zatem wolicjonalny, odgórny wpływ (tzw. top-down) struktury związanej z

⁷ Więcej o komponencie LPP przedstawione zostanie w części eksperymentalnej niniejszej rozprawy.

wyższymi funkcjami psychicznymi na bardziej podstawowe procesy związane z automatycznym powstawaniem emocji.

Choć z pewnością zaproponowany mechanizm w znaczącym stopniu ma związek ze zjawiskiem reinterpretacji, coraz więcej badań sugeruje, że taka aktywacja jedynie towarzyszy implementacji strategii i nie tłumaczy mechanizmu jej działania. Przede wszystkim, zwrócić uwagę należy na bardzo wiele funkcji jakie DLPFC pełni w różnego rodzaju procesach poznawczych. Rzeczywiście, powtarzalne wzorce aktywności mózgowej związane z reinterpretacją są bowiem zbieżne z tymi obecnymi podczas innych form kontroli emocji, takimi jak na przykład supresja czy dystrakcja (Goldin i in., 2008; Kalisch, 2009; Silvers i in., 2014). Co więcej, są zbieżne z aktywacjami mózgu obecnymi podczas zadań poznawczych niezwiązanych z kontrolą emocjonalną, a wykonywanych na emocjonalnym materiale (Van Dillen, Heslenfeld i Koole, 2009). Na przykład, gdy uczestnicy badań wykonują proste zadanie arytmetyczne podczas prezentacji negatywnych zdjęć, aktywacji DLPFC, podobnie jak w przypadku reinterpretacji, towarzyszy obniżenie aktywacji ciała migdałowatego. Wskazuje to, iż pewne, podstawowe odgórne wpływy DLPFC występujące we wszystkich tego typu zadaniach są wspólne i to one same w sobie mogą obniżać negatywność przeżywanych emocji, a te specyficzne dla reinterpretacji procesy, świadczące o jej unikalnych właściwościach, pozostają nadal niejasne.

1.2.3. Teoretyczno-metodologiczne przeszkody badania reinterpretacji

Fakt, iż pomimo wielu istniejących badań, nadal nie znamy mechanizmu działania reinterpretacji można wyjaśnić trudnościami w eksplorowaniu jej mechanizmu. W procesie badawczym reinterpretacji, można upatrywać się błędów w definiowaniu zjawiska (zbyt uproszczona, redukcjonistyczna definicja), w wykorzystywanych metodach badawczych (ograniczanie się przede wszystkim do narzędzia fMRI) czy w

samym układzie eksperymentalnym (nieoptymalny warunek kontrolny). Poniżej przedstawię te problemy bardziej szczegółowo.

Definicja zjawiska. W dotychczasowych badaniach, reinterpretacja była definiowana jako jednoetapowy proces zmiany interpretacji bodźca (Ochsner i Gross, 2005). Wszystkie teorie postulują zatem, iż skuteczność reinterpretacji wiąże się z procesem wygenerowania i zastosowania do bodźca nowej interpretacji, a mechanizmowi skuteczności strategii służą struktury i procesy top-down umożliwiające tę operację. Należy jednak zauważyć, iż podczas reinterpretacji aktywowana jest cała seria procesów – nie tylko tych związanych z nadaniem bodźcowi nowego znaczenia – ale również bardziej ogólnych procesów uwagowo-poznawczych. Zgodnie z wiedzą na temat przetwarzania bodźców emocjonalnych (Olofsson, Nordin, Sequeira i Polich, 2008), na wstępie, emocjonalny bodziec musi zostać przetworzony przez system uwagowy, a następnie, musi on zostać zelaborowany (przetworzony) przez system poznawczy - jego treść musi zostać opracowana i zrozumiana pod kątem aktualnej sytuacji. Etapy te, choć niespecyficzne dla zadania reinterpretacji, są nierozzerwalnie związane z zadaniem reinterpretacji i mogą mieć wpływ na jej działanie. Co więcej, za wszystkie tego typu procesy mogą odpowiadać odgórne wpływy pochodzące z DLPFC, które jest odpowiedzialne m.in. za sterowanie uwagą, kontrolę poznawczą czy ogólnie pojętą kontrolę reakcji i zachowań. A zatem, oddziaływania DLPFC mogą odzwierciedlać się zarówno już na wczesnych uwagowo-poznawczych etapach działania reinterpretacji, jak i podczas jej finalnego etapu, czyli nadania bodźcowi nowego znaczenia. W tym sensie reinterpretacja jest raczej wieloetapowym i dynamicznym procesem aniżeli wyizolowanym procesem nadania nowego znaczenia.

Metoda badawcza. Najbardziej popularną metodą badania reinterpretacji jest fMRI, która cechuje się bardzo niską rozdzielczością czasową. W efekcie, niemożliwym jest

uchwycenie krótkich, dynamicznych i przemijających zmian. Kolejne skany są pozyskiwane średnio co około sekundę, co sprawia, że nie jest możliwe wyodrębnienie poszczególnych etapów reinterpretacji, których dynamika zmian znacząco przewyższałaby możliwości fMRI. Stanowi to metodologiczne wyjaśnienie, dlaczego w dotychczasowych badaniach nigdy nie rozgraniczono poszczególnych etapów reinterpretacji. Co więcej, przy jednoczesnym zaniechaniu badań innych strategii kontroli emocji, długi czas nie było jasne, iż osiągnięte dzięki fMRI efekty są tożsame z efektami obserwowanymi podczas stosowania innych strategii kontroli emocji czy nawet innych zadań poznawczych wykonywanych na materiale emocjonalnym (a zatem mogły być wynikiem działania bardziej podstawowych procesów). W końcu, zważywszy na fakt, iż wnioskowanie na temat wyników osiągniętych dzięki fMRI jest zapośredniczone w reakcji hemodynamicznej, otrzymywane wyniki mają charakter jedynie korelacyjny. Dlatego też, efekty modulacyjne DLPFC na podlegające struktury nie doczekały się przyczynowego wyjaśnienia. Obie wyżej wymienione poznawcze luki możliwe są do wypełnienia dzięki zastosowaniu zaawansowanych metod analizy EEG. Pozwalają one na badanie kauzalnych zależności, a także śledzenie kierunku i dynamiki zmian związanych z komunikacją mózgową (ang. functional connectivity).

Układ eksperymentu. Powyższe problemy potęgowane są błędami w samym projekcie eksperymentu, które dotyczą nieoptymalnego zróżnicowania warunków eksperymentalnych. Najczęściej, osoby z warunku eksperymentalnego prosi się o aktywną reinterpretację widzianych treści, a osoby z grupy kontrolnej o bierne oglądanie emocjonalnych treści. Udział uwagowo-poznawczych procesów, poprzedzających nadanie bodźcowi nowego znaczenia może znacząco różnić się w warunku kontrolnym i eksperymentalnym: na przykład, mając zamiar dokonać reinterpretacji prezentowanych treści musimy je wcześniej głębiej zrozumieć, aniżeli w przypadku, gdy mamy te treści

po prostu biernie percypować. W efekcie, warunki kontrolne i eksperymentalne mogą różnić się nie tylko specyficznym dla reinterpretacji nadaniem bodźcowi nowego znaczenia, ale również występowaniem w warunku eksperymentalnym innych, niespecyficznych procesów przetwarzania bodźca emocjonalnego. Taki, popularny w literaturze, projekt eksperymentu, stoi w sprzeczności z kanonem jednej różnicy w dywersyfikowaniu warunków kontrolnego i eksperymentalnego.

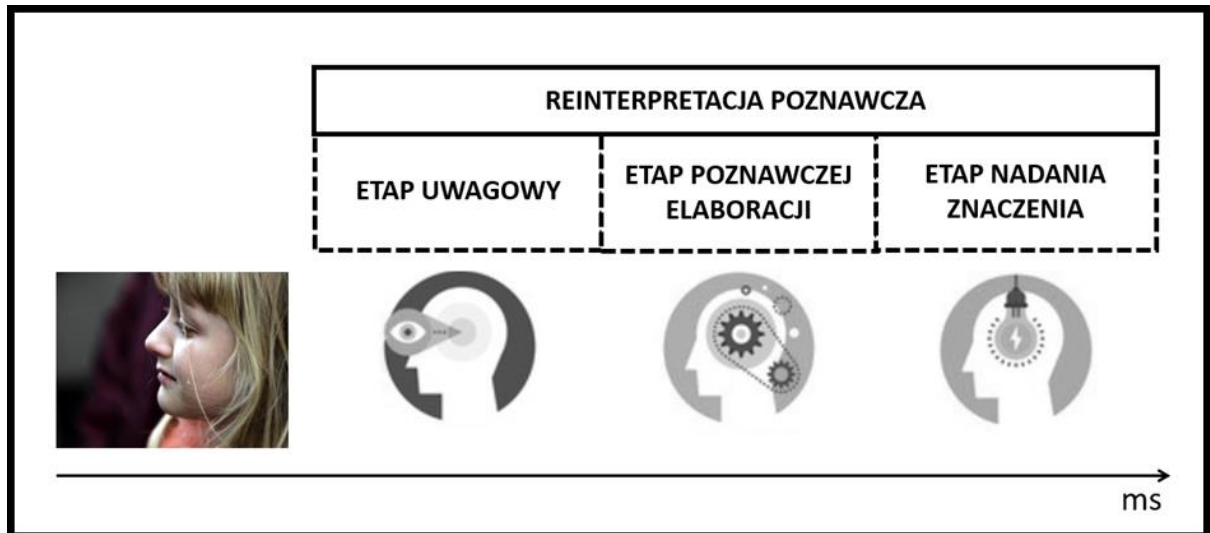
W obliczu przedstawionych powyżej wątpliwości natury teoretycznej oraz metodologicznej, wydaje się, że przezwycięzenie opisanych powyżej przeszkód pozwoli dogłębnie poznać mechanizm reinterpretacji. Intrygującym jest, iż pomimo ogromnego znaczenia tych problemów dla zrozumienia mechanizmu reinterpretacji, w literaturze przedmiotu nie poświęcono im należytej uwagi.

1.2.4. Podjęcie do badania reinterpretacji w niniejszej rozprawie

Sposobem na przezwycięzenie powyższych problemów jest przyjęcie założenia o wieloetapowości procesu reinterpretacji, użycie miary o najwyższej rozdzielczości czasowej oraz wprowadzenie modyfikacji do projektu eksperymentu, dzięki czemu możliwe będzie lepsze poznanie mechanizmu działania reinterpretacji.

W niniejszej rozprawie doktorskiej założyłem, iż proces reinterpretacji jest dynamiczny i składa się z trzech głównych etapów, odpowiadającym trzem głównym etapom przetwarzania bodźca emocjonalnego (Olofsson i in.. 2008). Jak wspomniano wcześniej, zanim bodźcowi emocjonalnego, w toku reinterpretacji, zostanie nadane nowe znaczenie (etap nadania znaczenia), najpierw musi on zostać zarejestrowany przez system uwagowy (etap uwagowy), a następnie przetworzony przez system poznawczy (etap poznawczej elaboracji). Wszystkie te etapy mogą odgrywać odmienną rolę w mechanizmie działania reinterpretacji. Schemat założonej dynamiki procesu reinterpretacji przedstawia rycina 2. Pomimo, iż jedynie trzeci etap jest specyficzny dla

reinterpretacji, dotychczasowe badania nie rozgraniczały poszczególnych etapów reinterpretacji i wszelkie efekty użycia reinterpretacji przypisywano jedynie etapowi nadania znaczenia.



Rycina 2. Założony przez autora dynamizm procesu reinterpretacji. Choć w literaturze proces reinterpretacji poznawczej sprowadza się wyłącznie do etapu nadania znaczenia, w swojej rozprawie doktorskiej zakładam, iż zanim możliwa jest realizacja tego etapu, miejsce mają bardziej podstawowe procesy uwagowo-poznawcze, które same w sobie mogą odgrywać istotną rolę w mechanizmie działania reinterpretacji. Zakładana jest wysoka dynamika tego procesu, sięgająca milisekund.

Sposobem umożliwiającym oddzielenie poszczególnych etapów reinterpretacji jest zastosowanie odpowiedniej metody badawczej. Technika o wysokiej rozdzielczości czasowej jest elektroencefalograf (EEG), umożliwiający śledzenie aktywności mózgu praktycznie w czasie rzeczywistym (częstotliwość próbkowania przewyższa możliwości fMRI około 1000-krotnie). Dotychczasowe badania nad reinterpretacją poznawczą z użyciem EEG opierają się jednak wyłącznie o klasyczne, podstawowe metody analizy, które znacząco ograniczają możliwość wnioskowania, a schemat doboru warunku kontrolnego powiela ten, stosowany w badaniach fMRI. W efekcie, dostępne badania są nieliczne, a konkluzje z nich płynące nie wzbogacają wiedzy na temat mechanizmu reinterpretacji (np. Hajcak, MacNamara i Olvet, 2010; Hajcak i Nieuwenhuis, 2006). Jak wspomniano wcześniej, na ich podstawie wnioskuje się o zmniejszeniu odpowiedzi

mózgu na emocjonalne bodźce w trakcie użycia reinterpretacji. Dlatego też, oprócz użycia innej niż fMRI techniki badawczej należy zmodyfikować powszechnie wykorzystywany schemat eksperymentalny – poprzez dodanie warunku eksperymentalnego, który pozwoli na uchwycenie etapu poznawczej elaboracji bez etapu nadania nowego znaczenia.

1.3. Cel i pytania badawcze pracy doktorskiej

Niniejsza praca doktorska ma charakter badań podstawowych, a jej punkt ciężkości został położony na szczegółową eksplorację mechanizmu działania reinterpretacji poznawczej. W szczególności, zaplanowano przyjrzeć się roli poszczególnych etapów reinterpretacji poznawczej, jakie przypuszczalnie będą składać się na efekty jej stosowania. Oprócz postulowanego w literaturze wpływu działania procesu nadania nowego znaczenia bodźcowi, uwzględniona została rola procesów uwagowych oraz poznawczych, które poprzedzają etap nadania bodźcowi nowego znaczenia, a które to nie były nigdy wcześniej uwzględnione w eksploracji mechanizmu reinterpretacji poznawczej. Biorąc pod uwagę ogólną funkcję DLPFC w różnego rodzaju procesach poznawczych, spodziewam się, iż jego aktywacja w warunku reinterpretacji odzwierciedla nie tylko etap nadania bodźcowi nowego znaczenia, ale także inne procesy uwagowo-poznawcze, umożliwiające reinterpretację.

W swoich badaniach założyłem, iż poszczególne etapy reinterpretacji (etap uwagowy, poznawczej elaboracji, nadania nowego znaczenia) wnoszą oddzielny, addytywny wkład w istotę działania reinterpretacji. Założyłem zatem synergiczne działanie procesów uwagowych, poznawczej elaboracji oraz procesów nadania nowego znaczenia bodźcowi emocjonalnemu. By możliwym stało się oszacowanie wpływu każdego z nich na mechanizm działania reinterpretacji, w niniejszej pracy doktorskiej szczególny nacisk

został położony na zastosowanie zaawansowanych miar fizjologicznych w połączeniu z nowatorskim projektem eksperymentów tak by móc odseparować poszczególne procesy składające się działanie reinterpretacji poznawczej.

Do realizacji celów rozprawy doktorskiej przeprowadzono trzy eksperymenty z użyciem metodologii EEG. Celem tych eksperymentów była odpowiedź na kolejne pytania badawcze:

1. Czy oddziaływania reinterpretacji poznawczej mogą dotyczyć uwagowych procesów przetwarzania bodźca? (eksperyment 1) (Ligeza, Wyczesany, Tymorek i Kamiński, 2016). Spodziewałem się, iż działanie reinterpretacji może uwidaczniać się już na bardzo wczesnym etapie przetwarzania bodźca emocjonalnego i jej odgórny wpływ widoczny będzie w modulacji procesów uwagowych pochodzącej ze struktury DLFPC.

2. Czy samo zaangażowanie odgórnych procesów uwagowych dokonanych na materiale emocjonalnym, może mieć działanie zbliżone do działania reinterpretacji (eksperyment 2) (Ligeza, Tymorek i Wyczesany, 2017)? W przypadku pozytywnej odpowiedzi na pierwsze pytanie badawcze (uwidocznionego wpływu reinterpretacji poznawczej na procesy uwagowe), spodziewałem się, iż samo zaangażowanie prostych odgórnych procesów uwagowych może obniżyć stopień w jakim przetwarzany jest bodziec emocjonalny.

3. Czy obserwowana w badaniach nad reinterpretacją poznawczą redukcja odpowiedzi emocjonalnej w warunkach eksperymentalnych może wiązać się z

niespecyficznym zaangażowaniem procesów poznawczych elaboracji bodźca emocjonalnego? (eksperyment 3) (Wyczesany i Ligeza, 2017). Spodziewałem się, iż aktywność poznawcza, która towarzyszy zadaniu reinterpretacji może, sama w sobie, obniżyć przetwarzanie bodźca emocjonalnego, nawet jeśli temu bodźcowi nie zostało nadane nowe znaczenie.

2. Eksperyment 1 – wpływ reinterpretacji poznawczej na procesy uwagowe⁸

2.1. Wstęp

2.1.1. Tło

W literaturze przedmiotu bardzo dobrze opisane jest działanie reinterpretacji poznawczej uwidocznione w ogólnym wpływie grzbietowo-bocznej kory przedczołowej (ang. dorso-lateral prefrontal cortex, DLPFC) na mózgowie rejony związane z przetwarzaniem emocji (patrz część 1.2.1. i 1.2.2.). Nie wiadomo jednak, czy wpływ ten mógłby obejmować również rejony sieci uwagowych, będących substratem założonego przeze mnie uwagowego etapu reinterpretacji. Takiego wpływu należałoby się również spodziewać, gdyż DLPFC jest strukturą odpowiedzialną m.in. za kontrolę uwagi.

2.1.2. Systemy uwagi

Badając procesy uwagowe zasadne wydaje się odniesienie do najbardziej popularnego modelu opisującego działanie systemu uwagowego. Model ten opisuje dwie, funkcjonalnie i anatomicznie niezależne sieci: grzbietową sieć uwagi (ang. dorsal attentional network, DAN) oraz brzuszную sieć uwagi (ang. ventral attentional network, VAN) (Corbetta, Patel i Shulman, 2008; Corbetta i Shulman, 2002). Aktywność grzbietowej sieci uwagi jest związana ze świadomą koncentracją uwagi na wykonywanych czynnościach, które są zgodne z aktualnymi celami. Na przykład sieć jest aktywna wtedy, gdy czytamy i świadomie koncentrujemy naszą uwagę na tekście. Grzbietowa sieć uwagi może wywierać wpływ na przetwarzanie bodźca i jej

⁸ Patrz również: Ligeza, T. S., Wyczęsany, M., Tymorek, A. D. i Kamiński, M. (2016). Interactions Between the Prefrontal Cortex and Attentional Systems During Volitional Affective Regulation: An Effective Connectivity Reappraisal Study. *Brain Topography*, 29(2), 253–261.

oddziaływania mogą sięgać bardzo podstawowych obszarów percepcyjnych (Ruff i in., 2008). Anatomicznie, grzbietowa sieć uwagi obejmuje okolice bruzdy śródcieniowej (interparietal sulcus, IPS) a także obszary czołowego pola oka (frontal eye field, FEF).

Brzuszna sieć uwagi jest aktywowana, gdy wykrywane są w otoczeniu bodźce o dużym znaczeniu, na których jednak uwaga nie była wcześniej skoncentrowana. Na przykład, gdy czytamy tekst, a ktoś wykrzyknie nasze imię, nasza uwaga, za sprawą brzusznej sieci uwagi, może automatycznie zostać skierowana w kierunku źródła dźwięku. Brzuszna sieć uwagi jest zatem w większym stopniu związana z oddolnymi wpływami, mogącymi regulować uwagę spontanicznie. Należy jednak wskazać, iż działanie brzusznej sieci może pozostawać pod wpływem grzbietowej sieci, a zatem, w pewnym stopniu, podlega ona również świadomej kontroli. Na przykład, jeżeli jesteśmy bardzo mocno skoncentrowani na czytaniu tekstu, możemy nie usłyszeć wołania naszego imienia. Stałoby się tak za sprawą grzbietowej sieci uwagi, która może modulować (w tym wypadku hamować) działanie brzusznej sieci (Viviani, 2013). Anatomicznie, brzuszna sieć uwagi obejmuje prawy dolny zakręt czołowy (ang. right inferior frontal gyrus, RIFG) oraz prawy styk skroniowo ciemieniowy (ang. right tempoparietal junction, RTPJ).

Badając wpływ struktury związanej z reinterpretacją poznawczą (DLPFC) na procesy uwagowe, należałoby się spodziewać, iż będzie on się przejawiał przede wszystkim we wpływie na grzbietową sieć uwagi (ponieważ reinterpretacja jest procesem wolicjonalnym), ale również wpływ ten będzie zauważalny w przypadku brzusznej sieci uwagi (ponieważ wolicjonalne wysiłki mogą modulować również działanie brzusznej sieci uwagi). Istotnym z punktu widzenia działania uwagi i możliwości modyfikacji procesów uwagowych podczas reinterpretacji są nie tylko same obszary stricte związane z sieciami uwagowymi, ale również obszary potyliczne, stanowiące substrat

najwcześniejszych etapów sensorycznego przetwarzania bodźców (Corbetta i Shulman, 2002). Jak wspomniano wcześniej, pozostają one pod wpływem grzbietowej sieci uwagi i ich modulacji można również spodziewać się w przypadku działania reinterpretacji poznawczej.

2.1.3. DTF jako metoda umożliwiająca szacowanie interakcji między korowymi regionami

Celem eksperymentu numer 1 było sprawdzenie możliwości występowania oddziaływań pomiędzy obszarami związanymi z użyciem reinterpretacji poznawczej (grzbietowo-boczna kora przedczołowa, dorso-lateral prefrontal cortex, DLPFC) a obszarami zaangażowanymi w sieci uwagi i wczesne etapy przetwarzania bodźców (odpowiednio: bruzda śródcieniowa, interparietal sulcus, IPS; prawy dolny zakręt czołowy, right inferior frontal gyrus RIFG; prawy styk skroniowo-cieniowy, RTJ; obszar potyliczny, occipital cortex OCC). Do realizacji tego celu użyto zaawansowanych analiz sygnału EEG, a konkretnie, Skierowanej Funkcji Przenoszenia (Kaminski i Blinowska, 1991, *Directed Transfer Function*; DTF). Metoda DTF pozwala na oszacowanie kierunku i siły przepływu informacji pomiędzy zdefiniowanymi wcześniej obszarami korowymi. Dzięki temu, iż sygnał EEG odzwierciedla bezpośrednią aktywność neuronów, metoda umożliwia szacowanie interakcji w sposób bezpośredni i wyciąganie przyczynowych wniosków. Do niewątpliwych zalet metody DTF można zaliczyć także względną odporność na zjawisko *volume conductance* (Kaminski i Blinowska, 2014, 2017). Jak wiadomo, ze względu na różne właściwości przewodzenia pola elektrycznego przez różne tkanki mózgu, czaszki i skóry głowy, dokładność przestrzenna pomiaru EEG jest mocno ograniczona. W przypadku metody DTF, szacowanie przepływu informacji oparte jest na różnicach fazowych pomiędzy elektrodami, co znacząco poprawia dokładność pomiaru przestrzennego względem klasycznych metod analiz sygnału EEG.

Lepsze właściwości lokalizacyjne metody, zostały niejednokrotnie potwierdzone z użyciem zróżnicowanych metod neuroobrazowania (Brzezicka, Kamiński, Kamiński i Blinowska, 2011; Papadopoulou, Friston i Marinazzo, 2015). Zgodnie z moją wiedzą żadne wcześniej opublikowane badanie nie wykorzystało tej metody do oszacowania skutków użycia reinterpretacji poznawczej. Żadne wcześniejsze badanie nie analizowało również możliwości wpływu reinterpretacji poznawczej na wczesne, percepcyjne i uwagowe etapy przetwarzania bodźca emocjonalnego.

Aby możliwe było oszacowanie wzorców komunikacji mózgowej, specyficznych dla zadania reinterpretacji poznawczej, w eksperymencie zastosowano klasyczny warunek reinterpretacji poznawczej (nadawanie nowego znaczenia negatywnym treściom), który został skonstrastowany z warunkiem biernego oglądania negatywnych treści. Oprócz głównej struktury, związanej z reinterpretacją (DLPFC), analizowano również wpływy pochodzące z dwóch dodatkowych struktur, które często raportowane są jako struktury mające udział w różnych sposobach kontroli emocji, chociaż ich rola w reinterpretacji nie jest tak kluczowa: przedni zakret obręczy (anterior cingulate cortex, ACC) oraz korę oczodołową (orbitofrontal cortex, OFC) (Buhle i in., 2013). W przypadku tych dodatkowych struktur, nie spodziewano się zaobserwować modulacji obszarów uwagowych.

2.1.4. Przewidywania

Postawiono hipotezę, że warunek reinterpretacji poznawczej, w porównaniu z warunkiem kontrolnym, będzie wiązał się ze zwiększoną komunikacją między DLPFC a rejonami uwagowymi i percepcyjnymi. Założono, że kierunek tej zależności uwidoczni się we wpływie od DLPFC do rejonów uwagowo-percepcyjnych i będzie dotyczył zarówno grzbietowej, jak i brzusznej sieci uwagowej.

2.2. Procedura i materiały

Przeprowadzona procedura była zgodna z dyrektywami Deklaracji Helsińskiej (z 1975 r., rewizja w 2000 r.) i zatwierdzona przez Komisję ds. Etyki Badań Naukowych Instytutu Psychologii Uniwersytetu Jagiellońskiego. Rekrutacja osób badanych odbyła się przy użyciu ogłoszeń na portalach internetowych. Po zakwalifikowaniu do badań, wszyscy uczestnicy zostali ostrzeżeni, że podczas procedury będą prezentowane klipy filmowe, które mogą zawierać negatywne treści i czasowo powodować pogorszenie nastroju. W badaniu uczestniczyły 33 kobiety (mediana wieku: 21, zakres: 18-33), po podpisaniu pisemnego formularza świadomej zgody na udział w badaniu. Wszystkie uczestniczki, w momencie przeprowadzania eksperymentu, nie przyjmowały żadnych leków, nie zgłaszały żadnych zaburzeń neurologicznych czy nadużywania jakichkolwiek substancji psychoaktywnych. Wzrok wszystkich uczestniczek był bez wad lub ewentualne wady były skorygowane.

Podczas procedury, uczestniczki badania zostały zaproszone do klimatyzowanej, dźwiękoszczelnej kabiny i poproszone o zajęcie miejsca przy biurku, przed monitorem LCD o przekątnej 24 cali. Oczy uczestniczek badania znajdowały się około 70cm od ekranu monitora. W celu rejestracji sygnału EEG, uczestniczkom badania zamontowano sprzęt EEG Biosemi ActiveTwo z 64 elektrodami, umieszczonymi w elastycznym czepku według standardu lokalizacji 10-20. Dodatkowo, uczestniczkom badania przyklejono do skóry twarzy dodatkowe 4 elektrody, umieszczone poniżej i powyżej prawego oka oraz przy zewnętrznym kącie obu oczu. Elektrody te służyły rejestracji horyzontalnego i wertykalnego elektrookulogramu (EOG). Kolejne dwie elektrody zostały umieszczone na skórze kości mastoidowych.

Przed docelową sesją badawczą, uczestniczki badania przeszły szczegółowy trening z użycia reinterpretacji. W tym celu, uczestniczkom badania prezentowano

zdjęcia o negatywnej treści pochodzące ze standaryzowanej bazy obrazów emocjonalnych NAPS (Marchewka, Żurawski, Jednoróg i Grabowska, 2013). Eksperymentator trenował uczestniczki w generowaniu bardziej pozytywnych interpretacji przedstawionych zdjęć przy użyciu trzech konkretnych strategii reinterpretacji. Aby zmniejszyć negatywność uczuć, uczestniczki były trenowane w użyciu następujących strategii reinterpretacyjnych: 1) zaprzeczanie realności zaprezentowanych treści (np. wyobrażanie sobie, że zaprezentowane zdjęcia przedstawiają wyłącznie grających aktorów filmowych lub są wygenerowanym komputerowo fotomontażem), 2) przyjęcie perspektywy trzecioosobowej (np. uczestniczki na zaprezentowane zdjęcie z operacji medycznej mogły spojrzeć okiem chirurga, zastanawiając się jaka jest rola zaprezentowanych narzędzi) 3) wyobrażanie pozytywnych konsekwencji zaprezentowanych treści (np. widząc scenę wypadku samochodowego, uczestniczki mogły sobie wyobrażać, iż żadnemu z poszkodowanych nie stało się nic poważnego) (strategie te zostały wyróżnione i szerzej opisane przez Ochsnera i Gross (2005). Uczestniczki mogły swobodnie i naprzemiennie korzystać z tych strategii, tak aby obniżyć negatywność odczuwanych uczuć w najbardziej efektywny sposób.

Podczas sesji treningowej, uczestniczki zostały poproszone o dokonanie próby reinterpretacji kilku zdjęć, a następnie, w kolejnych próbach, były proszone o ustną werbalizację swoich reinterpretacji. Dzięki temu eksperymentator mógł weryfikować oraz odpowiednio kształtować użycie reinterpretacji przez uczestniczki badania. Do treningu zdecydowano się użyć statycznych zdjęć (zamiast zaprezentowanych w eksperymencie klipów filmowych), by ułatwić proces nauki reinterpretacji. Po kilkunastu próbach (średnio 12), gdy uczestniczki badania wykazywały umiejętne i swobodne korzystanie ze strategii, przechodzono do kolejnego etapu treningu. Podczas niego, uczestniczki badania uczono znaczenia prezentowanych w trakcie eksperymentu wskazówek, które stanowiły o

warunkach eksperymentu. Uczestniczki poinstruowano, iż jeżeli na ekranie pojawia się słowo “kontroluj”, mają dokonać reinterpretacji zaprezentowanych później treści, a gdy na ekranie pojawia się słowo “oglądaj” - mają po prostu patrzeć na zaprezentowaną później treść i reagować w sposób naturalny, nie regulując własnych odpowiedzi emocjonalnych. Sesja treningowa trwała do momentu, aż wszystkie uczestniczki oświadczyły, że są gotowe do rozpoczęcia głównej części eksperymentu (z użyciem klipów filmowych), a eksperymentator był pewien, iż uczestniczki badania w pełni rozumieją przedstawione im instrukcje. Przed rozpoczęciem samej sesji eksperymentalnej, uczestniczki badania zostały poproszone o wdrażanie strategii dopiero po tym, jak klip filmowy pojawi się na ekranie. Poproszone zostały również, aby w pełni oglądały zawartość klipu, nie zamykając oczu ani nie odwracając od niego wzroku (zastrzeżono tutaj jednak, że gdyby któryś z klipów okazał się zbyt obciążający emocjonalnie, istnieje możliwość nie patrzenia na niego i poinformowanie o tym fakcie eksperymentatora po zakończonej sesji badawczej).

Do głównej sesji badawczej wybrano trzydzieści sześć 20-sekundowych klipów filmowych, które były zrównoważone względem ich zawartości: 12 neutralnych klipów (normalne jedzenie, ludzie w codziennych czynnościach lub zwyczajne relacje, zwierzęta, zabiegi kosmetyczne, neutralne krajobrazy) i 24 negatywnych klipów (wzbudzające wstręt jedzenie, ludzie w sytuacjach zagrażających życiu, okaleczeni ludzie, ubój zwierząt, zabiegi chirurgiczne, wypadki komunikacyjne). Klipy zostały wyselekcjonowane przez trzech sędziów kompetentnych na podstawie selekcji filmów zamieszczonych na witrynie youtube.com. Wcześniej ustalono kategorie interesujących filmów, a następnie do każdej z 9 dziewięciu kategorii treściowych wyselekcjonowano około 12 filmów. Ostatecznie wybrano po 4 filmy do każdej z kategorii treściowej, które

uznano za najbardziej spójne treściowo i wzbudzające odpowiednio silne negatywne uczucie.

Procedura eksperymentalna była kontrolowana poprzez oprogramowanie PsychoPy 1.73 (Peirce, 2008). Przed zaprezentowaniem klipu, przez 2s wyświetlana była na środku ekranu wskazówka: słowo „OGLĄDAJ” lub „KONTROLUJ”. Następnie, klipy prezentowane były losowo w trzech różnych blokach, stanowiących o poszczególnych warunkach eksperymentu: NEU (pasywne oglądanie neutralnych klipów), NEG (pasywne oglądanie negatywnych klipów) i REINT (reinterpretacja negatywnych klipów). Każdy blok składał się z czterech klipów. Podczas klipów wyświetlana była dodatkowa wskazówka przypominająca uczestnikom o aktualnych warunkach eksperymentalnych. Wokół klipu prezentowana była niebieska lub żółta ramka wskazująca odpowiednio na konieczność biernego oglądania lub reinterpretowania klipów. Klipy zostały zaprezentowane w blokach, aby zminimalizować ryzyko dodatkowych aktywacji mózgowych związanych z wysiłkiem przełączania się między zadaniami. Na końcu każdego bloku uczestniczki badania były proszone o ocenę ich aktualnego nastroju. W tym celu, zostały kolejno wyświetlone 3 wzrokowo-analogowe, bipolarne skale odnoszące się do trzech aspektów przeżywanego nastroju: skala walencji („jak się czujesz: negatywnie/pozytywnie?”), skala intensywności („jak bardzo czujesz się pobudzona: w ogóle nie pobudzona/bardzo pobudzona?”), skala dominacji („jak bardzo czujesz że dominujesz nad otoczeniem: kontroluję otoczenie/czuje się całkowicie zdominowana przez otoczenie”). Każda ze skal miała charakter ciągłej linii, której konkretne punkty przyjmowały wartość od 0-100.

Dodatkowo, po zakończonej procedurze, uczestniczki badania zostały poproszone o zgłoszenie wszelkich problemów w reinterpretacji poszczególnych klipów.

2.3. Analiza danych

Zgodnie z dotychczasową literaturą założono, że efekty reinterpretacji będą widoczne w kontraście warunku reinterpretacji (REINT) minus warunku biernego oglądania klipów (NEG) (warunki te różniły się wyłącznie typem instrukcji przekazanej dla uczestniczek badania: reinterpretacji lub biernego oglądania negatywnych klipów).

2.3.1. Dane behawioralne

Aby porównać nastrój w warunku NEU, NEG i REINT przeprowadzono 3 serie trzech testów-t, osobno dla skali walencji, intensywności i dominacji, porównując każdą z par warunków. Nie zastosowano analizy ANOVA, ze względu na fakt, iż chciano zachować kompatybilność analiz behawioralnych z głównymi analizami DTF, przy których zastosowano również testy t lub kierunkowe kontrasty.

2.3.2. Analizy komunikacji mózgowej DTF

Do głównych analiz komunikacji mózgowej wykorzystano metodę DTF. Poniżej zaprezentowany zostanie najważniejszy aparat matematyczny leżący u jej podłoża oraz jej najistotniejsze cechy. Metoda DTF jest oparta na wielowymiarowym modelu autoregresji (MVAR). W podejściu tym zakłada się, że próbka danych w kanałach k i w czasie t może być wyrażona jako ważona suma p poprzednich próbek z dodanym składnikiem losowym:

$$\mathbf{X}(t) = \sum_{j=1}^p \mathbf{A}(j)\mathbf{X}(t-j) + \mathbf{E}(t)$$

gdzie $\mathbf{X}(t) = (X_1(t), X_2(t), \dots, X_k(t))^T$ jest wektorem wartości w danym czasie t ; $\mathbf{E}(t) = (E_1(t), E_2(t), \dots, E_k(t))^T$ jest wektorem wartości składowych losowych w czasie t . Macierze $\mathbf{A}(j)$ (o wielkości $k \times k$) to parametry modelu (lub współczynniki), a p to rząd modelu (model order)

Podejście to jest dobrze ugruntowane w analizie danych EEG i ma wiele zalet. Co najważniejsze, umożliwia skonstruowanie miary związków przyczynowych między sygnałami $X_i(t)$ w oparciu o koncepcję przyczynowości Grangera (Blinowska, Kuś i Kamiński, 2004). Granger przyczynowość definiuje w następujący sposób: sygnał Y jest przyczyną sygnału X , jeśli wartości sygnału X można lepiej przewidzieć przy użyciu poprzednich wartości zarówno sygnałów X i Y niż przy użyciu poprzednich wartości wyłącznie sygnału X . Dlatego też, oszacowania DTF uzyskane z użyciem parametrów MVAR interpretuje się jako relacje przyczynowo skutkowe. Inną zaletą podejścia MVAR jest fakt, iż uwzględnia ona cały zbiór sygnałów o wielu zmiennych w jednym modelu. Dzięki temu, analiza nie jest przeprowadzana oddzielnie dla każdej pary sygnałów (parami) a całościowo. W ten sposób unikamy problemów, które mogą powstać w przypadku obecności wspólnych źródeł w zbiorze sygnałów, co może prowadzić do błędnej interpretacji wyników (Kuś, Kamiński i Blinowska, 2004). Kolejną niewątpliwą zaletą metody, opisana już we wstępie jest relatywna odporność na zjawisko *volume conductance* (Kaminski i Blinowska, 2017), co znacząco poprawia rozdzielczość przestrzenną pomiaru w stosunku do klasycznej analizy EEG,

Model MVAR można przekształcić do dziedziny częstotliwości, gdzie przyjmuje on postać filtra liniowego H z szumem E na wejściu i sygnałem X na wyjściu:

$$X(f) = A^{-1}(f)E(f) = H(f)E(f)$$

$$H(f) = \left(\sum_{m=0}^p A(m)\exp(-2\pi imf\Delta t) \right)^{-1}$$

gdzie $\mathbf{X}(f)$, $\mathbf{A}(f)$ i $\mathbf{E}(f)$ są transformatą Fouriera odpowiednio $\mathbf{X}(t)$, $\mathbf{A}(j)$ and $\mathbf{E}(t)$; a macierz $\mathbf{H}(f) = \mathbf{A}^{-1}(f)$ to macierz transferu informacji. Więcej szczegółów metody można znaleźć w manuskrypcie twórców metody (Kamiński i Blinowska, (1991).

W niniejszym eksperymencie użyto funkcji DTF, która może być zdefiniowana w dziedzinie częstotliwości jako:

$$\gamma_{ij}^2(f) = \frac{|H_{ij}(f)|^2}{\sum_{m=1}^k |H_{im}(f)|^2}$$

gdzie $H_{ij}(f)$ są elementami macierzy transmitancji H . Znormalizowany DTF $\gamma_{ij}(f)$ opisuje wpływ przyczynowy kanału j na kanał i przy częstotliwości f . Powyższe równanie definiuje znormalizowaną wersję DTF, tworząc wartości stosunku między dopływem z kanału j do kanału i do wszystkich wpływów do kanału i .

2.3.3. Wstępna obróbka danych EEG

Wstępną obróbkę sygnału EEG (preprocessing) przeprowadzono przy użyciu oprogramowania EEGLab (wersja 12). Preprocessing danych rozpoczął się od zmniejszenie próbkowania sygnału do 128 Hz. Następnie, z sygnału wyekstrahowano pasma o częstotliwości beta za pomocą filtrów górnoprzepustowych równych 13 Hz oraz filtrów dolnoprzepustowych równych 30 Hz. Do analiz wybrano jedynie pasmo beta, ponieważ większość mózgowej komunikacji średnio-dystansowej (a więc takiej, która stanowiła przedmiot zainteresowania niniejszego eksperymentu) jest oparta właśnie na tym paśmie częstotliwości (Bastos i in., 2012; Vossel, Geng i Fink, 2014). Wybór tego pasma jest również uzasadniony dowodami, wskazującymi na kluczową rolę oscylacji beta w procesach uwagi wzrokowej (Gola, Magnuski, Szumska i Wróbel, 2013; Kamiński, Brzezicka, Gola i Wróbel, 2012; Kuś, J, Kamiński i Basińska-Starzycka, 2008; Wróbel, 2000) oraz poprzednimi badaniami mojego zespołu wskazującymi na decydujący udział oscylacji beta w komunikacji mierzonej metodą DTF (np. Wyczesany, Ferdek i Grzybowski, 2014; Wyczesany, Ligeza i Grzybowski, 2014).

Ponieważ, według zaleceń twórców metody, sygnał poddany analizie DTF nie powinien być modyfikowany za pomocą żadnego sposobu, który zmienia oryginalną strukturę korelacji zbioru danych, nie zastosowano żadnej metody korekcji artefaktów (Kaminski i Blinowska, 2014). Zamiast korekcji sygnału, zanieczyszczone artefaktami

fragmenty sygnału zostały odrzucone. W tym celu, 20-sekundowe fragmenty sygnału EEG, odpowiadające długości trwania każdego z klipu, zostały podzielone na 2 sekundowe odcinki, a następnie te odcinki zostały sprawdzone pod kątem występowania artefaktów. Do detekcji artefaktów zastosowano poniższe kroki. Po pierwsze, zastosowano niezależną analizę składników (independent component analysis ICA) w celu oddzielenia sygnału ruchu gałek ocznych, zidentyfikowanych za pomocą kryteriów rozkładu czaszki i charakterystyki czasowej (Jung i in., 2000). Odcinki, w których amplituda komponentów ocznych przekroczyła $30\mu\text{V}$, zostały odrzucone. Po drugie, odcinki, w których amplituda na dowolnej elektrodzie przekroczyła $100\mu\text{V}$ również zostały odrzucone (średnio 26,6 odcinków zostało odrzuconych na jednego uczestnika badań, głównie z powodu występowania artefaktów ocznych). Ponadto, wykluczono niektóre całe 20 sekundowe odcinki (czyli zapis towarzyszących konkretnym klipom filmowym), co do których uczestniczki badania, w końcowej ankiecie, zgłosiły problemy z użyciem reinterpretacji (średnio 1,33 filmu na uczestniczkę badań).

W celu upewnienia się, że pozostała długość danych po wszystkich powyższych etapach usuwania artefaktów była wystarczająca do wykonania modelowania MVAR, posłużono się następującym wzorem: $W \geq 10 * pM / N$ (gdzie: W - wymagany minimalny rozmiar zbioru w próbkach, p - porządek modelu, M - liczba kanałów i N - całkowita próbek, (Korzeniewska, Mańczak, Kamiński, Blinowska i Kasicki, 2003) i potwierdzono, iż pozostający sygnał jest wystarczający do przeprowadzenia analiz.

Ze względu na ograniczoną liczbę analizowanych rejonów mózgu, w dalszej analizie zredukowano zbiór jednocześnie analizowanych elektrod do 24 (zostały one wymienione w dalszym opisie).

2.3.4. Analiza danych EEG

Obliczenia DTF przeprowadzono za pomocą oprogramowania Multar (Uniwersytet Warszawski). Rząd modelu MVAR został ustawiony na 6, zgodnie z kryterium Akaike (AIC). Następnie określono wartości DTF. W celu porównania wzorców komunikacji dla dwóch warunków eksperymentalnych, wyniki DTF zostały zintegrowane w wybranym paśmie częstotliwości beta (13-30 Hz). Rozkłady wartości DTF zostały sprawdzone w celu zidentyfikowania i odrzucenia ewentualnych wartości odstających, przy użyciu wykresu skrzynkowego - odrzucono wartości powyżej 1.5 IQR (rozstępu międzykwartylowego).

Ze względu na zalecenia autorów co do stosowania możliwie najmniejszej ingerencji w oryginalną strukturę sygnału, analiz nie przeprowadzono na zrekonstruowanych źródłach a na elektrodach. Elektrody wybrano na podstawie atlasu mózgowego (Kaiser , 2007; Okamoto i in., 2004) według zdefiniowanych wcześniej rejonów zainteresowań (rois of interests, ROI). ROI te były związane zatem z kontrolą emocji, procesami uwagowymi oraz percepcyjnymi.

ROI związane z kontrolą emocji: kora oczodołowa (orbitofrontal cortex, OFC: AF7, AF8, FPz); lewa / prawa grzbietowo-boczna kora przedczołowa (left/right dorsolateral prefrontal cortex, LDL: F3, F5; RDL: F4, F6); przednia kora zakrętu obręczy (anterior cingulate cortex, ACC: FCz, Fz). ROI związane z brzuszny system uwagi lewa / prawa bruzda śródcieniowa (LIPS: CP1, P3, P1, RIPS: CP2, P4, P2). ROI związane z brzuszny system uwagi: prawy dolny zakręt czołowy (right inferior frontal gyrus, RIFG: F8, AF8); prawy styk skroniowo-cieniowy (RTPJ P6, P8, TP8). ROI związane z wzrokową percepcją: obszar potyliczny (Occ: O1, O2, PO3, PO4). Z analizy świadomie wyłączono strukturę FEF (frontal eye field, struktura związana z grzbietową siecią uwagi) ponieważ uznano, iż struktura ta znajduje się zbyt blisko DLPFC, co mogło

by powodować trudności interpretacyjne wyników. Pomimo pewnych obaw dotyczących jakości zapisu EEG z głębszych struktur, takich jak przedni zakręt, zdecydowaliśmy się uwzględnić ten region w naszych analizach, ze względu na jego znaczenie w kontroli emocji i zjawiskach afektywnych. Było to dodatkowo uzasadnione faktem, że w klasycznych technikach analizy EEG, aktywność ACC jest szeroko analizowana (można tu wymienić komponent ERN lub N2b wywołanych potencjałów (Herrmann, Römmler, Ehlis, Heidrich i Fallgatter, 2004).

Aby oszacować wpływ warunków eksperymentalnych na wzorce komunikacji DTF pomiędzy poszczególnymi parami ROI, przeprowadzono wieloczynnikową analizę wariancji MANCOVA z powtarzanymi pomiarami. Analiza obejmowała wszystkie kombinacje przepływów między wszystkimi ROI źródłowymi a docelowymi ROI (jako zmienne zależne, uśredniona aktywność elektrod z poszczególnych ROI), a warunek eksperymentalny stanowił niezależny czynnik. Dodatkowo, zastosowano porównania zaplanowane odzwierciedlające hipotezy (komunikacja od rejonów kontroli emocji do rejonów uwagowych i percepcyjnych). W porównaniach nie uwzględniono warunku oglądania neutralnych klipów, gdyż nie stanowił on przedmiotu zainteresowania tej pracy i został tutaj potraktowany jako ‘wypełniacz’ służący przeciwdziałaniu ewentualnej habituacji negatywnych klipów (Moser, Most i Simons, 2010; Ochsner i in., 2004).

2.4. Wyniki

2.4.1. Dane behawioralne (kontrola manipulacji eksperymentalnej)

Średnia raportowana wartość walencji nastroju po blokach NEU ($M = 71$, $SD = 15.6$) była znacząco wyższa, tj. bardziej pozytywna ($t(32) = 10.03$, $p < 0.001$) niż dla bloków NEG ($M = 39$), $SD = 17.8$). Średnia wartość walencji nastroju po blokach

REINT ($M = 44$, $SD = 17.1$) była istotnie wyższa, tj. bardziej pozytywna ($t(32) = 2.30$, $p = 0.028$) niż średnia wartościowości po "pasywnym oglądaniu bloków ujemnych" ($M = 39$, $SD = 17.8$). Nie stwierdzono istotnego wpływu warunków eksperymentalnych na raportowane średnie pobudzenie lub poczucie dominacji.

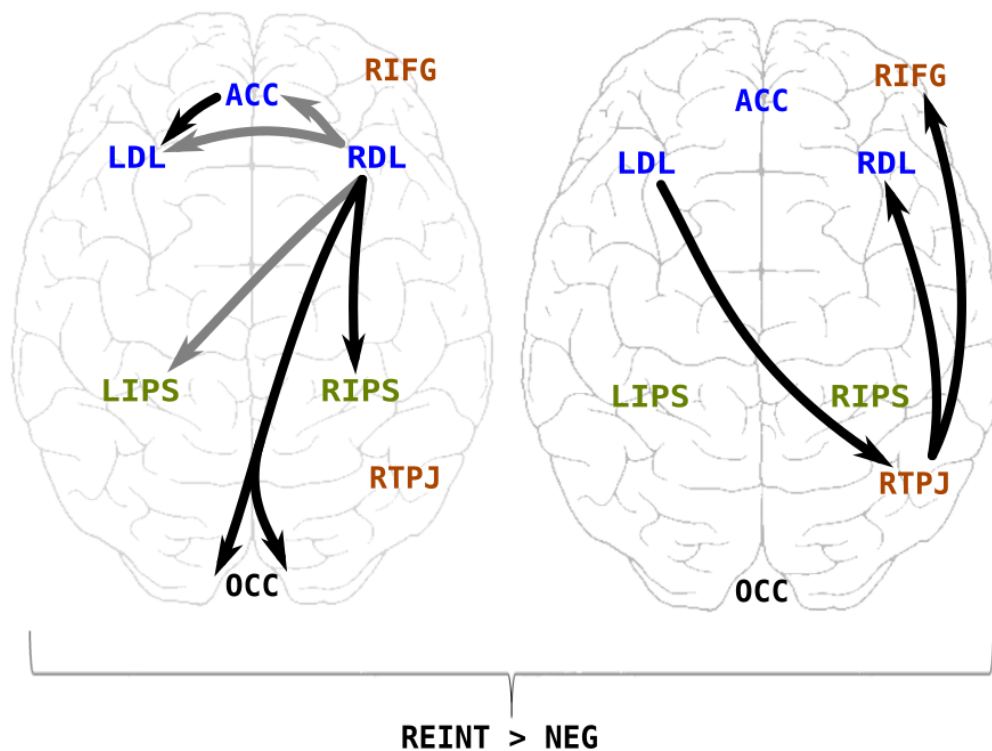
2.4.2. Analizy koneksjonistyczne DTF

W porównaniu z warunkiem NEG, w warunku REINT ujawniono silniejsze przepływy w następujących kierunkach: od prawej grzbietowo-bocznej kory przedczołowej (RDL) do lewej bruzdy śródciemieniowej (LIPS) (średnia DTF dla REINT = 2.92, średnia DTF dla NEG = 1.90) ($p = 0.01$), do przedniego zakrętu obręczy (ACC) (średnia DTF dla REINT = 8.67, średnia DTF dla NEG = 5.71) ($p = 0.009$), do prawej bruzdy śródciemieniowej RIPS (średnia DTF dla REINT = 7.61, średnia DTF dla NEG = 4.48) ($p = 0.024$), do kory potylicznej (OCC) (średnia DTF dla REINT = 2.72, średnia DTF dla NEG = 1.76) ($p = 0.017$) oraz do lewej DLPFC (średnia DTF dla REINT = 5.28, średnia DTF dla NEG = 3.62) ($p = 0.016$); od lewego DLPFC do prawego styku skroniowo ciemieniowego (RTPJ) (średnia DTF dla REINT = 2.15, średnia DTF dla NEG = 1.16) ($p = 0.025$); od RTPJ do prawego dolnego zakrętu czołowego (RIFG) (średnia DTF dla REINT = 12.32, średnia DTF dla NEG = 8.56) ($p = 0.018$) i do prawej DLPFC (średnia DTF dla REINT = 4.21, średnia DTF dla NEG = 3.14) ($p = 0.055$); i od ACC do lewego LDL (średnia DTF dla REINT = 18.29, średnia DTF dla NEG = 14.42) ($p = 0.036$). Istotne wpływ warunków zadania na natężenie wzorców komunikacji DTF przedstawiono w tabeli 1 oraz na rycinie na rycinie 3.

Tabela 1

Wartości znormalizowane DTF dla istotnych połączeń pomiędzy analizowanymi obszarami. Podane są zarówno statystyki testu MANOVA jak i zaplanowanych porównań

Kierunek przepływu	Średnia wartość DTF (średni błąd)		test MANOVA			REINT minus NEG (parami)
	REINT	NEG	df	F	p	p
LDL → RTPJ	2.15 (0.52)	1.16 (0.19)	2,25	4.88	0.014	0.025
RDL → LDL	5.28 (0.84)	3.62 (0.50)	2,25	3.17	0.054	0.016
RDL → RIPS	7.61 (1.80)	4.48 (0.93)	2,25	3.12	0.056	0.024
RDL → LIPS	2.92 (0.57)	1.90 (0.34)	2,25	4.53	0.018	0.010
RDL → OCC	2.72 (0.42)	1.76 (0.26)	2,25	4.01	0.031	0.017
RDL → ACC	8.67 (1.38)	5.71 (1.00)	2,34	5.15	0.011	0.009
ACC → LDL	18.29 (3.68)	14.42 (2.94)	2,36	3.22	0.052	0.036
RTPJ → RDL	4.21 (1.06)	3.14 (0.85)	2,28	5.87	0.007	0.018
RTPJ → RIFG	12.32 (2.54)	8.51 (1.31)	2,44	3.15	0.053	0.055



Rycina 3. Istotnie zwiększony przepływ informacji w warunku reinterpretacji poznawczej (REINT) w stosunku do warunku biernego oglądania negatywnych klipów filmowych (NEG). Na schematach zaznaczono badane obszary związane z kontrolą emocji (niebieska czcionka): RDL (prawa grzbietowo-boczna kora przedczołowa), LDL (lewa grzbietowo-boczna kora przedczołowa), ACC (przedni zakręt obręczy); grzbietowym systemem uwagi (zielona czcionka): LIPS (obszar lewej bruzdy śródciemieniowej), RDL (obszar prawej bruzdy śródciemieniowej); brzuszny systemem uwagi (brązowa czcionka): RTPJ (prawy styk ciemieniowo-skraniowy, RIFG (prawy dolny zakręt czołowy) oraz regionami percepcyjnymi (czarna czcionka): OCC (kora potyliczna). Lewa część ryciny przedstawia wpływ rejonów związanych z kontrolą emocji na grzbietowy system uwagi oraz rejony percepcyjne, podczas gdy prawa część ryciny przedstawia wpływ rejonów związanych z kontrolą emocji na brzuszny system uwagi.

2.5. Dyskusja

W pierwszym eksperymencie niniejszej pracy doktorskiej, sprawdzano czy typowe dla reinterpretacji oddziaływania pochodzące z przedczołowej kory mózgowej (głównie grzbietowo-bocznej kory przedczołowej, DLPFC) mogą sięgać korowych regionów percepcyjno-uwagowych, stanowiących substrat pierwszego z wyróżnionych przeze mnie etapów reinterpretacji. Aby oszacować te oddziaływania, użyto zaawansowanej analizy sygnału EEG z wykorzystaniem analizy komunikacji korowej DTF. Porównano przyczynowość i kierunek komunikacji między wybranymi obszarami

zainteresowania (obszary odpowiedzialne za kontrolę emocji oraz obszary uwagowe i percepcyjne) w warunkach reinterpretacji poznawczej i biernego oglądania negatywnych klipów.

2.5.1. Reinterpretacja wiąże się z oddziaływaniem DLPFC na sieci uwagowe

Zgodnie z oczekiwaniami, warunek reinterpretacji poznawczej, w porównaniu do warunków biernego oglądania klipów filmowych, wiązał się z istotnie zwiększonymi wpływami pochodzącymi od grzbietowo-bocznej kory przedczołowej (DLPFC) do obszarów związanych z systemami uwagi oraz percepcją bodźców wzrokowych. W szczególności, zarejestrowano wzmożoną komunikację prawej DLPFC (RDL) do rejonów potylicznych (OCC) oraz do lewej i prawej bruzdy śródciemieniowej (LIPS, RIPS) (Corbetta i Shulman, 2002). W ten sposób mógł odzwierciedlać się wpływ reinterpretacji poznawczej na bardzo wczesne etapy przetwarzania emocjonalnego bodźca (OCC) oraz wpływ na działanie grzbietowej sieci uwagi (LIPS, RIPS). Obserwacja ta sugeruje, iż reinterpretacja może modyfikować odpowiedź systemów percepcyjnych już na bardzo wczesnym poziomie przetwarzania bodźca emocjonalnego. Być może wpływ ten ma charakter tzw. bramkowania, zmieniając responzywność kory wzrokowej na nadchodzące bodźce (Wyczesany, Ferdek i in., 2014). Ogólnie, komunikacja DLPFC z rejonami grzbietowego systemu uwagi wskazuje na fakt zaangażowania procesów odgórnej uwagi w procesie reinterpretacji.

Warunek reinterpretacji wiązał się również ze zwiększonym przepływem informacji z lewej DLFC (LDL) do prawego rejonu styku skroniowo-ciemieniowego (RTPJ) –stanowiącego anatomiczny substrat brzuszno-tycznego systemu uwagi (Corbetta i in., 2008). Zaobserwować również można było wpływ RTPJ na dolny zakręt czołowy (RIFG) – kolejną strukturę systemu uwagi brzusznej. Można zatem stwierdzić, iż oddziaływanie reinterpretacji na system uwagi brzusznej odbywało się poprzez RTPJ. Tego typu rola

mediacyjna RTPJ jest często opisywana w literaturze, gdyż struktura ta stanowi interfejs pomiędzy dwoma systemami uwagi, umożliwiając modulację systemu brzuszego ze względu na wymagania systemu grzbietowego (Ruff i in., 2008). Nie wykluczone, iż w tym przypadku działanie tego systemu pozostawało pod wpływem wymagań, związanych z zadaniem reinterpretacji.

Biorąc pod uwagę zakładane oddziaływania pochodzące z obu DLPFC (LDL/RDL), udało się potwierdzić hipotezę o wpływie tej struktury na bardzo wczesny, uwagowo-percepcyjny etap przetwarzania bodźca emocjonalnego w trakcie użycia reinterpretacji poznawczej. Oprócz spodziewanych i wyżej opisanych wzorców komunikacji DLPFC, zauważono również wpływ tej struktury na inne rejony związane z kontrolą emocji. Oprócz wpływu prawej DLPFC (RDL) na lewą DLPFC (LDL), zaobserwować można było wpływ prawej DLPFC (RDL) na przedni zakręt obręczy (ACC). Wpływy te mogły odzwierciedlać wzajemną komunikację rejonów odpowiedzialnych za kontrolę emocji. Wę wpływ na ACC mogła zostać odzwierciedlona pośrednia modulacja rejonów emocjonalnych. Jak wspomniano we wstępie DLPFC nie posiada bezpośrednich połączeń z ciałem migdałowatym, ale bardzo prawdopodobne, iż wpływ ten odbywa się poprzez ACC (Kohn i in., 2014) Co ciekawe, te dodatkowe rejony związane z kontrolą emocji (przedni zakręt obręczy, ACC; kora oczodołowa, OFC) nie ujawniły wpływu na sieci uwagi lub rejony percepcyjne. Potwierdza ta kluczową rolę DLPFC jako struktury związanej z reinterpretacją poznawczą. Należy również podkreślić, iż wcześniej postulowana rola tej struktury w reinterpretacji, ze względu na użytą metodologię (fMRI), nie została wcześniej przyczynowo potwierdzona.

2.5.2. Dodatkowa obserwacja: lateralizacja wpływów pochodzących z DLPFC

Interesująca wydaje się także zaobserwowana lateralizacja efektów dotyczących DLPFC. Można bowiem zauważyć, iż prawa DLPFC (RDL) była bardziej związana z wpływem na grzbietowy system uwagi wolicjonalnej, podczas gdy lewa DLPFC (LDL) komunikowała się z brzuszny systemem uwagi spontanicznej. Ta dodatkowa obserwacja, może pomóc w wyjaśnieniu rozbieżności wzorców lateralizacji uzyskanych w poprzednich badaniach reinterpretacji poznawczej. Analizując literaturę przedmiotu można zauważyć, iż nie ma całkowitej zgody czy reinterpretacja poznawcza angażuje DLPFC jednostronnie czy bilateralnie. Obustronne, lub prawostronne aktywacje DLPFC wykazano w badaniach, gdzie reinterpretacja poznawcza była trudniejsza do implementacji np. gdy uczestnicy badań mieli dokonać reinterpretacji bardzo intensywnych zdjęć (w porównaniu do reinterpretacji zdjęć średnio lub nisko negatywnych) (Ochsner i in., 2012; Silvers i in., 2014) lub wtedy, gdy reinterpretacja miała dotyczyć dynamicznych filmów (zamiast statycznych zdjęć, Goldin i in., 2008). Uzyskane w niniejszym eksperymencie wyniki w dużej mierze wpisują się w ten wzorzec lateralizacyjny, gdyż lewa DLPFC wpływała na brzuszną sieć uwagi. Sieć ta zawiaduje uwagą w sposób bez wysiłkowy. Natomiast prawa DLPFC wpływała na sieć uwagi grzbietowej, która jest związana z wysiłkowymi procesami. Potwierdzać to może fakt, iż reinterpretacja w większym stopniu angażuje prawą półkulę, gdy jest trudniejsza i bardziej wymagająca do realizacji z punktu widzenia obciążenia poznawczego. Gdy jest ona jednak łatwiejsza do wykonania, bardziej istotne mogą stawać się automatyczne procesy, związane z lewą DLPFC. Taką dywersyfikację wspiera również fakt zaobserwowanego wpływu prawej DLPFC na lewą DLPFC, bez wpływu w drugą stronę. Prawdopodobnie prawa DLPFC jest tutaj strukturą nadrzędną w reinterpretacji

poznawczej, związaną w większym stopniu z oddziaływaniami wolicjonalnymi (Ochsner i in., 2012). Ze struktury tej pochodzą zatem odgórne procesy modulacji uwagi.

2.5.3. Ograniczenia badania

Na koniec, należy wskazać na pewne ograniczenia badania. Aby zmaksymalizować efekty emocjonalne oraz zmniejszyć wariancję reakcji, w badaniu uczestniczyły wyłącznie kobiety (Gardener, Carr, MacGregor i Felmingham, 2013). Jako takich, wyników nie można łatwo generalizować na populację męską. Należy również wziąć pod uwagę, iż możliwości EEG do lokalizowania poszczególnych struktur są ograniczone, choć znacznie polepszone przez metodę DTF. Z tego powodu zdecydowano się zrezygnować z analizy FEF, tak by nie analizować zbyt blisko leżących obok siebie struktur.

2.6. **Wnioski**

Podsumowując, metoda DTF pozwoliła bardzo precyzyjnie oszacować kierunek i przyczynowość interakcji pomiędzy analizowanymi obszarami kory mózgowej, a w efekcie określić wpływ DLPFC na uwagowy etap reinterpretacji. Metoda DTF została po raz pierwszy wykorzystana w tego typu badaniach, co umożliwiło uzyskanie prekursorskich wyników. Reinterpretacja wiązała się z odgórnym oddziaływaniem kory przedczołowej, w szczególności DLPFC, na rejony uwagowe. Badanie nie tylko potwierdza kluczową rolę DLPFC w działaniu strategii reinterpretacji, ale przede wszystkim dowodzi, że mechanizm działania reinterpretacji może uwidocznić się we wpływie na wczesny uwagowy etap reinterpretacji. Jest to teza, której nigdy wcześniej nie udało się potwierdzić.

3. Eksperyment 2 – wpływ zaangażowania odgórnych procesów uwagowych na przetwarzanie bodźców emocjonalnych⁹

3.1. Wstęp

3.1.1. Tło

Pierwszy eksperyment niniejszej pracy doktorskiej potwierdził przypuszczenia, iż stosowanie reinterpretacji może wiązać się z odgórnymi wpływami na procesy uwagowe. Celem drugiego eksperymentu, było sprawdzenie czy samo zaangażowanie tego typu procesów może, do pewnego stopnia, odpowiadać za obniżenie głębokości przetwarzania bodźców emocjonalnych w procesie reinterpretacji. Jak argumentuję w niniejszej rozprawie doktorskiej, zanim możliwe jest nadanie bodźcowi nowego znaczenia, konieczne jest jego aktywne przetworzenie z udziałem procesów uwagowych (patrz część 1.2.3). Klasyczny warunek kontrolny dla zadania reinterpretacji - bierne oglądanie materiału emocjonalnego – może nie angażować tych procesów lub angażować je w ograniczonym zakresie.

Dlatego, zamierzeniem niniejszego eksperymentu była próba odizolowania procesów odgórnej modulacji uwagi podczas prezentacji emocjonalnego materiału oraz sprawdzenie czy te procesy mogą mieć działanie zbliżone do tego, które jest widoczne podczas stosowania reinterpretacji tzn. czy ich zaangażowanie obniża głębokość przetwarzania bodźców emocjonalnych. W tym celu zastosowano zadanie uwagowe, które możliwie najwierniej odzwierciedliłoby działanie procesów uwagowych w zadaniu reinterpretacji. W poniższej części rozprawy doktorskiej zaprezentuję użyty w tym celu

⁹ Patrz również: Ligeza, T. S., Tymorek, A. D. i Wyczęsany, M. (2017). Top-down and bottom-up competition in visual stimuli processing. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 77(4), 305–316.

paradygmat wraz z aktualnym stanem wiedzy dotyczącym wpływu odgórnych procesów uwagowych na przetwarzanie bodźców emocjonalnych.

3.1.2. Procesy odgórnej uwagi a przetwarzanie bodźców emocjonalnych

Zaangażowanie odgórnych procesów uwagi w przetwarzaniu bodźców (najczęściej emocjonalnych) badane jest z użyciem dodatkowych instrukcji. Polecenia te mogą być bardzo proste, jak prośba o skierowanie wzroku w określoną część obrazu lub bardziej wymagające, jak prośba o liczenie określonych elementów zaprezentowanego bodźca. Na podstawie dotychczasowej literatury nie można jednak wysunąć jasnych wniosków co do tego, jak tego typu dodatkowe zadania miałyby wpływać na przetwarzanie bodźców emocjonalnych. Wczesne odkrycia sugerują bowiem, że istotne bodźce (np. zdjęcia o charakterze emocjonalnym), mają priorytetowy dostęp do uwagi i są przetwarzane w sposób automatyczny, niezależnie od dodatkowych wysiłków związanych z wolicjonalnym, zaangażowaniem odgórnych procesów uwagi (Whalen i in., 1998). Nowsze dowody nie wykluczają, iż do pewnego stopnia istotne bodźce są przetwarzane mimowolnie, jednocześnie wskazują jednak, iż stopień głębokości ich przetwarzania maleje w warunkach większego zaangażowania procesów uwagi odgórnej (Pessoa, Japee i Ungerleider, 2005). Na przykład „automatyczne” przetwarzanie bodźców emocjonalnych pogarsza się, gdy uczestnicy badań proszeni są o wykonywanie bardzo wymagających zadań angażujących odgórne procesy uwagowe, ale jest zachowane, gdy zadania te są stosunkowo łatwe (Lavie, 2005; MacNamara, Ferri i Hajcak, 2011; Van Dillen i in., 2009). Sugeruje to zatem, iż zaangażowanie procesów odgórnej uwagi, może obniżyć przetwarzanie prezentowanych bodźców, nawet jeżeli są one potencjalnie bardzo istotne (np. emocjonalne zdjęcia).

Dokładniej analizując badania dotyczące wpływu dodatkowego zadania uwagowego na procesy przetwarzania bodźców, należy zauważyć, iż wyciągane na ich

podstawie wnioski mogą nie być do końca konkluzywne. We wszystkich z badań manipuluje się poziomem zaangażowania odgórnej uwagi w sposób binarny: warunki niskiego zaangażowania procesów uwagowych kontrastuje się z warunkami wysokiego obciążenia procesami uwagowymi. W rezultacie trudne zadania zostają skonfrontowane z łatwymi zadaniami. O ile w pierwszym przypadku obserwowany jest wpływ zaangażowania odgórnych procesów uwagowych na przetwarzanie bodźców, takiego wpływu nie obserwuje się w drugim przypadku. Jest jednak prawdopodobne, że nawet bardzo niskie zaangażowanie odgórnych procesów uwagowych może wpływać na przetwarzanie emocjonalnych bodźców, co byłoby uwidocznione w zmianach aktywności elektrofizjologicznej. Aby zaobserwować te zmiany, w niniejszym eksperymencie mierzono potencjały związane z reakcjami mózgowymi w odpowiedzi bodźce emocjonalne (ERP) podczas manipulacji natężeniem procesów odgórnej uwagi.

Założono, iż jeżeli udałoby się wykazać wpływ zaangażowania odgórnych procesów uwagi na przetwarzanie bodźców emocjonalnych w bardzo prostym zadaniu, można by przypuszczać, iż tego samego typu oddziaływanie ma miejsce w przypadku reinterpretacji. Dokonując reinterpretacji musimy bowiem dokładnie zrozumieć całość zaprezentowanej sytuacji, tak by na jej podstawie stworzyć nową interpretację bodźca. Następnie, by wdrożyć nową interpretację, musimy skupić uwagę na poszczególnych elementach obrazu. Na przykład, chcąc dokonać reinterpretacji obrazu przedstawiającego operację chirurgiczną – na samym początku musimy wzrokowo przeskanować cały obraz, tak mieć ogłęd całej sytuacji i móc stworzyć nową interpretację. Możemy uznać, na przykład, iż cała sytuacja ma służyć zdrowiu pacjenta. Następnie, chcąc zastosować tę interpretację, musimy skupić się na konkretnych elementach obrazu – np. wyobrazić sobie, iż widoczna na zdjęciu rana będzie zagojona, tkanka pozbawiona nowotworu, a widoczny skalpel jest trzymany przez doświadczonego chirurga.

3.1.3. Odpowiednie zadanie dla badania wpływów odgórnej uwagi w reinterpretacji

W celu rozróżnienia efektów związanych z przetwarzaniem informacji wzrokowej w środku pola widzenia a efektami peryferyjnymi, w dotychczasowych badaniach wpływu procesów uwagi odgórnej na przetwarzanie bodźców używano paradygmatów, które wymagają, aby uczestnicy trzymali wzrok skupiony na konkretnym punkcie ekranu, a prezentowane bodźce znajdowały się w różnej odległości od tego punktu. W przypadku zadania reinterpretacji uczestnicy badań nie są jednak ograniczeni do koncentracji wzroku na określonej części obrazu, ale skanują całe dostępne pole widzenia.

Aby możliwie maksymalnie przybliżyć warunki zadania do tych, które są typowe dla zadania reinterpretacji, w niniejszym eksperymencie użyto Zadania Rozpraszania Uwagi (Visual Distraction Task; VDT; Kossowska i in., 2015). W zadaniu tym, uczestnicy badania swobodnie obserwują ekran, aby zidentyfikować małą literę pojawiającą się na zaprezentowanym zdjęciu lub obrazie. Dodatkowa wskazówka, pojawiająca się przed obrazem a odnosząca się do tego w jaki sposób uczestnicy mają zrealizować to zadanie służy manipulacji nasilenia odgórnych procesów uwagowych.

W niniejszym badaniu możliwe były trzy warunki nasilenia procesów odgórnej uwagi, odpowiadające trzem warunkom badania (czynnik WARUNEK). 1) Warunek poszukiwania i identyfikacji litery w oczekiwanym miejscu, określonym wcześniej zaprezentowaną strzałką (warunek lokalizacji określonej, LO). Warunek angażował procesy odgórnej uwagi, dzięki czemu możliwe było zawężenie uwagi do konkretnego pola widzenia. Założono, że w tym warunku odgórne procesy uwagi były angażowane w najwyższym stopniu. 2) Warunek identyfikacji litery w nieznannej lokalizacji, zapowiedziany wcześniej wskazówką znaku zapytania (warunek lokalizacji nieznannej, LN). W warunku tym założono słabsze zaangażowanie procesów uwagi odgórnej. Choć warunek wymagał natężenia odgórnych procesów uwagi (przeszukiwanie pola widzenia),

to jednak, w tym przypadku procesy te powinny być zaangażowane w mniejszym stopniu (przeszukiwanie pola uwagi mogło odbywać się bardziej spontanicznie niż fiksacja wzroku na określonym punkcie). 3) Warunek ignorowania litery i nie reagowania na nią, zapowiedziane przez wskazówkę w postaci krzyżyka (warunek kontrolny braku reakcji, BR). Założono tutaj brak nasilenia procesów odgórnej uwagi.

Podsumowując, w niniejszym badaniu założyłem, iż manipulując warunkami zadania (LO, LN, BR) możliwym jest manipulowanie zaangażowaniem odgórnych procesów uwagi. W przypadku niniejszej procedury dodatkowo manipulowano typem tła, na którym mogły być zaprezentowane litery, gdyż spodziewano, iż efekty wpływu procesów uwagowych na zmniejszenie przetwarzania bodźców będzie w mniejszym stopniu widoczne w przypadku zdjęć o charakterze emocjonalnym. Zdjęcia/obrazy należały do jednego z trzech warunków (czynnik OBRAZ): negatywny (NEG, zdjęcia o wysokiej i negatywnej wartości emocjonalnej, warunek eksperymentalny), neutralny (NEU, zdjęcia neutralne, warunek kontrolny) i obrazy zdeformowane (OZD, obrazy bez znaczącej treści; kolejny warunek kontrolny).

3.1.4. Typowe komponenty ERP w badaniu procesów uwagowych

Aby zmierzyć jak przetwarzane są emocjonalne obrazy w zależności od manipulacji uwagą odgórą zastosowałem pomiar potencjałów wywołanych w odpowiedzi na prezentację zdjęć.

W badaniach procesów uwagowych z użyciem metodologii potencjałów wywołanych najczęściej uwzględnia się kilka komponentów ERP. Wykorzystując niezwykle precyzyjną czasową pomiaru EEG, analizy ERP umożliwiają wnioskowanie o różnych etapach przetwarzania bodźca. W niniejszym badaniu koncentruję się na trzech głównych komponentach, odzwierciedlających 3 kolejne etapy przetwarzania bodźca wzorkowego: N1 (jako komponent o wczesnej latencji), P3 (jako komponent o średniej

latencji) i LPP (jako komponent o późnej latencji) (Olofsson i in., 2008). Komponent N1, pojawia się około 170-210 ms po prezentacji bodźca i najbardziej widoczny jest w rejonach skroniowo potylicznych. Odzwierciedla on wczesne procesy związane z dyskryminacją bodźców. Już na tak wczesnym etapie przetwarzania bodźca, większy komponent N1 (jego niższa amplituda) może markować intensyfikację przetwarzania bodźców o dużym znaczeniu biologicznym. Na przykład, komponent N1 w odpowiedzi na emocjonalne zdjęcia jest zwykle większy niż w przypadku zdjęć neutralnych (Hart, Lucena, Cleary, Belger i Donkers, 2012; Olofsson i in., 2008). P3 jest komponentem pojawiającym się około 250-350 ms po prezentacji bodźca, widoczny jest głównie na środkowej linii głowy w rejonach przednio-centralnych lub centralno-ciemieniowych. Jest heterogenicznym komponentem związanym z wieloma funkcjami psychicznymi – odzwierciedla zarówno stopień istotności bodźca dla organizmu jak i zaangażowanie w operacje pamięciowe czy procesy selekcji i przygotowania prawidłowej odpowiedzi behawioralnej (Gmaj i in., 2016; Verleger, Jaśkowski i Wascher, 2005; Wronka, Kaiser i Coenen, 2012). W interesującym mnie kontekście – kontekście prezentacji materiału wzrokowego – komponent P3 jest najczęściej interpretowany jako wskaźnik uwagi poświęconej przetwarzaniu obrazu – im większy komponent P3 – tym większe zaangażowanie uwagi w kierunku obrazu i w konsekwencji – jego głębsze przetworzenie. Ostatni z analizowanych komponentów – późny potencjał pozytywności (late positivity potential, LPP) pojawia się około 500ms od wystąpienia bodźca i trwa nawet przez kolejne 5 sekund. Komponent ten ma dystrybucję centralno – ciemieniową (Hajcak i in., 2010; Jaśkiewicz, Francuz, Zabielska-Mendyk, Zapała i Augustynowicz, 2016; Schupp i in., 2000). Odzwierciedla poziom rzeczywistej głębokości przetwarzania bodźców emocjonalnych na dalszym etapie przetwarzania, a zatem jest również ściśle związany z natężeniem procesów uwagowych poświęconych bodźcowi – im większy komponent –

tym głębsze przetwarzanie bodźca. Ogólnie, wszystkie 3 komponenty (N1, P3, LPP) powinny odzwierciedlić głębokość przetwarzania prezentowanych bodźców obrazowych.

3.1.5. Przewidywania

Założyłem, że manipulacja uwagą wpłynie na przetwarzanie obrazów w sposób następujący: większe zaangażowanie odgórnych procesów uwagowych spowoduje mniejsze przetwarzanie obrazów, co zostanie odzwierciedlone w potencjałach wywołanych. Oczekiwałem, że związane z uwagą wzrokową potencjały wywołane (N1, P3, LPP) w odpowiedzi na prezentację obrazów będą największe w warunku BR (brak aktywacji systemu odgórnego), niższe w warunkach LN (umiarkowana aktywacja systemu odgórnego), a najmniejsze w warunku LO (zwiększona aktywacja procesów odgórnych). Zgodnie z poprzednią literaturą i własnymi przewidywaniami, oczekiwałem, że wpływ ten może być jednak mniejszy, choć nadal istotny, w przypadku obrazów emocjonalnych w porównaniu z obrazami neutralnymi i zdeformowanymi.

3.2. **Metoda**

3.2.1. Uczestnicy

W badaniu uczestniczyły 52 osoby (41 kobiet, średnia wieku / SD: 23.0 ± 2.5 lat). Wszyscy uczestnicy byli zdrowi, bez wad wzroku lub ze skorygowanymi wadami wzroku. Żaden z uczestników, w chwili badania, nie zgłaszał historii zaburzeń neurologicznych, psychiatrycznych lub nadużywania substancji psychoaktywnych. Rekrutacja osób badanych odbywała się przez portale internetowe. Ogłoszenie zawierało ostrzeżenie o prezentacji zdjęć, mogących chwilowo wywoływać nieprzyjemne uczucia.

3.2.2. Aparatura i materiały

W badaniu wykorzystano łącznie 180 zdjęć lub obrazów. Wybrano 120 zdjęć ze standaryzowanej bazy Nencki Affective Picture System (NAPS) (Marchewka i in., 2013). 60 z nich przedstawiało neutralne sceny (NEU, przedmioty gospodarstwa domowego, neutralne krajobrazy, ludzie w codziennych sytuacjach lub zwyczajnych relacjach, neutralne zwierzęta) a 60 kolejnych przedstawiało nieprzyjemne sceny (NEG, zdjęcia prezentujące przemoc, smutnych ludzi, okaleczone zwierzęta, zabiegi chirurgiczne czy wypadki komunikacyjne). Obrazy NEU i NEG różniły się od siebie wartością normatywnych ocen na skali walencji (średnia / SD: 6.35 ± 0.87 dla NEU, 3.38 ± 1.01 dla NEG) i skali pobudzenia (4.47 ± 0.66 dla NEU, 6.2 ± 0.61 dla obrazów NEG). Ostatnia kategoria obrazów powstała poprzez przekształcenie zdjęć NEU. Zostały one pozbawione treści przy użyciu procesu deformacji obrazu (scrambling), przez co utworzono 60 bodźców kategorii obrazów zdeformowanych (OZD). Proces deformacji obrazu przeprowadzono poprzez podzielenie każdego zdjęcia na kwadraty o długości boku 0.5cm, a następnie losowe przemieszczenie tych kwadratów w obrębie całego obrazu. Wszystkie zdjęcia lub obrazy zostały znormalizowane pod względem ich uśrednionej jasności za pomocą oprogramowania ImageMagick, wykorzystując metodę dopasowania histogramu. W pierwszym kroku stworzono histogram średniej jasności na podstawie pięciu losowo wybranych zdjęć. Następnie, poszczególne histogramy wszystkich obrazów zostały dopasowane do histogramu średniej jasności (jako wskaźnik użyto tutaj łączną intensywność pikseli RGB). W rezultacie, wszystkie obrazy użyte w procedurze, niezależnie od ich kategorii (NEU, NEG, OZD), miały taką samą średnią jasność.

Zadanie zostało wyświetlone na komputerze z 61 cm monitorem LCD przy użyciu oprogramowania PsychoPy ver 1.82 (Peirce, 2008). Każde zdjęcie zostało

wyświetlone na pełnym ekranie na monitorze w odległości około 60 cm i 50 ° poziomego kąta widzenia.

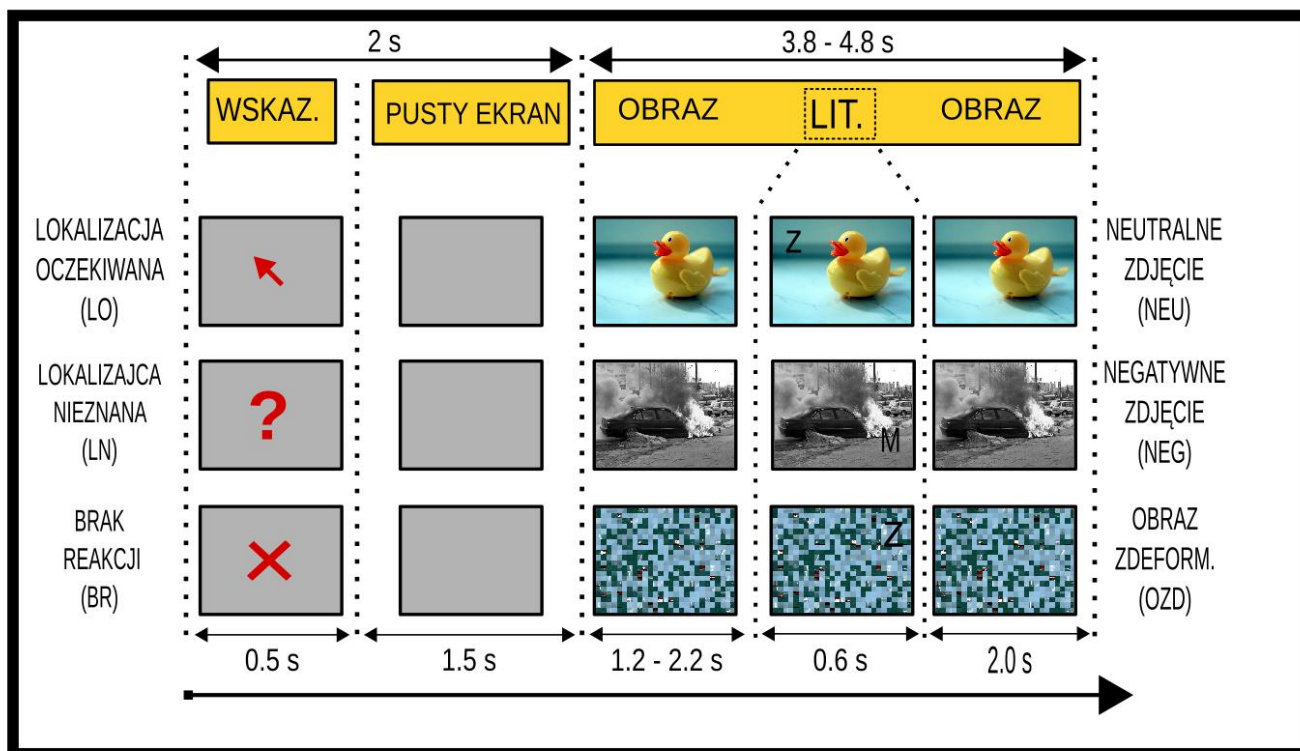
3.2.3. Procedura

Procedura była zgodna z dyrektywami Deklaracji Helsińskiej i zatwierdzona przez Komisję Etyczną Instytutu Psychologii Uniwersytetu Jagiellońskiego. Po przybyciu do laboratorium, uczestnicy badania otrzymali krótki opis eksperymentu (rejestracja aktywności mózgu podczas oglądania zdjęć i wykonywania prostych zadań poznawczych). Uczestników poproszono o wypełnienie i podpisanie formularza świadomej zgody na udział w badaniu. Po wyrażeniu zgody na udział w badaniu, rozpoczęto czynności związane z przygotowaniem do badania z użyciem EEG. Po zamontowaniu sprzętu EEG, uczestnicy otrzymali szczegółowe instrukcje dotyczące nadchodzącego zadania. Powiedziano im, że w zadaniu będą prezentowane wskazówki, po których wyświetlone zostaną obrazy. Uczestników poinstruowano, iż wskazówki (strzałka, znak zapytania lub krzyżyk), decydują o tym jak powinni zareagować na nadchodzący obraz. W zależności od wskazówek, ich zadaniem było: i) poszukiwanie i identyfikacja litery nałożonej na obraz w lokalizacji wskazanej przez strzałkę (wskazówka: strzałka, warunek LO); ii) identyfikacja litery w nieznannej lokalizacji miejscu (wskazówka: znak zapytania, warunek LN); lub iii) bierne oglądanie obrazu, ignorowanie litery i nie reagowanie na nią (wskazówka: krzyżyk, warunek BR). Aby zidentyfikować literę, uczestnicy musieli nacisnąć odpowiadający literze klawisz ("z" lub "m") tak szybko, jak było to możliwe.

Lokalizacja bodźców literowych była losowa w każdej próbie, położenie litery losowano w zakresie od 20 do 95% wymiaru ekranu mierzonego od środka do krawędzi, zarówno w kierunku poziomym, jak i pionowym. Kolejne próby były przedzielane fiksacjami wzroku. Badanym nie przedstawiono konkretnych instrukcji dotyczących

punktu fiksacji, ponieważ zamierzeniem badania było, aby nasza procedura była bardziej naturalna i zbliżona do zadań reinterpretacji: aby obrazy były swobodnie i spontanicznie oglądane.

Po otrzymaniu instrukcji, uczestnicy badania przeszli krótką sesję treningową składającą się z 10 prób zadania. W sesji eksperymentalnej wszyscy uczestnicy wzięli udział w 180 próbach z przerwami po każdych 36 próbach (5 bloków). Czas prezentacji był następujący: wskazówka 0.5s, pusty ekran 1.5s, obraz 3.8-4.8s. Dodatkowo, po 1.2-2.2 s od pojawienia się obrazu, mała litera została wyświetlona na obrazie w losowej lokalizacji (LN, BR warunek) lub w miejscu określonym przez wskazówkę (warunek LO). Każda litera była wyświetlana przez 600 ms. Po zniknięciu litery, obraz był prezentowany przez kolejne 2s. Podczas procedury tło ekranu było szare. Średnia luminancja dla pustego ekranu wynosiła 16.10 cd / m², podczas gdy średnia luminancja dla obrazów wszystkich typów wynosiła 20.13 cd / m². Harmonogram procedury przedstawiono na rycinie 4.



Rycina 4. Schemat czasowego przebiegu zadania eksperymentalnego. Pojedyncza próba rozpoczynała się od prezentacji wskazówki: mogła to być strzałka (dla warunku lokalizacji oczekiwanej, LO); znak zapytania (dla warunku lokalizacji nieznannej, LN) lub krzyżyk (dla warunku braku reakcji, BR). Następnie, zaprezentowano pusty ekran, po którym wyświetlony został obraz: neutralne zdjęcie (NEU); negatywne zdjęcie (NEG); lub obraz zdeformowany, (OZD). W trakcie prezentacji obrazu wyświetlona została litera, na którą mieli reagować uczestnicy badania.

3.2.4. Zapis psychofizjologiczny

Nagrywanie sygnału EEG przeprowadzono z użyciem urządzenia Biosemi ActiveTwo z 64 elektrodami umieszczonymi w czepku i dwoma elektrodami umieszczonymi na skórze kości mastoidowych dla późniejszej referencji sygnału. Dodatkowe cztery elektrody zostały wykorzystane do zarejestrowania sygnału elektromiograficznego, generowanego poprzez mrugnięcia oraz ruchy gałek ocznych. Wstępne przetwarzanie sygnału i usuwanie artefaktów przeprowadzono przy użyciu oprogramowania EEGlab w wersji 13, funkcjonującego w środowisku programistycznym Matlab. Użyto filtrów off-line o częstotliwości górnoprzepustowej 0.1 Hz i dolnoprzepustowej 46Hz (filtry zero-fazowe). Odrzucenie artefaktów przeprowadzono przy użyciu niezależnej analizy komponentów (ICA). Zidentyfikowano, a następnie odjęto od sygnału komponenty zakwalifikowane jako mrugnięcia lub sakkady. Następnie

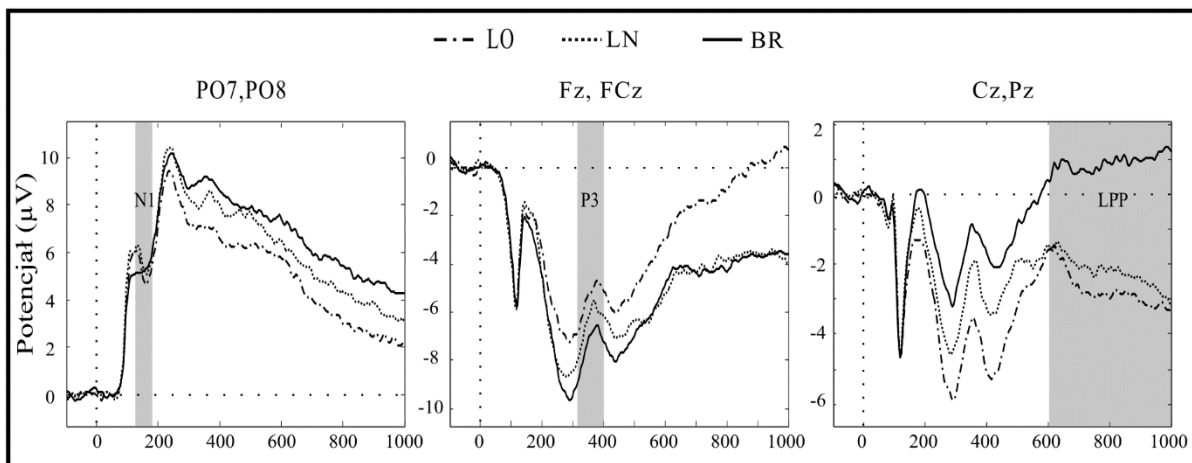
dokonano segmentacji sygnału na odcinki 0-1000 ms w stosunku do pojawienie się bodźca z korektą poziomu bazowego (base line correction) od -100 ms.

Na podstawie wcześniejszych badań oraz na podstawie wzrokowej inspekcji średnich przebiegów potencjałów wywołanych, wybrano elektrody na których zapisie widoczne były komponenty stanowiące przedmiot zainteresowania (N1, P3, LPP): PO7, PO8 dla komponentu N1 (np. Clementz, Keil i Kissler, 2004); Fz, FCz dla komponentu P3 (np. Johnson, 1993; Wronka i in., 2012) i Cz, CPz, Pz dla komponentu LPP (np. Hajcak i Nieuwenhuis, 2006; Moser i in., 2010). Okna czasowe komponentów zostały zdefiniowane na podstawie wzrokowej inspekcji uśrednionych przebiegów dla wszystkich warunków (grand-averages) i zdefiniowane wokół uśrednionych pików komponentów N1, P3, na wcześniej wybranych elektrodach. Okno czasowe dla komponentu LPP zdefiniowano jako utrzymującą się pozytywizację, występującą po komponentie P3. Ostatecznie uśrednione amplitudy komponentów ERP zostały wyodrębnione dla poniższych okien czasowych i elektrod: N1 (150-190 ms; PO7, PO8); P3 (310-400 ms; Fz, FCz); LPP (600-1000 ms; Cz, CPz, Pz).

Analizy statystyczne przeprowadzono z użyciem oprogramowania SPSS Statistics wersja 21 (IBM, Armonk, NY, USA). Przeprowadzono serię jednoczynnikowych analiz wariancji z powtórzonym pomiarem (repeated measures ANOVA) w schemacie (3) WARUNEK (LO vs LN vs BR) X (3) OBRAZ (NEU vs OZD vs NEG) X ELEKTRODA (wszystkie wybrane elektrody dla danego komponentu ERP). W przypadku uzyskania istotnego wyniku testu ANOVA przeprowadzono testy post-hoc z korekcją Bonferroniego. Wyniki dotyczące hipotez przedstawiono w Tabeli 2, a przebiegi ERP przedstawiono na rycinie 5 (w związku z brakiem spodziewanych efektów interkacyjnych– zaprezentowane są efekty główne zadania na przetwarzanie obrazów wszystkich typów łącznie).

Tabela 2 Wartość amplitudy potencjałów w odpowiedzi na obrazy w zależności od warunku (średnia±SD)

Komponent	Warunek		
	LO	LN	BR
N1	4.53±0.61	5.10±0.70	-5.37±0.59
P3	-.44±0.83	-6.55±0.92	-5.41±0.88
LPP	-2.78±0.59	-2.20±0.68	0.82±0.59



Rycina 5. Uśrednione przebiegi komponentów N1 (lewy panel), P3 (środkowy panel) i LPP (prawy panel). Osobne linie przedstawiają warunki: LO (lokalizacja oczekiwana, linia kreskowo-kropkowana); LN (lokalizacja nieznana, linia kropkowana); BR (brak reakcji, linia ciągła). Zakresy czasowe, w którym zostały analizowane poszczególne komponenty zostały zaznaczone szarym tłem. Na górze wykresów podano elektrody dla których uśredniono analizowane przebiegi.

3.3. Wyniki

Poniżej przedstawiono wyniki odzwierciedlające hipotezy badawcze a więc wpływ 3 warunków uwagowych na przetwarzanie obrazów oraz wyniki interakcji czynnika WARUNEK x OBRAZ (w związku ze spodziewanym mniejszym efektem dla obrazów emocjonalnych).

3.3.1. N1 (150-190 ms)

Stwierdzono główny efekt czynnika WARUNEK $F(2,49) = 7.43$, $p = 0.002$, $\eta^2 = 0.23$. Najwyższą amplitudę N1 stwierdzono dla warunku LO ($4.53 \pm 0.61\mu\text{V}$). Amplituda ta istotnie różniła się od zarówno warunku BR ($5.37 \pm 0.59\mu\text{V}$, $p = 0.002$) jak i warunku LN ($5.10 \pm 0.70\mu\text{V}$, $p = 0.043$). Amplituda N1 dla warunków LN i BR nie różniła się istotnie.

Zaobserwowano istotną statystycznie interakcję czynników OBRAZ x WARUNEK $F(4,47) = 4.54$; $p = 0.003$, $\eta^2 = 0.28$). Analiza testami post hoc wykazała, że wpływ czynnika WARUNEK był istotny tylko dla obrazów typu OZD z istotnie wyższą amplitudą N1 dla LO ($2.46 \pm 0.66\mu\text{V}$) w porównaniu z BR ($4.32 \pm 0.62\mu\text{V}$, $p < 0.001$) i dla LN ($3.35 \pm 0.73 \mu\text{V}$; $p = 0.05$). Różnica między BR a ONZ była nieistotna statystycznie.

Interakcja ELEKTRODA x WARUNEK była istotna statystycznie $F(2,49) = 3.46$, $p = 0.039$, $\eta^2 = 0.124$). Dla elektrody PO7 stwierdzono wyższą amplitudę N1 dla LO ($4.62 \pm 0.61\mu\text{V}$) w porównaniu do warunku LN ($5.31 \pm 0.68\mu\text{V}$, $p = 0.039$). Nie było różnic między BR ($5.17 \pm 0.52\mu\text{V}$) a LN lub BR i LO. Dla elektrody PO8 stwierdzono istotnie wyższą amplitudę N1 dla LO ($4.44 \pm 0.74\mu\text{V}$) w porównaniu do BR ($5.56 \pm 0.75\mu\text{V}$, $p < 0.001$). Pozostałe efekty nie były istotne statystycznie.

3.3.2. P3 (310-400 ms)

Stwierdzono główny efekt czynnika WARUNEK $F(2,50) = 9.80$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.28$) z istotnie wyższą amplitudą w warunku BR ($-5.41 \pm 0.88\mu\text{V}$) w porównaniu do zarówno warunku LN ($-6.55 \pm 0.92\mu\text{V}$; $p = 0.05$) jak i warunku LO ($-7.44 \pm 0.83\mu\text{V}$; $p < 0.001$). Różnica między warunkami LN i LO nie była istotna ($p = 0.079$).

Interakcja czynników OBRAZ x WARUNEK nie była istotna statystycznie.

Interakcja czynników ELEKTRODA x WARUNEK nie była istotna statystycznie.

3.3.3. LPP (600-1000 ms)

Analiza komponentu LPP wykazała główny efekt czynnika WARUNEK $F(2,50 = 34.58, p < 0.001, \eta^2 = 0.58)$, z najwyższą amplitudą w warunkach BR ($0.82 \pm 0.59\mu V$) w porównaniu do zarówno warunku LN ($-2.20 \pm 0.68\mu V; p < 0.001$) i warunku LO ($-2.78 \pm 0.59\mu V, p < 0.001$).

Interakcja czynników OBRAZ x WARUNEK nie była istotna statystycznie.

Interakcja czynników ELEKTRODA x WARUNEK nie była istotna statystycznie.

3.4. **Dyskusja**

Celem drugiego eksperymentu niniejszej pracy doktorskiej była weryfikacja czy nasilenie procesów odgórnej uwagi podczas prezentacji emocjonalnych obrazów może wpływać na głębokość ich przetwarzania. W poprzednim badaniu zaobserwowano bowiem, iż reinterpretacja poznawcza może wiązać się z nasileniem tego typu procesów. Aby zweryfikować wpływ tych procesów na przetwarzanie bodźców obrazowych, mierzono odpowiedzi ERP w trakcie Zadania Rozproszenia Uwagi (Visual Distraction Task, VDT, Kossowska i in., 2015). Zadanie to polegało na identyfikacji małej litery wyświetlonej na obrazie. Założono iż 3 warunki zadania (identyfikacja litery w oczekiwanym położeniu/identyfikacja litery w nieznanym położeniu/brak reakcji na literę) zmieni natężenie odgórnych procesów uwagowych. Zgodnie z oczekiwaniami, większość miar ERP (komponenty P3 i LPP) sugerowały zmniejszenie głębokości przetwarzania obrazów wraz z nasileniem zaangażowania odgórnych procesów uwagowych.

3.4.1. Potencjały wywołane w odpowiedzi na obrazy – dominujący wzorzec wyników

Potwierdzono hipotezę dotyczącą przetwarzania obrazów w odniesieniu do dodatkowego zadania uwagowego: dodatkowe zaangażowanie odgórnych procesów uwagowych zmniejszyło poziom przetwarzania obrazów. Zależność tą zaobserwować można było w przypadku komponentów P3 i LPP. Średnia amplituda tych komponentów zmniejszyła się, gdy badani musieli reagować na litery (w lokalizacji oczekiwanej, LO lub lokalizacji nieznanej, LN) w porównaniu do warunku, w którym badani nie reagowali na litery (BR). Mimo to dokładny wzorzec wyników nie był całkowicie zgodny z oczekiwaniami.

Zgodnie z hipotezą, komponent P3 w odpowiedzi na zdjęcia w warunku LO (maksymalne zaangażowanie procesów odgórnych) zmniejszył się w porównaniu do warunku BR (brak zaangażowania procesów odgórnych). Pomimo to, komponent P3 w odpowiedzi na zdjęcia nie różnił się pomiędzy warunkami LN (średnie natężenie procesów odgórnej uwagi) i LO. Możliwe, że zadanie w warunku LN, zgodnie z założeniami, rzeczywiście pozwoliło na mniejszą aktywację procesów odgórnej uwagi niż w warunku LO, jednak różnica pomiędzy tymi dwoma warunkami była zbyt mała aby ją zarejestrować¹⁰. Bardziej prawdopodobne jednak jest, że zadanie w warunku LN intensyfikowało procesy odgórnej uwagi w podobny sposób co zadanie LO. Możliwe, iż przeszukiwanie całego pola wzrokowego (warunek LN) w równym stopniu nasilało procesy odgórnej uwagi co koncentracja na jego wybranym punkcie (warunek LO). Tę interpretację potwierdza wzór wyników zaobserwowanych dla komponentu LPP, gdzie odpowiedzi na obraz zarówno w warunkach LO i LN były niższe niż dla warunku BR, ale nie różniły się względem siebie. Oprócz tych niewielkich niejednoznaczności

¹⁰ Zwrócić należy uwagę, iż wartość dla tej różnicy była bliska progowi istotności statystycznej ($p = 0.079$)

dotyczących dwóch warunków reprezentujących zadanie uwagowe, dominujący wzorzec wyników dla komponentów P3 i LPP w odpowiedzi na obrazy potwierdza oczekiwaną zależność: podczas intensyfikacji ogólnych oddziaływań uwagowych (LO lub LN) następuje zmniejszenie głębokości przetwarzania obrazów.

3.4.2. Potencjały wywołane w odpowiedzi na zdjęcia – niepotwierdzone hipotezy

Warto przypomnieć, iż spodziewano się iż obserwowane wyżej różnice będą zaznaczone w mniejszym stopniu w przypadku zdjęć emocjonalnych niż w przypadku zdjęć neutralnych lub obrazów zdeformowanych, jak sugerowały to niektóre z wcześniejszych badań (np. Whalen i in., 1998). Brak interakcji między czynnikiem warunku zadania (LO, LN, BR) a rodzajem zdjęcia (NEU, NEG, OZD) wskazuje jednak, iż obniżenie takiego przetwarzania następuje niezależnie od treści obrazu. Jest to interesująca obserwacja, wskazująca, że zaangażowanie ogólnych procesów uwagi ma działanie niespecyficzne, niezależne od materiału na jakim jest wykonywane. Potwierdza to postulowaną coraz częściej tezę, iż przetwarzanie ważnych bodźców nie jest automatyczne i wymaga podobnych zasobów jak przetwarzanie bodźców innego typu (np. Pessoa i in., 2005). Można zatem tutaj mówić o pewnym procesie bramkowania, o którym wspomniano przy okazji dyskusji poprzedniego eksperymentu (patrz część 2.5.1.). Nasilenie ogólnych procesów uwagowych, widocznych także podczas użycia reinterpretacji, może obniżać responsywność kory mózgowej w odpowiedzi na wszelkie docierające bodźce. Wynik ten, choć niespodziewany, wzmacnia założoną w niniejszej rozprawie tezę o istotnej roli uwagowych czynników w działaniu reinterpretacji poznawczej.

Dodatkową rozbieżność między oczekiwaniami a osiągniętymi wynikami zanotowano w przypadku komponentu N1. Wbrew oczekiwaniom, amplituda komponentu N1 była największa w warunku LO. Może to sugerować, że komponent N1 w odpowiedzi na

obrazy nie odzwierciedlał procesu związanego z rzeczywistym przetwarzaniem całego obrazu, tylko inny proces poznawczy. Ponieważ uwaga w warunku LO została zawężona do wybranej części pola widzenia, komponent mógł reprezentować automatyczny, proces ukierunkowania uwagi na cały obraz (rozszerzenie pola uwagi). Taka rola komponentu N1 jest dosyć często raportowana w literaturze przedmiotu (np. Luck, Heinze, Mangun i Hillyard, 1990; Luck i in., 1994; Rugg, Milner, Lines i Phalp, 1987). Rozumując alternatywnie (choć nie sprzecznie z powyższym rozumowaniem), zawężenie uwagi do konkretnego obszaru uwagi mogło, samo w sobie, być przyczyną zwiększonego komponentu N1. Jako potwierdzenie można tutaj przytoczyć badanie, w którym manipulowano nastawieniem uwagi. Nastawienie to mogło mieć charakter globalny (obejmujące cały obraz) lub lokalny (zawężony do konkretnej części obrazu) (Gable i Harmon-Jones, 2012). W badaniu tym wykazano, iż amplituda komponentu N1 jest większa, gdy uwaga jest skupiona lokalnie. Tą drugą interpretację może dodatkowo wzmocnić zaobserwowana w niniejszym badaniu istotna interakcja pomiędzy czynnikami WARUNEKxOBRAZ. Otóż wzór wyników zaobserwowany dla komponentu N1 ($LO > LN = BR$) widoczny był wyłącznie na poziomie obrazów zdeformowanych (OZD), podczas gdy różnice między warunkami nie były istotne na innych poziomach czynnika OBRAZ (NEG, NEU). Ponieważ trudniej odróżnić literę od tła, będącego obrazem zdeformowanym niż obrazem nie-zdeformowanym, komponent N1 mógł odzwierciedlać intensyfikację procesów uwagowych zawężonych do tej części obrazu, w której miała pojawić się litera. W tej interpretacji, tła na których łatwiej jest odróżnić literę (NEG, NEU) nie wymagały by takiego nasilenia procesów uwagowych.

3.4.3. Ograniczenia badania

Należy wspomnieć o kilku ograniczeniach aktualnego badania i jego przyszłych, możliwych kierunkach. Po pierwsze, uzyskane wyniki nie są całkowicie zgodne z

hipotezami -szczególnie te związane z komponentem N1. Jak jednak przedstawiono powyżej, komponent N1 może nie być najlepszym markerem procesów przetwarzania bodźców w zależności od natężenia uwagi odgórnej. Po drugie, nie stwierdzono przewidywanych różnic między warunkami LO i LN, co sugeruje, że zadania te mogły w podobny sposób angażować odgórną uwagę. Przyszłe badania powinny różnicować trudność zadań, tak, aby umożliwić odpowiedź na pytanie, czy odmienna trudność wykonania zadania uwagowego wiąże się z różną głębokością przetwarzania obrazów. Szczególnie cenne byłoby sprawdzenie, czy istnieje liniowa zależność między nasileniem procesów uwagowych a trudnością zadania. Należy przy tym zastrzec, iż brak różnic między warunkami LO i LN nie zmienia głównej konkluzji badania na temat wpływu zaangażowania odgórnych procesów uwagowych na przetwarzanie obrazów. Po trzecie, deformacja obrazu została użyta do usunięcia treści zdjęć przy zachowaniu ich parametrów fizycznych, takich jak jasność lub kolor. Ponieważ tego typu procedura ingeruje w spektrum przestrzenne obrazów, można argumentować, że różnica w potencjałach wywołanych ERP w odpowiedzi na zdeformowane i niezdeformowane obrazy może być przypisana różnym widmom przestrzennym obrazów. Dostępne dane wskazują jednak, iż jeżeli różne widma przestrzenne rzeczywiście wpływają na ERP, to dzieje się tak głównie w przypadku wczesnych komponentów (w przypadku niniejszego badania byłby to komponent N1, co również może tłumaczyć niespodziewane wyniki względem tego komponentu) (Kauffmann, Ramanoël i Peyrin, 2014). W przyszłych badaniach należałoby rozważyć zastosowanie innych metod usuwania treści z obrazów, na przykład przy użyciu transformacji difeomorficznej (patrz: Stojanoski i Cusack, 2014). W końcu należy zwrócić uwagę, iż badane procesy uwagi odgórnej nie koniecznie muszą być tymi samymi, które mają miejsce w przypadku reinterpretacji. W niniejszym badaniu świadomie wybrano bardzo proste procesy manipulacji odgórną uwagą, których

występowanie wydaje się być konieczne w procesie reinterpretacji poznawczej. Wykazując wpływ tych najprostszych procesów intensyfikacji uwagi na przetwarzanie obrazów, z dużą dozą prawdopodobieństwa, należy oczekiwać zbliżonych (lub silniejszych) zależności w przypadku zadania reinterpretacji.

3.4.4. Wnioski

Podsumowując, wyniki dotyczące komponentów P3 i LPP, ale nie komponentu N1, były zgodne z hipotezą dotyczącą wpływu natężenia odgórnych procesów uwagi na przetwarzanie obrazów. Nawet minimalne nasilenie procesów odgórnej uwagi (za które odpowiada DLPFC) może zmniejszyć głębokość przetwarzania prezentowanego obrazu. Co ciekawe, zależność ta widoczna jest nawet wówczas gdy prezentowany obraz jest mocno nacechowany emocjonalnie. Możliwym jest zatem, iż osiągnięte na drodze reinterpretacji obniżenie przetwarzania emocjonalnych bodźców może być, przynajmniej w części, wynikiem samego zaangażowania odgórnych procesów uwagowych, stanowiących postulowany przeze mnie pierwszy etap reinterpretacji.

4. Eksperyment 3 – Udział czynników poznawczej elaboracji bodźca w mechanizmie działania reinterpretacji poznawczej¹¹

4.1. Wprowadzenie

4.1.1. Tło

Pomimo, iż dotychczasowe badania zakładały, iż mechanizm działania reinterpretacji poznawczej można sprowadzić do procesu nadania nowego znaczenia emocjonalnemu bodźcowi, w niniejszej pracy doktorskiej weryfikuję założenie, iż proces ten stanowi wyłącznie finalny etap użycia strategii i jest poprzedzony szeregiem bardziej ogólnych procesów uwagowych i poznawczych mogących również odgrywać istotną rolę w mechanizmie reinterpretacji (patrz część 1.2.3.). Istotnie, jak wykazałem do tej pory, zaangażowanie procesów uwagowych może przyczyniać się do obniżenia reakcji emocjonalnej podczas reinterpretacji. Nasuwa się więc uzasadnione przypuszczenie, iż podobne działania mogą mieć następujące po procesach uwagowych, procesy poznawczej elaboracji bodźca, które wymagają udziału m.in. procesów pamięci roboczej czy procesów kontroli poznawczej za które również odpowiada DLPFC. Konkretnie chodzi tutaj o procesy, jakie muszą mieć miejsce zanim możliwe jest nadanie bodźcowi nowego znaczenia: sama instrukcja dotycząca zadania musi być zrozumiana, wdrożona i przechowywana w pamięci roboczej, a prezentowane bodźce emocjonalne muszą być zrozumiane treściowo, by następnie na ich podstawie, osoba używająca reinterpretacji, mogła aktywnie wygenerować nową interpretację sytuacji. Te procesy niespecyficznej aktywności poznawczej nie są obecne w klasycznym warunku kontrolnym dla reinterpretacji, czyli podczas pasywnego oglądania bodźców emocjonalnych. Aby

¹¹ Patrz również: Wyczesany i Ligęza (2017). Is elaboration of affective content sufficient to attenuate emotional responses during reappraisal procedures? *Biological Psychology*, 127, 99–107

zweryfikować ich wpływ na przetwarzanie bodźców emocjonalnych koniecznym było stworzenie nowego warunku kontrolnego dla reinterpretacji, który różniłby się od reinterpretacji wyłącznie brakiem występowania etapu nadania nowego znaczenia bodźcowi.

4.1.2. Zadanie retrospekcji

Aby umożliwić badanie udziału niespecyficznych procesów poznawczych w mechanizmie działania reinterpretacji, zaprojektowano specjalne zadanie nazwane zadaniem retrospekcji (nazywane dalej RETRO). Główną ideą, zaprojektowania zadania RETRO było stworzenie zadania maksymalnie zbliżonego do typowego zadania reinterpretacji (nazywanego dalej REINT) ze względu na zaangażowanie poznawczych procesów elaboracji bodźca, a różniące się jedynie etapem nadania nowego znaczenia. W przypadku zadania RETRO operacja nadania nowej interpretacji bodźcowi została zastąpiona przez inny proces poznawczy. Było to wyobrażenie tego, co wydarzyło się tuż przed sytuacją, która została zarejestrowana na fotografii. W obu przypadkach uczestnicy badania musieli obejrzeć ten sam zestaw zdjęć i w porównywalny sposób przeanalizować je, aby zrozumieć znaczenie zaprezentowanej sceny. Również w obu przypadkach musieli wygenerować, na podstawie zaprezentowanych scen, nowe wyobrażenie sytuacji i utrzymać w pamięci roboczej instrukcję i cel aktualnego zadania, jednak tylko w przypadku zadania REINT wyobrażenie to ma charakter nadania nowego, mniej intensywnego znaczenia sytuacji.

W niniejszym eksperymencie, osobne grupy uczestników wykonywały równolegle zadanie REINT lub RETRO (manipulacja zadaniami była czynnikiem międzygrupowym). To co różniło obie grupy to fakt, iż badani musieli (zadanie REINT) lub nie musieli (zadanie RETRO) nadawać nowe znaczenie zaprezentowanej sytuacji. W obu przypadkach forma i stopień niespecyficznego obciążenia poznawczego był

porównywalny. Jako takie, zadanie RETRO umożliwiło nowatorskie podejście do weryfikacji wpływu specyficznych (nadanie nowego znaczenia) i niespecyficznych czynników w obniżeniu reakcji emocjonalnych podczas zadania reinterpretacji.

4.1.3. Analiza potencjałów wywołanych

Podobnie jak w innych badaniach nad reinterpretacją z użyciem EEG, do analizy odpowiedzi emocjonalnej użyto komponentu LPP, który był w tym przypadku wskaźnikiem głębokości przetwarzania prezentowanych zdjęć. LPP jest dodatnim i powolnym komponentem, który rozwija się około 400-500 ms po prezentacji bodźca, trwa do kilku sekund, a jego maksymalne natężenie najczęściej rejestruje się w rejonach centralno- ciemieniowych głowy (Hajcak i Nieuwenhuis, 2006; Schupp i in., 2000). Bardziej pozytywna amplituda LPP jest zwykle związana z większą reakcją na emocjonalne obrazy. W paradygmacie badania reinterpretacji, amplituda LPP wyraźnie jednak zmniejsza się w warunku reinterpretacji w porównaniu do warunku kontrolnego (tj. biernego obserwowania zdjęć) i na tej podstawie przyjmuje się, iż zmniejszona amplituda LPP w warunku reinterpretacji odzwierciedla zmniejszoną reakcję emocjonalną i skuteczną kontrolę emocji (Greg Hajcak i in., 2010; Moser i in., 2010).

Wykorzystując wysoką rozdzielczość czasową EEG, w niniejszym badaniu możliwym było śledzenie czasowej dynamiki przetwarzania bodźców prezentowanych w eksperymencie. Założyłem, iż efekty związane z elaboracją bodźca – ze względu na ich złożoność powinny ujawnić się w późniejszych fazach przetwarzania bodźca, uwidocznionych w potencjalne LPP. Korzystając z długiego czasu trwania tego komponentu, zazwyczaj dzieli się go na krótsze okna czasowe, umożliwiające dokładniejszą analizę. Dodatkowo, w eksperymencie analizowano wcześniejsze potencjały wywołane, aby zweryfikować czy oba aktywne zadania (RETRO, REINT) w sposób podobny angażują wczesne procesy percepcyjno-uwagowe. Ze względu na

niejasne wyniki dotyczące komponentu N1 w poprzednim eksperymencie, postanowiono mierzyć także inny komponent o wczesnej latencji: P1. Zarówno zadanie REINT, jak i zadanie RETRO powinny w sposób zbliżony obniżyć wielkość tych komponentów, ponieważ oba zadania wymagają od uczestników badania aktywnego nasilenia procesów odgórnej uwagi na nadchodzące bodźce, a więc przetwarzanie tych bodźców na skutek zaangażowaniu uwagi powinno ulec zmniejszeniu. Komponenty P1 i N1 pochodzą z wtórnej kory wzrokowej i są najbardziej wyraźne na elektrodach potylicznych. Odzwierciedlają one wczesne procesy uwagi, w tym orientację i mechanizmy selekcji uwagi. Latencja komponentu P1 wynosi około 100-150 ms od rozpoczęcia bodźca i może być związana zarówno z wymaganiami zadania percepcyjnego, jak ze złożonością bodźca (Taylor, 2002). N1, który osiąga maksymalną amplitudę w przybliżeniu 150-200 ms po prezentacji bodźca może markować zaangażowanie uwagi, a jego wydłużona latencja wiąże się z wysiłkiem przetwarzania poznawczego (Callaway i Halliday, 1982; Vogel i Luck, 2000).

4.1.4. Przewidywania

W badaniu wzięły udział trzy grupy uczestników: każda z grup stanowiła osoby warunek eksperymentalny (czynnik: GRUPA). Oprócz grup REINT i RETRO, zastosowano klasyczny warunek kontrolny pasywnego oglądania zaprezentowanych zdjęć (grupa kontrolna, GK). Prezentowano zarówno negatywne (NEG), jak i neutralne (NEU) zdjęcia (czynnik walencji: WAL). Spodziewano się efektu czynnika GRUPA na wczesne komponenty P1 i N1, z niższymi amplitudami dla grup REINT i RETRO w stosunku do grupy kontrolnej, co odzwierciedlałoby obniżone przetwarzanie prezentowanych bodźców ze względu na intensyfikację procesów uwagi odgórnej podczas aktywnych zadań. W stosunku do amplitudy LPP postawiono hipotezę odzwierciedlającą głębsze przetwarzanie negatywnych zdjęć w stosunku do neutralnych (NEG>NEU). Przed

wszystkim, spodziewano się efektu interakcyjnego czynników GRUPA x WAL: efekt czynnika GRUPA powinien być widoczny tylko na poziomie emocjonalnych obrazów (NEG), gdzie grupa REINT wykazywałaby najsilniejsze tłumienie amplitud LPP w wyniku działania zarówno niespecyficznych czynników poznawczej elaboracji bodźca oraz czynników związanych z nadaniem nowego znaczenia bodźcowi (zakładane addytywne działanie poszczególnych etapów reinterpretacji). W grupie RETRO oczekiwano, iż efekty tłumienia amplitudy LPP w stosunku do grupy REINT będą mniejsze, ponieważ w tym przypadku występują jedynie czynniki elaboracji poznawczej bez czynników nadania nowego znaczenia bodźcowi. Na poziomie tej interakcji zakładano również, iż amplitudy LPP będą niższe w grupie RETRO i REINT w stosunku do GK.

4.2. Metoda

4.2.1. Uczestnicy badania

W badaniu EEG uczestniczyło 121 ochotników; czterech z nich zostało wykluczonych z dalszych analiz z przyczyn technicznych (awaria techniczna, zarejestrowany słabej jakości sygnał EEG). Dane demograficzne pozostałych badanych przedstawiają się następująco: średni wiek 22.6 (SD 1.6; 75 kobiet, 42 mężczyzn). Wszystkie osoby w momencie badania nie przyjmowały leków (z wyjątkiem ewentualnego przyjmowania doustnych środków antykoncepcyjnych przez kobiety), nie zgłaszały historii jakichkolwiek zaburzeń neurologicznych lub psychiatrycznych ani nadużywania substancji oraz cechowały się normalnym lub skorygowanym do normalnego wzrokiem.

Uczestnicy badania zostali losowo przydzieleni do jednej z trzech grup eksperymentalnych: grupa kontrolna (GK, średni wiek 22.5; SD 1.6; 25 kobiet; 18

mężczyzn), grupa reinterpretacji (REINT, średnia wieku 22.7; SD 1.5; 26 kobiet, 12 mężczyzn) oraz grupa retrospekcji (RETRO, średni wiek 22.6, SD 1.8; 24 kobiety, 12 mężczyzn).

Aby ocenić wpływ strategii REINT i RETRO na subiektywne miary związane z nastrojem, zebrano dodatkowe dane behawioralne w oddzielnym eksperymencie z udziałem innej grupy 60 osób (średnia wieku 23.3, SD 1.5; 41 kobiet, 19 mężczyzn), które poddano badaniu analogiczną, choć pozbawioną rejestracji sygnału EEG, procedurą. Losowy przydział osób do grup rozkładał się następująco: GK (średni wiek 23.1, SD 1.5; 14 kobiet, 6 mężczyzn), REINT (średni wiek 23.3, SD 1.6; 14 kobiet, 6 mężczyzn), RETRO (średni wiek 23.4; SD 1.5; 13 kobiet, 7 mężczyzn).

4.2.2. Materiały i aparatura

Wybranych zostało 48 zdjęć ze standaryzowanej bazy Nencki Affective Picture System (NAPS) (Marchewka i in., 2013), z których 24 przedstawiało neutralne sceny (przedmioty gospodarstwa domowego, neutralne krajobrazy, osoby zaangażowane w codzienne czynności lub interakcje, neutralne zwierzęta; NEU) a 24 przedstawiało nieprzyjemne sceny (obrazy przemocy, smutni ludzie, okaleczone zwierzęta, zabiegi chirurgiczne, wypadki; NEG). Wszystkie zdjęcia zostały znormalizowane pod względem jasności. Oceny normatywne zdjęć oparto na dyskretnej skali od 1 do 9, gdzie wartość w przypadku skali walencji, "1" oznaczała ocenę "bardzo negatywną", "5" - neutralną, a "9" - bardzo pozytywną. W przypadku skali pobudzenia ocena "1" oznaczała "duże zrelaksowanie", "5" - neutralność, a "9" - "pobudzenie". Zestawy zdjęć różniły się wartościami dla skali walencji (średnia 5.86 dla obrazów neutralnych, średnia 2.85 dla obrazów ujemnych, $t(23) = -13.43$, $p < 0.001$) i skali pobudzenia (odpowiednio średnia 4.52 i 6.41, $t(23) = 9.13$, $p < 0.001$).

Zadanie zostało wykonane na komputerze z 61-centymetrowym monitorem LED, z użyciem oprogramowania PsychoPy (Peirce, 2008) w celu kontrolowania prezentacji bodźców. Każde zdjęcie było prezentowane na pełnym ekranie monitora w odległości około 60 cm. Zdjęcia zajmowały około 50 stopni poziomego kąta widzenia.

4.2.3. Procedura

4.2.3.1. *Paradygmat zadania*

W zależności od grupy eksperymentalnej, każdy uczestnik otrzymał dodatkowe instrukcje dotyczące oglądania zdjęć. Uczestnicy grupy kontrolnej (GK) zostali poinstruowani, aby oglądać zaprezentowane zdjęcia w sposób pasywny i reagować na nie naturalnie, pozwalając, by w odpowiedzi na nie pojawiły się spontaniczne emocje. Zarówno uczestnicy grup RETRO, jak i REINT zostali poproszeni o wykonanie dodatkowego zadania za każdym razem, gdy uznają prezentowane zdjęcie za negatywne (opis tych zadań zostanie przedstawiony poniżej). Ze względu na fakt, iż obrazy typu NEG były łatwo rozpoznawalne, w badaniu nie użyto dodatkowych wskazówek sugerujących konkretne zachowanie w związku z prezentacją zdjęcia. Uważam, bowiem, że tego typu wskazówki mogłyby wywoływać efekty antycypacyjne (prezentowane przed slajdami) lub odciągnąć uwagę od głównych bodźców (prezentowane jednocześnie ze slajdami).

Przed sesją badawczą, uczestnicy badania przechodzili pogłębiony trening w stosowaniu odpowiednich strategii. W trakcie tej sesji treningowej uczestnicy zostali poinstruowani, aby w trakcie kilku prób stosować technikę RETRO lub REINT werbalizując swoje odpowiedzi, dzięki czemu eksperymentator mógł udzielać odpowiedzi zwrotnych i kształtować pożądaną reakcję osób badanych. Sesja treningowa trwała

dopóki eksperymentator nie upewnił się, że uczestnicy prawidłowo wykonują zadanie i dopóki uczestnicy zadeklarują, iż są gotowi do rozpoczęcia sesji eksperymentalnej.

Podczas treningu grupa REINT została trenowana, jak zmniejszyć negatywne emocje wywołane obrazami w sposób podobny do opisanego przez Ochsnera i in. (2004) (taką samą procedurę treningową zastosowano również w przypadku pierwszego eksperymentu niniejszej rozprawy doktorskiej). Reinterpretacji obrazów uczestnicy badania mogli dokonać poprzez: 1) zaprzeczanie ich rzeczywistości, 2) przyjęcie perspektywy trzecioosobowej lub 3) wyobrażenie sobie pozytywnych skutków przedstawionej sytuacji. Uczestnicy mogli dowolnie korzystać z tych strategii, aby w sposób najbardziej efektywny złagodzić odczuwalną emocjonalność powstałą w wyniku prezentacji zdjęć.

Grupa RETRO została wytrenowana w wyobrażaniu sobie, co działo się tuż przed zrobieniem przedstawionego zdjęcia. Aby odróżnić to zadanie od zadania reinterpretacji, szczególny nacisk położono na to, aby uczestnicy badania: 1) nie zmieniali interpretacji zdjęcia tj. nie oceniali zdjęcia w bardziej pozytywny lub negatywny sposób, oraz 2) myśleli o tym co zdarzyło się tylko kilka sekund przed zrobieniem zdjęcia i tym samym nie zmieniali w swych wyobrażeniach treściowego aspektu zdjęcia. Na przykład, gdy uczestnikom badania pokazano obraz zniszczonego, w wyniku wypadku komunikacyjnego, samochodu -- poproszono ich o wyobrażenie sobie chwili samego wypadku z udziałem tych samych pojazdów, ludzi lub przedmiotów. Ich wyobrażenia nie mogły być bardziej negatywne (np. wyobrażone większe uszkodzenia/obrażenia) lub bardziej pozytywne (np. mniej uszkodzeń, mniej obrażeń). Ponadto wyobrażenia nie mogły się odnosić do momentu poprzedzającego wypadek (np. uczestnicy byli proszeni o wyobrażanie sobie samego momentu wypadku a nie momentu gdy osoba bezpiecznie prowadzi samochód). Podobnie, jeśli uczestnicy widzieli zdjęcia pochodzące z procedury

medycznej (na przykład wbicia strzykawki w ramię pacjenta), musieli oni wyobrazić sobie wcześniejsze etapy tej procedury (np. moment wbicia strzykawki w skórę lub moment robienia zastrzyku), ale nie mogli cofnąć się w wyobrazeniach do etapu poprzedzającego rozpoczęcie zabiegu medycznego (np. gdy pacjent czeka na ów zabieg). Podobnie jak w przypadku zadania REINT, dokładny trening do zadania RETRO odbył się przy udziale eksperymentatora. Kiedy uczestnicy generowali i werbalizowali (w celu umożliwienia treningu) wyobrażenia odzwierciedlające zły moment lub scenę, która mogła znacząco zmienić emocjonalność obrazu, eksperymentator poprosił uczestnika o inne wyobrażenie lub proponował alternatywny przykład. Kiedy wyobrażenia osób badanych były zgodne z wyżej wymienionymi zasadami, uczestnicy otrzymywali pozytywną informację zwrotną od eksperymentatora. Tak przeprowadzany trening powodował, że po kilkunastu próbach (zwykle 10-15), badani zaczęli używać strategii w obu zadaniach zgodnie z założeniami. Dołożono wszelkiej staranności, aby zadania REINT i RETRO były zrównoważone pod względem procesów poznawczych koniecznych do ich przeprowadzenia. Oba zadania wymagały, aby badani opracowywali treść zdjęć i na tej podstawie wygenerowali alternatywne wyobrażenie, ale tylko zadanie reinterpretacji wymagało zmiany znaczenia przedstawionych zdjęć.

W sesji eksperymentalnej wszystkim uczestnikom zaprezentowano 48 zdjęć (24 negatywne, 24 neutralne), po każdych ośmiu próbach następowało 30 sekund przerwy. Kolejność prezentacji zdjęć była losowa dla każdego z uczestników. Czas prezentacji był następujący: krzyż fiksacji - 0.5 s, pusty ekran - 1 s, obraz - 3s. Po sesji eksperymentalnej każdy z uczestników został zapytany czy udało mu się przestrzegać zasad i założeń dotyczących zadania.

4.2.3.2. *Eksperyment EEG*

Procedura była zgodna z dyrektywami Deklaracji Helsińskiej (z 1975 r., Zrewidowana w 2000 r.) i zatwierdzona przez Komisję Etyczną Instytutu Psychologii Uniwersytetu Jagiellońskiego. Do badania, uczestnicy zostali losowo przydzieleni do jednej z trzech grup: grupa kontrola (GK), grupa reinterpretacji (REINT) lub grupa retro (RETRO). Uczestnikom przedstawiono krótki opis eksperymentu (rejestracja aktywności mózgu podczas oglądania obrazów i wykonywanie prostych zadań poznawczych). Uczestnicy zostali następnie poproszeni o wypełnienie świadomej zgody na udział w badaniu, po czym zamontowany został sprzęt służący rejestracji sygnału EEG.

4.2.3.3. *Ocena behawioralna*

Niezależna procedura służyła pozyskaniu behawioralnych ocen uczuć generowanych przez bodźce zaprezentowane w głównej procedurze. Oceny subiektywne zostały zebrane osobno, aby uniknąć ingerencji w główne zadanie podczas nagrywania sygnału EEG. Po przybyciu do laboratorium, uczestnicy zostali losowo przydzieleni do jednej z trzech grup: GK, REINT lub RETRO. Po podpisaniu formularzy świadomej zgody, przeszli dogłębny trening w zakresie stosowania odpowiedniej strategii, zgodnie ze schematem opisanym w przypadku badania EEG. W zależności od grupy, poproszono ich o skorzystanie z odpowiedniej strategii podczas oglądania zdjęć (ten sam zestaw zdjęć, co w eksperymencie EEG), gdy uważali je za negatywne. Po kilku próbach treningu, uczestnicy oceniali 96 zdjęć (dwukrotnie oceniając każde zdjęcie z głównego eksperymentu). Każda próba składała się z 0.5 sekundowej prezentacji pustego ekranu, po którym następowała prezentacja zdjęcia. Po 2.5 sekundach od jego pojawienia się zdjęcia pojawiała się pod nim wizualna skala analogowa. Skala była dwubiegunową ciągłą linią, gdzie po lewej stronie widniała etykieta "neutralny" (wartość 0), a po prawej stronie

widniała etykieta "negatywny" (wartość 1). Uczestnicy musieli oszacować odczuwane przez nich pobudzenie emocjonalne wywołane przez każde zdjęcie poprzez kliknięcie w odpowiednie miejsce na linii. Skala i zdjęcie pozostawały na ekranie, dopóki uczestnik nie ukończył oceny.

4.2.4. Analiza danych

4.2.4.1. *Zapis psychofizjologiczny*

Zapis EEG przeprowadzono przy użyciu urządzenia Biosemi Active Two wyposażonego w zestaw 64 aktywnych elektrod umieszczonych w czepku o standardowej lokalizacji 10-20 i dwóch elektrod umieszczonych na lewej i prawej kości mastoidowej w celu późniejszej referencji sygnału. Dodatkowe cztery elektrody umiejscowione zostały powyżej i poniżej prawego oka oraz przy zewnętrznych częściach obu oczu i użyte zostały do zarejestrowania sygnału generowanego przez mrugnięcia i ruchy sakkadowe gałek ocznych.

W celu obróbki sygnału EEG użyto oprogramowania EEGLab w wersji 13.5.4b. Próbkowanie sygnału zostało ustawione na częstotliwość 256 Hz. Względem sygnału użyto filtrów cyfrowych: górnoprzepustowego o częstotliwości 0.1 Hz i dolnoprzepustowego o częstotliwości 46Hz. By zidentyfikować i odrzucić artefakty związane z mrugnięciami i ruchem gałek ocznych, użyto analizy niezależnych komponentów (ICA), w oparciu o ich charakterystykę przestrzenną i czasową (Jung i in., 2000). Komponenty związane z artefaktami ocznymi zidentyfikowano, a następnie odjęto od sygnału EEG. Korekcja linii bazowej (base-line correction) dla segmentacji ERP została ustawiona na -100 do 0 ms w stosunku do początku bodźca. Segmenty zawierające artefakty mięśniowe zostały automatycznie usunięte przy użyciu procedury odrzucania nieprawidłowych widm zaimplementowanej w EEGlab z następującymi

parametrami: zakres częstotliwości 25 do 45 Hz, górny limit 30 dB. Dane dotyczące poszczególnych warunków poddano dalszej analizie tylko wtedy, gdy do uśrednienia użyto nie mniej niż 15 segmentów wolnych od artefaktów.

4.2.4.2. Potencjały wywołane

Wczesne komponenty wizualne zdefiniowano jako największe pozytywne odchylenie sygnału obserwowane w oknie czasowym 80-130 ms (P1), a następnie duże ujemne odchylenie w oknie czasowym 140-190 ms (N1) (Hillyard i Anllo-Vento, 1998), uśrednione z elektrod O1, PO3, PO4 i O2, które zostały wybrana na podstawie wzrokowej inspekcji przebiegów potencjałów (Grzybowski, Wyczesany i Kaiser, 2014). Ponieważ uśrednione przebiegi ERP wykazały różnice w latencji tych wczesnych komponentów, przeprowadzono dodatkową analizę latencji tych komponentów zdefiniowanymi jako maksymalny pik znaleziony w predefiniowanych oknach czasowych.

Późny pozytywny potencjał LPP zdefiniowano jako średnią aktywność z elektrod Cz, CPz i Pz w obrębie trzech przedziałów czasowych. Zostały one wybrane po wizualnej inspekcji globalnej mocy pola ERP (global field power, GFP), która wykazała dwa wyraźnie różne maksima. Odpowiadały one wczesnej i późnej fazie komponentu: 400-1000 ms (LPP1) i 1500-3000 ms (LPP3), z dodatkowym średnim czasem latencji między tymi maksymami 1000-1500 ms (LPP2). Analiza statystyczna została przeprowadzona za pomocą serii dwuczynnikowych analiz ANOVA dla każdego komponentu, przy czym GRUPA była czynnikiem między-grupowym (trzy poziomy grup: REINT - grupa reinterpretacji, RETRO - zadanie retro i GK - grupa kontrolna z pasywnym oglądaniem zdjęć), a WAL czynnikiem wewnątrz-grupowy (dwa poziomy: NEU - neutralne zdjęcia, NEG - negatywne zdjęcia). Tam, gdzie było to stosowne, wartości p podlegały korekcji na wielokrotne porównania z użyciem testu Bonferroniego.

4.2.4.3. *Miary behawioralne*

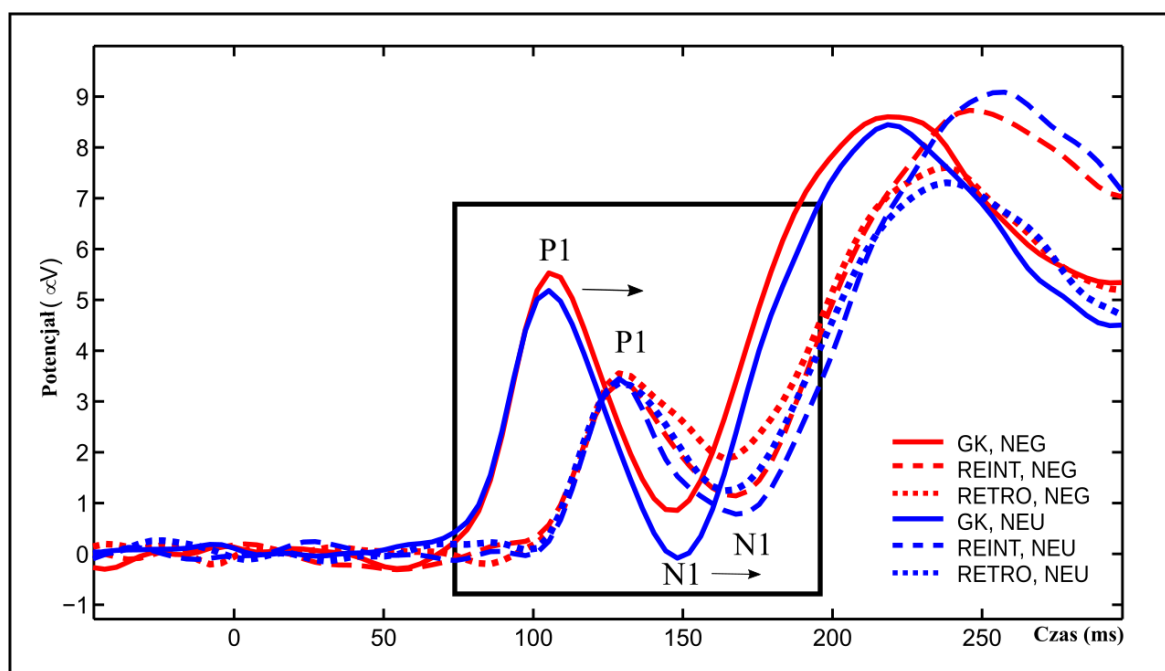
Do oceny wpływu różnych zadań (REINT, RETRO, GK) na subiektywne oceny negatywności obrazu, zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji ANOVA z czynnikiem międzygrupowym (GRUPA) oraz czynnikiem wewnątrz grupowym dotyczącym zdjęć (WAL). Testy post-hoc zostały skorygowane przy użyciu testu Bonferroniego.

4.3. Wyniki

4.3.4. N1, P1

Nie stwierdzono żadnych istotnych efektów głównych ani interakcji pomiędzy czynnikiem GRUPA a WAL dla amplitud N1 lub P1. Zaobserwowano jednak znaczące różnice w latencji obu komponentów. Ponieważ wyszukanie pików komponentów nie było skuteczne w przypadku wszystkich obserwacji, analizowano tylko następujący podzbiór: 71 obserwacji dla P1 (28 w GK, 22 w REINT i 21 w grupie RETRO) i 73 obserwacje dla N1 (odpowiednio 30, 22 i 21). Wystąpił efekt grupowy latencji P1 ($F(2,68) = 33.1, p < 0.001; \eta^2 = 0.9$) z testami post-hoc wykazującymi istotną różnicę między grupami GK i REINT (107.2 ms vs 126.4 ms; $t(48) = -5.96, p < 0.001$), jak również między grupami GK i RETRO (107.2 ms wobec 132.0 ms, $t(47) = -7.59, p < 0.001$). Nie zaobserwowano znaczącej różnicy między grupami RETRO i REINT (132.0 ms wobec 126.4 ms, $t(41) = 1.62, p = 0.32$). Podobnie, w stosunku do latencji komponentu N1 również wykazały silnie istotny efekt grupowy ($F(2,70) = 23.2, p < 0.000, \eta^2 = 0.40$) pomiędzy grupami GK i REINT (144.9 ms vs 165.1 ms, $t(50) = -5.72, p < 0.0001$), jak również między grupami GK i RETRO (144.9 ms wobec 165.6 ms, $t(49) = -5.76, p < 0.001$). Ponownie, różnica między grupami RETRO i REINT była nieistotna (114.9 ms wobec 165.1 ms, $t(41) = -0.11, p = 1$). Przebiegi wczesnych komponentów

wraz z widocznym opóźnieniem ich latencji w przypadku zadań aktywnych przedstawia rycina 6.



Rycina 6. Przebiegi wczesnych potencjałów wywołanych w odpowiedzi na zdjęcia. Linia ciągła przedstawia odpowiedzi w grupie kontrolnej (GK), linia kreskowana w grupie używającej reinterpretacji (REINT), natomiast linia kropkowana w grupie używającej zadania retrospekcji (RETRO). Czerwony kolor linii przedstawia odpowiedzi na negatywne zdjęcia (NEG), podczas gdy niebieski – na neutralne (NEU). W zaznaczonym polu widoczne jest zwiększenie latencji pików komponentów P1 i N1 w przypadku aktywnych zadań (REINT, RETRO)

4.3.5. LPP1 (400-1000ms)

Zaobserwowano główny efekt czynnika WAL ($F(1,144) = 42.8$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.27$), ze średnią amplitudą wyższą dla zdjęć NEG w porównaniu do zdjęć NEU ($-40 \mu\text{V}$ vs. $-3.01 \mu\text{V}$). Wystąpił również istotny efekt główny GRUPY ($F(2, 114) = 4.1$, $p = 0.018$, $\eta^2 = 0.13$) z testami post-hoc wskazującymi na, znacząco wyższą amplitudę LPP1 w grupie GK niż w grupie REINT ($-0.19 \mu\text{V}$ względem $-3.29 \mu\text{V}$; $t(79) = 2.59$; $p = 0.032$). Grupa RETRO nie wykazała istotnych różnic między grupą GK ($-1.67 \mu\text{V}$ vs. $-1.7 \mu\text{V}$; $t(77) = -1.33$; $p = 0.562$) oraz grupą REINT ($-1.67 \mu\text{V}$ vs. $-3.29 \mu\text{V}$; $t(72) = 1.47$, $p = 0.432$). Nie zaobserwowano istotnej interakcji pomiędzy czynnikami WAL i GRUPA ($F(2,117) = 1.1$; $p = 0.253$; $\eta^2 = 0.024$).

4.3.6. LPP2 (1000-1500ms)

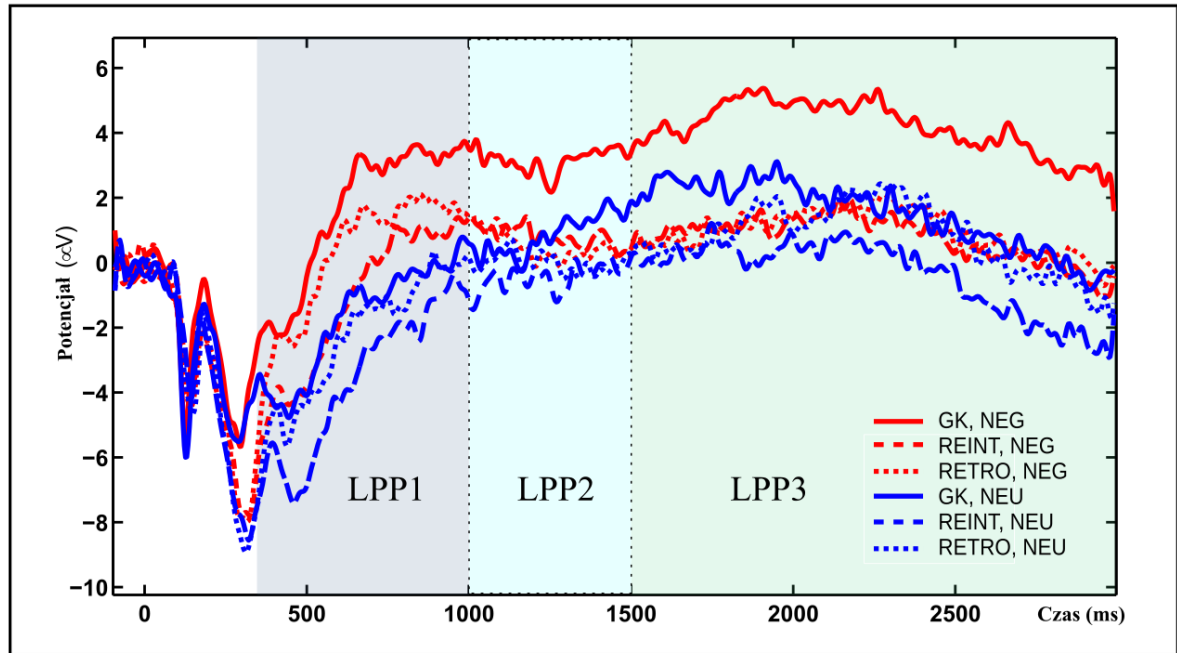
Zaobserwowano wyłącznie efekt główny czynnika WAL ($F(1,144) = 10.9$; $p = 0.001$; $\eta^2 = 0.09$), z wyższą amplitudą komponentu dla NEG w porównaniu do zdjęć NEU ($1.70 \mu\text{V}$ vs. $0.25 \mu\text{V}$). Ani efekt GRUPY, ani interakcja między oboma czynnikami nie była istotna statystycznie.

4.3.7. LPP3 (1500-3000ms)

Ponownie, zaobserwowano efekt główny WAL ($F(1,144) = 10.3$; $p = 0.002$; $\eta^2 = 0.08$), z wyższymi amplitudami dla zdjęć NEG w porównaniu do zdjęć NEU ($2.155 \mu\text{V}$ wobec $0.686 \mu\text{V}$). Efekt główny GRUPY był również istotny ($F(2,114) = 3.2$; $p = 0.046$; $\eta^2 = 0.05$); jednak największa różnica w teście post-hoc dla grup REINT i GK była bliska progowi istotności ($0.35 \mu\text{V}$ wobec $2.89 \mu\text{V}$, $t(79) = -2.42$, $p = 0.052$), natomiast różnice między RETRO i GK ($1.03 \mu\text{V}$ wobec $2.89 \mu\text{V}$, $t(77) = -1.75$, $p = 0.251$) oraz grupy REINT i RETRO ($0.35 \mu\text{V}$ wobec $1.02 \mu\text{V}$, $t(72) = -1.61$, $p = 1$) były nieistotne. Dodatkowo wystąpiła znacząca interakcja pomiędzy czynnikami WAL * GRUPA ($F(2,114) = 3.7$; $p = 0.027$; $\eta^2 = 0.06$). Analiza prostych efektów wykazała, że uśredniona amplituda w odpowiedzi na zdjęcia NEG różniła się zarówno pomiędzy GK a REINT ($4.10 \mu\text{V}$ w porównaniu z $0.90 \mu\text{V}$, $t(79) = 3.20$, $p = 0.004$) i GK w porównaniu z grupami RETRO ($4.097 \mu\text{V}$ w porównaniu z $1.20 \mu\text{V}$; $t(77) = 2.94$, $p = 0.008$), podczas gdy nie stwierdzono różnic między grupami REINT i RETRO ($0.89 \mu\text{V}$ wobec $1.20 \mu\text{V}$; $t(72) = -0.19$, $p = 1$). W przypadku zdjęć NEU wszystkie proste efekty były nieistotne: GK vs REINT ($1.32 \mu\text{V}$ vs $-0.20 \mu\text{V}$, $t(79) = 1.21$, $p = 0.682$), GK kontra RETRO ($1.32 \mu\text{V}$ vs $0.93 \mu\text{V}$; $t(77) = 0.31$, $p = 1$) i grup REINT w porównaniu z grupami RETRO ($-0.20 \mu\text{V}$ vs. $1.32 \mu\text{V}$; $t(72) = -0.86$, $p = 1$).

Przebiegi potencjałów wywołanych z zaznaczonymi oknami czasowymi okien

LPP prezentuje rycina 7.



Rycina 7. Przebiegi potencjałów wywołanych w odpowiedzi na zdjęcia. Linia ciągła przedstawia odpowiedzi w grupie kontrolnej (GK), linia kreskowana w grupie używającej reinterpretacji (REINT), natomiast linia kropkowana w grupie używającej zadania retrospekcji (RETRO). Czerwony kolor linii przedstawia odpowiedzi na negatywne zdjęcia (NEG), podczas gdy niebieski – na neutralne (NEU). Różne kolory tła wykresów stanowią okna czasowe komponentu LPP (odpowiednio LPP1, LPP2 i LPP3)

4.3.8. Dane behawioralne

Oba główne efekty: GRUPA ($F(2,57) = 36.8, p < 0.001$) oraz WAL ($F(1,57) = 602.9, p < 0.001$) były istotne statystycznie. Interakcja między czynnikami również osiągnęła poziom istotności statystycznej ($F(2,57) = 37.8, p < 0.001$). Analiza prostych efektów wykazała, iż różnice w ocenach emocjonalności obrazu między grupami były znaczące tylko dla obrazów negatywnych ($F(2,57) = 41.47, p < 0.001$), natomiast nieistotne w przypadku obrazów neutralnych ($F(2,57) = 2.77, p = 0.07$). Testy post-hoc ujawniły, że postrzegana negatywność obrazów NEG była niższa w grupie REINT niż

GK (0.26 vs 0.61, $t(38) = -7.58$; $p < 0.001$) i grupie RETRO (0.26 vs 0.63; $t(38) = -8.04$; $p < 0.001$). Różnica między grupami GK i RETRO nie była istotna ($t(38) = -0.6$; $p = 0.55$).

4.4. Dyskusja

W badaniu weryfikowano rolę procesów niespecyficznego elaboracji bodźca w obniżaniu reakcji emocjonalnej podczas procesu reinterpretacji. W eksperymencie o schemacie międzygrupowym, oprócz klasycznego warunku reinterpretacji (grupa przeszkolona w używaniu reinterpretacji, REINT) i warunku kontrolnego (grupa pasywnie oglądająca zdjęcia bez dodatkowego zadania, GK), zastosowano dodatkowy warunek RETRO (grupa przeszkolona w zadaniu polegającym na poznawczej elaboracji bodźców emocjonalnych bez typowego dla reinterpretacji etapu nadania nowego znaczenia bodźcom). Najważniejszym odkryciem niniejszego badania było wskazanie, iż odpowiedź emocjonalna na prezentowane negatywne zdjęcia w grupie RETRO została obniżona w podobnym stopniu co w przypadku grupy REINT. Potwierdza to przypuszczenie, iż sama poznawcza elaboracja bodźców afektywnych, konieczna do zastosowania reinterpretacji, jednak bez jej kluczowego etapu, może obniżać poziom przetwarzania afektywnych bodźców. Poniżej przedstawiono szczegółową dyskusję otrzymanego wzorca wyników.

4.4.4. Wczesne potencjały wywołane

Aby móc porównać poziom zaangażowania uwagowego i poznawczego w grupie REINT i RETRO mierzono wczesne potencjały wywołane, które odzwierciedlają obciążenie uwagowo-poznawcze. Pomimo, iż nie zaobserwowano przewidywanych różnic w amplitudach wczesnych komponentów (P1, N1), zaobserwowano silny efekt opóźnionej latencji tych komponentów w obu grupach aktywnych zadaniowo (REINT i RETRO) w porównaniu do grupy kontrolnej (GK). Efekt ten może być interpretowany

jako wskaźnik wysiłku związanego z uwagowym przetwarzaniem bodźców we wczesnej fazie percepcyjnej zadania. Obciążenie to odróżniało pasywną grupę GK od obu aktywnych grup. Choć literatura dotycząca latencji komponentu P1 jest dosyć ograniczona, wielokrotnie wykazywano, iż latencja N1 podczas złożonych i wymagających zadań jest opóźniona, w porównaniu z biernym przetwarzaniem treści (Callaway i Halliday, 1982; Fort, Besle, Giard i Pernier, 2005). Wykazano także, że latencja komponentu N1 pozytywnie koreluje z obciążeniem uwagowym związanym z selektywną uwagą (O'Connell, Schneider, Hester, Mattingley i Bellgrove, 2011). Co ważne, w niniejszym eksperymencie opóźnienia latencji obu pików były równo zwiększone: zarówno w grupie REINT, jak grupie RETRO. Sugeruje to, że udało się zrealizować cel, jakim było zrównoważenie obu zadań pod względem procesów uwagowego przetwarzania bodźca, które należało wykonać w obu zadaniach oraz zrównoważenie poziomu trudności przetwarzania sensorycznego w obu zadaniach. Potwierdza to główną tezę tego badania, mianowicie, iż warunek reinterpretacji różni się od pasywnego oglądania treści w wielu aspektach, nie tylko obecnością lub brakiem obecności nadania nowego znaczenia bodźcowi. Można mniemać, iż zarówno w przypadku zadania REINT jak i zadania RETRO, zaangażowanie uwagi na wczesnym etapie było znacznie wyższe w porównaniu do GK. Te wczesne wpływy odgórne mogą oddziaływać na cały przebieg przetwarzania bodźca, co zostało już potwierdzone w dwóch poprzednich badaniach niniejszej rozprawy doktorskiej.

4.4.5. Potencjał LPP

Najważniejsze analizy niniejszego badania dotyczyły późnego potencjału (LPP), uważanego za ogólny wskaźnik głębokości rzeczywistego przetwarzania emocjonalnego. Zgodnie z oczekiwaniami, efekt walencji był bardzo silny dla wszystkich trzech analizowanych okien czasowych, z wyższymi amplitudami dla negatywnych bodźców, w

porównaniu do neutralnych obrazów. Niespodziewanie jednak, dla okna czasowego LPP1 (400-1000ms) wystąpił istotny efekt główny grupy bez interakcji z czynnikiem walencji obrazu. Oznacza to, że na tym etapie przetwarzania różnice między grupami były widoczne nie tylko dla negatywnych obrazów, ale były również obecne w odpowiedzi na bodźce neutralne. Ponieważ reinterpretacja poznawcza odnosi się przede wszystkim do negatywnych, nieprzyjemnych treści, wynik ten wymaga głębszej analizy. W badaniu bowiem zaznaczono, aby strategię stosowano wyłącznie w odniesieniu do negatywnych zdjęć. Co więcej, podczas treningu oraz po skończonym zadaniu eksperymentalnym sprawdzaliśmy, czy badani stosowali się do instrukcji i czy neutralne obrazy nie zainicjowały zadania REINT lub RETRO.

Możliwym wytłumaczeniem braku interakcji z walencją obrazu jest zatem to, że uczestnicy badania w grupach REINT i RETRO podejmowali dodatkowy wysiłek poznawczy w stosunku do wszystkich nadchodzących bodźców, tak aby podjąć decyzję czy podczas aktualnego zdjęcia należy użyć strategii. Taki meta-proces można by uznać za dodatkową aktywność uwagową, która najwyraźniej wpłynęła na najwcześniejszą fazę LPP, tak jak miało to miejsce w eksperymencie 2, gdzie również pewne nastawienie uwagowe niespecyficznie zmniejszyło odpowiedź na wszelkie prezentowane bodźce.

Na podstawie istniejących danych nie ma jednak możliwości stwierdzić czy wyżej postulowany mechanizm mógłby dotyczyć także grupy RETRO, ponieważ testy post-hoc nie różnicowały amplitudy LPP1 w tej grupie w porównaniu z grupą REINT lub GK (średnia wartość amplitudy LPP1 dla grupy RETRO była pomiędzy średnimi wartościami dla dwóch pozostałych grup). Jednocześnie, nie można wykluczyć, że w grupie RETRO nastąpił bardzo zbliżony, wstępny proces decyzyjny przed rozpoczęciem zadania. Być może jednak, obniżający efekt na amplitudę LPP1 nie był tak mocno zaznaczony jak w przypadku grupy REINT.

Oprócz głównych efektów walencji i grupy, późna faza komponentu LPP (okno czasowe LPP3, 1500-3000ms) wykazała interakcję między tymi dwoma czynnikami (GRUPA x WAL). Zgodnie z oczekiwaniami, efekt osłabienia amplitudy LPP3 był widoczny tylko dla negatywnych obrazów. Co ważne, w tym oknie czasowym zarówno amplitudy LPP3 dla grupy REINT, jak i grupy RETRO były nieodróżnialne od siebie. W rzeczywistości w grupach aktywnie wykonujących zadanie, amplituda LPP3 w odpowiedzi na bodźce negatywne była podobna do tej wywołanej przez bodźce neutralne, czego nie zaobserwowano w grupie kontrolnej (tam odpowiedź na bodźce negatywne była znacząco większa).

Przyjmując zatem (zgodnie z literaturą) (Olofsson i in., 2008; Schupp i in., 2000), iż potencjał LPP stanowi marker przetwarzania emocjonalnego - strategia reinterpretacji istotnie modulowała odpowiedź emocjonalną w późniejszej fazie przetwarzania bodźca emocjonalnego. Ten sam poziom modulacji zaobserwowano jednak również w grupie RETRO, gdzie uczestników badania proszono o elaborację materiału, bez użycia kluczowego składnika procesu reinterpretacji – nadania emocjonalnemu bodźcowi nowego znaczenia. Ponownie, wsparta została główna teza niniejszego badania, iż nadanie nowego znaczenia bodźcom afektywnym nie jest jedynym czynnikiem leżącym u podstaw modulujących efektów obserwowanych w badaniach reinterpretacji. Zamiast tego, złożona elaboracja poznawcza, która zwykle towarzyszy reinterpretacji (np. opracowywanie treści zdjęcia, generowanie na ich podstawie nowych wyobrażeń), sama w sobie, wystarcza do zmniejszenia reakcji emocjonalnych.

4.4.6. Wyniki behawioralne

Wyniki dotyczące komponentu LPP okazały się częściowo niespójne z wynikami behawioralnymi, ponieważ w tych ostatnich zmniejszenie negatywności odczuwanych emocji zaobserwowano wyłącznie w grupie REINT a nie zaobserwowano w grupie

RETRO. Można mniemać, iż różnice te mogły wynikać z różnej dynamiki modulacji odpowiedzi emocjonalnej w grupach REINT i RETRO. Jest prawdopodobne, że widoczna jedynie w danych behawioralnych, skuteczność strategii reinterpretacji wynika z faktu, że skutki jej stosowania są bardziej trwałe; gdy emocjonalnej treści zostanie już nadane nowe znaczenie, negatywność odczuwanych uczuć zostaje zredukowana na dłuższy czas. Wykazano bowiem, że ponowna prezentacja zdjęć co do których została wcześniej zastosowana reinterpretacja, wywołuje niższe pobudzenie emocjonalne niż ponowna prezentacja zdjęć, które były wcześniej po prostu biernie oglądane (Silvers, Shu, Hubbard, Weber i Ochsner, 2015; Thiruchselvam i in., 2011). Możliwe zatem, że oceny behawioralne w niniejszym badaniu, które były zbierane kilka sekund po pojawieniu się emocjonalnego bodźca, odzwierciedlały tę późną, stabilną redukcję negatywnych uczuć w przypadku grupy REINT. Brak raportowanej przez uczestników badania modulacji afektywnej w grupie RETRO może wiązać się ze wznowieniem negatywności odczuwanych uczuć zaraz po tym, jak zadanie RETRO zostało przerwane. Dlatego też, w tym przypadku dane behawioralne i elektrofizjologiczne mogą odzwierciedlać różne fazy percepcji i reinterpretacji bodźca: dane EEG odzwierciedlają odpowiedź rozwijającą się w pierwszych sekundach po pojawieniu się bodźca, podczas gdy dane behawioralne odzwierciedlają ostateczny, bardziej trwały rezultat stosowanie strategii.

Kolejną kwestią, którą należy wziąć pod uwagę analizując rozbieżność w danych behawioralnych i EEG, jest charakterystyka samego zadania reinterpretacji. Sposób, w jaki zbierane są odpowiedzi behawioralne może bowiem powodować, iż uczestnicy badania w swoich odpowiedziach starają się potwierdzić hipotezę badawczą, która w tym przypadku jest *explicite* wyrażona przez eksperymentatora (Silvers, Wager, Weber i Ochsner, 2015; Troy, Shallcross i Mauss, 2013). Osoby badane, w warunku

reinterpretacji są proszone o użycie strategii w celu obniżenia negatywnych emocji, natomiast tego typu sugestia nie występuje w zadaniu RETRO. Niniejsza interpretacja poddaje w wątpliwość stosowanie subiektywnych miar pobudzenia emocjonalnego w zadaniu reinterpretacji poznawczej.

4.4.7. Ograniczenia badania

Na koniec należy wspomnieć o pewnych ograniczeniach badania. Po pierwsze, dokładne porównanie zadań REINT i RETRO w kontekście alokacji uwagi i obciążenia poznawczego jest trudne, ponieważ ciężko jest precyzyjnie kontrolować te czynniki w obu zadaniach. Problem ten obejmuje również dokładny sposób w jaki uczestnicy badania realizowali te zadania. Należy jednak zauważyć, iż jest to jednak bardziej ogólny problem, który nie ogranicza się do obecnego badania a stanowi ograniczenie całego paradygmatu – nie jest możliwa dokładna kontrola sposobu w który osoby badane używają reinterpretacji. Po drugie, subiektywne oceny dotyczące stanu afektywnego, na które miały wpływ zadania eksperymentalne, zostały zebrane przy udziale innej grupy osób. Korzystanie z metod samooceny ma niewątpliwie dużą wartość w badaniach emocjonalnych, jednak w niniejszym badaniu, gdzie negatywne i neutralne obrazy zostały wymieszane ze sobą, nie było możliwe zbieranie tych ocen w tej samej próbie osób. Stosunkowo skomplikowane zadanie w obu grupach aktywnych prawdopodobnie zakłóciłoby również poznawczo wymagającą samoocenę.

4.4.8. Wnioski

Podsumowując, niniejsze badanie wskazuje, iż etap poznawczej elaboracji bodźca w zadaniu reinterpretacji może sam w sobie, obniżać przetwarzanie negatywnych treści w zadaniach reinterpretacji. Procesy elaboracji oraz nadania nowego znaczenia w reinterpretacji nigdy wcześniej nie zostały rozgraniczone, a żadne z wcześniejszych badań

nie wskazało na efekt niespecyficznego procesu elaboracji w zadaniu reinterpretacji. Wyniki badania mają nie tylko istotne znaczenie w związku z rozmieleniem mechanizmu leżącego u podłoża reinterpretacji poznawczej, ale również wskazują na istotny problem doboru grupy kontrolnej w zadaniach reinterpretacji poznawczej.

5. Dyskusja ogólna

Reinterpretacja poznawcza uważana jest za najskuteczniejszą formę kontrolowania negatywnych emocji. Wielokrotnie wykazywano, iż korzystanie z tej strategii wiąże się z istotnymi korzyściami w codziennym funkcjonowaniu. Pomimo, iż skutki stosowania strategii reinterpretacji poznawczej są dobrze poznane i wyjaśnione w literaturze, nadal nie wiadomo jaki mechanizm leży u podłoża jej skuteczności. W aktualnych teoriach postuluje się, iż mechanizm działania reinterpretacji sprowadza się wyłącznie do procesu nadania emocjonalnemu bodźcowi nowego, mniej pobudzającego znaczenia za który odpowiada przede wszystkim grzbietowo-boczna kora przedczołowa (DLPFC). Należy jednak zauważyć, iż sam proces reinterpretacji nie ogranicza się wyłącznie do nadania nowego znaczenia bodźcowi, ale jest poprzedzony ogólnymi procesami o charakterze uwagowo-poznawczym, za które również może odpowiadać DLPFC.

W niniejszej rozprawie doktorskiej podjąłem próbę wykazania roli, jaką te procesy mogą odgrywać w mechanizmie działania reinterpretacji poznawczej. Jako że reinterpretacja poznawcza dotyczy przetwarzania bodźców emocjonalnych, przyjąłem, iż jej mechanizm działania może uwidaczniać się na każdym z etapów przetwarzania bodźca emocjonalnego od jego dostrzeżenia (etap uwagowy) poprzez jego zrozumienie (etap poznawczej elaboracji) po zmianę interpretacji bodźca (etap nadania znaczenia). Choć określenie wpływu reinterpretacji na każdy z tych etapów wydaje się być kluczowe dla zrozumienia mechanizmu działania reinterpretacji poznawczej, to jednak w żadnym dotychczasowym badaniu nie podjęto takiej próby. Niniejszy program badawczy, zawarty w opisywanej rozprawie doktorskiej miał stanowić próbę ustalenia roli każdego z tych etapów w mechanizmie działania reinterpretacji poznawczej. Poniżej przedstawię ogólne wnioski, jakie można wyciągnąć na podstawie trzech przeprowadzonych badań oraz

podsumuję je proponując własny model oddziaływania reinterpretacji. W ostatniej części pracy skupię się na ograniczeniach niniejszej pracy doktorskiej oraz potencjalnych kierunkach jej rozwoju.

5.1. Rola procesów uwagowo – poznawczych w reinterpretacji

Najważniejszym wkładem niniejszej pracy doktorskiej w stan wiedzy na temat reinterpretacji poznawczej jest wskazanie, iż strategia ta nie jest tak prostym i jednorodnym procesem, jak dotychczas zakładano. W serii trzech eksperymentów udało się wykazać niepomijalną rolę czynników uwagowych i poznawczych w działaniu reinterpretacji poznawczej. W pierwszym badaniu wykazano, iż oddziaływania reinterpretacji mogą dotyczyć już pierwszego, uwagowego etapu przetwarzania bodźca poprzez zainicjowanie odgórnych oddziaływań uwagowych pochodzących DLPFC. W drugim eksperymencie udało się wykazać, iż nawet niewielkie zwiększenie zaangażowania odgórnych procesów uwagowych podczas percepcji materiału wzrokowego może obniżać głębokość przetwarzania bodźców. Sugeruje to, iż obecne w reinterpretacji procesy uwagowe mogą przyczyniać się do faktycznego mechanizmu działania rozważanej strategii. W trzecim badaniu udało się potwierdzić, iż zadanie reinterpretacji powoduje większe zaangażowanie procesów uwagowych (wpływ na latencje wczesnych, uwagowych komponentów) oraz wykazano, iż same poznawcze procesy elaboracji bodźca mogą mieć działanie zbliżone do tego, osiąganego na drodze reinterpretacji. Należy zatem jednoznacznie potwierdzić zakładaną rolę czynników uwagowych i poznawczych w ogólnym działaniu reinterpretacji poznawczej. Dodatkowo, należy potwierdzić kluczową rolę DLPFC jako struktury odpowiedzialnej za sprawowanie procesu reinterpretacji. Struktura ta nie jest jednak odpowiedzialna wyłącznie za nadanie bodźcowi nowego znaczenia, a zgodnie z jej heterogeniczną

funkcją, jest również zaangażowana w bardziej podstawowe procesy uwagowo-poznawcze (np. sterowanie uwagą, pamięć robocza), których rola w mechanizmie działania reinterpretacji jest niepomijalna.

5.2. Niespecyficzny czynnik – niespecyficzny efekt?

Czynniki uwagowo-poznawcze, o których mowa w akapicie powyżej, można wspólnie nazwać niespecyficznymi. Nie stanowią one bowiem o istocie reinterpretacji poznawczej, choć są jej nieodłącznym elementem. Z drugiej strony, etap nadania bodźcowi nowego znaczenia można nazwać czynnikiem specyficznym, gdyż stanowi on o istocie strategii reinterpretacji. Analizując dokładniej otrzymane wyniki oraz dostępną literaturę można przypuszczać, iż oba typy czynników (niespecyficzne i specyficzne) w trakcie reinterpretacji odgrywają nieco odmienną rolę. Działanie tych pierwszych wydaje się być bardziej ogólne, podczas gdy działanie tych drugich – bardziej wybiórcze.

Wnioskować tak można na podstawie niespodziewanych wyników eksperymentu numer 2 i 3, gdzie wykazano, iż działanie uwagowych czynników w reinterpretacji może być niespecyficzne i niezależne od typu przetwarzanego bodźca. W eksperymencie numer 2 spodziewano się, iż nasilenie odgórnych procesów uwagi na przetwarzanie bodźców wzrokowych nie będzie tak mocno uwidocznione w przypadku bodźców emocjonalnych jak w przypadku bodźców neutralnych lub bodźców pozbawionych sensu. Jak się jednak okazało, intensyfikacja procesów odgórnej uwagi zmniejszyła głębokość przetwarzania bodźców niezależnie od ich typu i była tak samo widoczna w przypadku obrazów emocjonalnych, neutralnych jak i pozbawionych sensu. Podobnie w eksperymencie numer 3, wpływ aktywnych zadań (RETRO, REINT) na latencję wczesnych komponentów wywołanych (związanych z procesami uwagowymi) i wczesną amplitudę komponentu LPP1 (400-1000ms) był taki sam zarówno dla bodźców neutralnych jak i

negatywnych. W tym drugim przypadku, wystarczyło prawdopodobnie samo nastawienie osób badanych, iż w zadaniu może wystąpić konieczność użycia strategii, co skutkowało nasileniem procesów uwaagowych. Dopiero w późniejszym oknie czasowym komponentu LPP (LPP3) dała się zauważyć pewna specyficzność wpływów. Obniżona odpowiedź dotyczyła wyłącznie negatywnych a nie neutralnych bodźców. Wówczas najprawdopodobniej bodźce te musiały już zostać głębiej poznawczo przetworzone i zakwalifikowane do wykonania zadania. Te bardziej wybiórcze wpływy prawdopodobnie wiązały się z generowaniem nowej interpretacji (zadanie REINT) lub generowaniem nowego wyobrażenia sytuacji (RETRO). Widzimy zatem, iż wczesne procesy uwagowe mają działanie niespecyficzne, a późniejsze procesy poznawcze – bardziej wybiórcze. Jakie jest w takim razie działanie ostatniego, najbardziej specyficznego etapu – etapu nadania nowego znaczenia? Czy specyficzność tych wpływów nadal rośnie?

Choć nie udało się tego wykazać w sposób bezpośredni w niniejszej pracy, będą argumentował, że specyficzność działania reinterpretacji rośnie wraz z rozwojem kolejnych jej etapów. Pomimo, iż na podstawie wyników trzeciego badania, można by się pokusić o tezę, iż działanie reinterpretacji poznawczej można sprowadzić wyłącznie do działania niespecyficznych procesów uwagowo-poznawczych (zadania REINT i RETRO nie różnicowały odpowiedzi na poziomie komponentu LPP3), uważam jednak, iż wyciągnięcie takiego wniosku byłoby zbyt daleko idącym uproszczeniem. Należy wskazać, iż jedynie zadanie reinterpretacji wiązało się obniżeniem subiektywnych miar odczuwanego nastroju mierzonych po prezentacji bodźców, co może być (pośrednio) interpretowane jako trwała zmiana w odpowiedzi na bodziec emocjonalny. Istotnie, jak wskazują poprzednie badania, nadanie nowego znaczenia bodźcowi pozostawia pewien trwały ślad w reakcji na konkretne bodźce emocjonalne, poddane wcześniej reinterpretacji (Silvers, Shu i in., 2015; Thiruchselvam i in., 2011). Można zatem

przypuszczać, z dużą dozą prawdopodobieństwa, iż to właśnie nadanie nowego znaczenia bodźcowi, będąc najbardziej specyficznym czynnikiem w reinterpretacji, cechuje się również najbardziej specyficznym efektem w postaci długotrwałego zmniejszenia odpowiedzi emocjonalnej na konkretny bodziec.

Podsumowując udział niespecyficzných i specyficzných procesów w reinterpretacji, należy stwierdzić, że proces reinterpretacji cechuje pewna dynamika. Proces reinterpretacji rozpoczyna się od bardzo niespecyficzných procesów (etap uwagowy), mających równie niespecyficzne działanie (w stosunku do bodźców wszelkiego typu). Następnie widoczna jest rola procesów bardziej specyficzných, o działaniu ograniczonym do konkretnego typu bodźca (etap poznawczy). W końcu, w reinterpretacji widoczne są procesy o specyficie sięgającej trwałej modulacji odpowiedzi na pojedynczy bodziec (najbardziej specyficzný etap nadania nowego znaczenia).

5.3. Addytywność procesów reinterpretacji.

Badania na podstawie których wyciąga się wnioski o reinterpretacji jako najbardziej przystosowawczej strategii kontroli emocji dotyczą pewnego ograniczonego spektrum zastosowania omawianej strategii. W badaniach tych reinterpretacja poznawcza jest używana wyłącznie do redukcji negatywných uczuć. Do takiego rozumienia strategii również i ja ograniczam się w niniejszej rozprawie. Należałoby się spodziewać jednak, iż strategia powinna być równie przystosowawcza w kontekście wzmacniania przeżywania pozytywných emocji. Czy rzeczywiście strategia reinterpretacji może być tak samo skuteczna we wzmacnianiu pozytywných emocji, co w redukcji tych nieprzyjemnych?

Negatywną odpowiedź na to pytanie może dostarczyć postulowana i wykazana w rozprawie doktorskiej addytywność procesów składających się na działanie

reinterpretacji. Jak zakładano, każdy kolejny etap reinterpretacji powinien wносить osobny wkład w obniżenie negatywności przetwarzania bodźca. Istotnie, zgodnie z założeniami wykazano, iż działanie każdego z etapów cechowało synergiczne działanie: zarówno etap uwagowy, poznawczy jak i etap nadania nowego znaczenia obniżały poziom przetwarzania negatywnych bodźców. Wpływ tych wczesnych etapów (uwagowy, poznawczy) okazał się być jednak niespecyficzny: dochodziło do obniżenia przetwarzania również i w przypadku neutralnych a nawet zdeformowanych obrazów. Należy zatem spodziewać się, iż w przypadku świadomej próby zwiększenia intensywności przeżywanych emocji, te wczesne i niespecyficzne wpływy mogą działać przeciwnie do zamierzeń o zwiększeniu intensywności przeżywanych uczuć. Skoro tak, synergiczne działanie procesów niespecyficznych i specyficznych w działaniu reinterpretacji ma zastosowanie wyłącznie w przypadku próby obniżania przeżywanych emocji.

Zakładając, iż powyższe rozumowanie jest poprawne, należałoby spodziewać się mocniejszych efektów w przypadku użycia reinterpretacji do redukcji odczuwanych emocji niż w przypadku próby ich intensyfikacji. Rzeczywiście, rozumowanie takie zgodne jest z nielicznymi badaniami, w których oprócz warunku obniżania negatywnych emocji poprzez reinterpretację, wprowadza się warunek wzmocnienia negatywnych uczuć (np. Langeslag i van Strien, 2013; Macnamara, Foti i Hajcak, 2009; Moser i in., 2010). O ile wyniki badań dotyczące obniżania negatywnych uczuć są dosyć spójne i raportuje się w nich obniżenie przeżywanych uczuć, efekty dotyczące wzmocnienia przeżywania negatywnych emocji są znacznie słabsze (Ochsner i in., 2004; Varnum i Hampton, 2017) lub w ogóle nie obserwowalne (Krompinger, Moser i Simons, 2008; Moser, Hajcak, Bukay i Simons, 2006). Dalsze wsparcie dla hipotezy addytywności dostarcza ostatnie badanie zespołu, w którym pracuję (Wyczesany, Adamczyk, Ligeza; w recenzji). W tym badaniu, w zależności od warunku eksperymentalnego, uczestnicy badania byli proszeni o

różną interpretację aplikowanych im bolesnych impulsów elektrycznych. W warunku redukcji negatywnych uczuć mieli oni obniżać odczucia bólowe, myśląc o impulsach, jako o leczniczych prądach. W warunku wzmocnienia negatywnych uczuć, mieli wzmacniać bólowe odczucia poprzez myślenie o impulsach jako o groźnych dla zdrowia wstrząsach spowodowanych przez źle wyizolowany kabel elektryczny. Natomiast w warunku kontrolnym uczestnicy badania mieli przeżywać uczucia bólowe takimi jakie są. W odpowiedzi na impulsy elektryczne, zidentyfikowaliśmy 4 obszary mózgu, które są związane z przetwarzaniem bólu (przedni zakręt obręczy, prawa kora oczodołowa, okolice lewego ciała migdałowatego, lewa kora wyspy). Co ciekawe, w porównaniu do warunku kontrolnego, zarówno warunek redukcji jak i wzmocnienia negatywnych uczuć skutkowało obniżeniem aktywności struktur związanych z przeżywaniem bólu. Tego typu wyniki potwierdzają postulowaną zasadę addytywności niespecyficznych (zawsze obniżających odpowiedź emocjonalną) i specyficznych (podwyższających lub obniżających odpowiedź emocjonalną) procesów obecnych w reinterpretacji poznawczej, gdzie ostateczny wynik reinterpretacji zależy od udziału tych poszczególnych procesów.

Postulowana zasada addytywności może tłumaczyć dlaczego strategia reinterpretacji jest uważana za najbardziej przystosowaną metodę kontroli emocji, której użycie ma zastosowanie głównie w redukcji negatywnych, a niekoniecznie w intensyfikacji pozytywnych, uczuć.

5.4. Dynamiczny model oddziaływania reinterpretacji

Jak wspomniano we wstępie rozprawy, proces generowania emocji jest opisany przez procesualny model emocji. Na jego podstawie oparty jest procesualny model kontroli emocji (Gross, 1998, 2015) (patrz część 1.1.2). Zakłada on, iż kontrola emocji jest procesem dynamicznym, możliwym na każdym etapie generowania emocji: od powstania

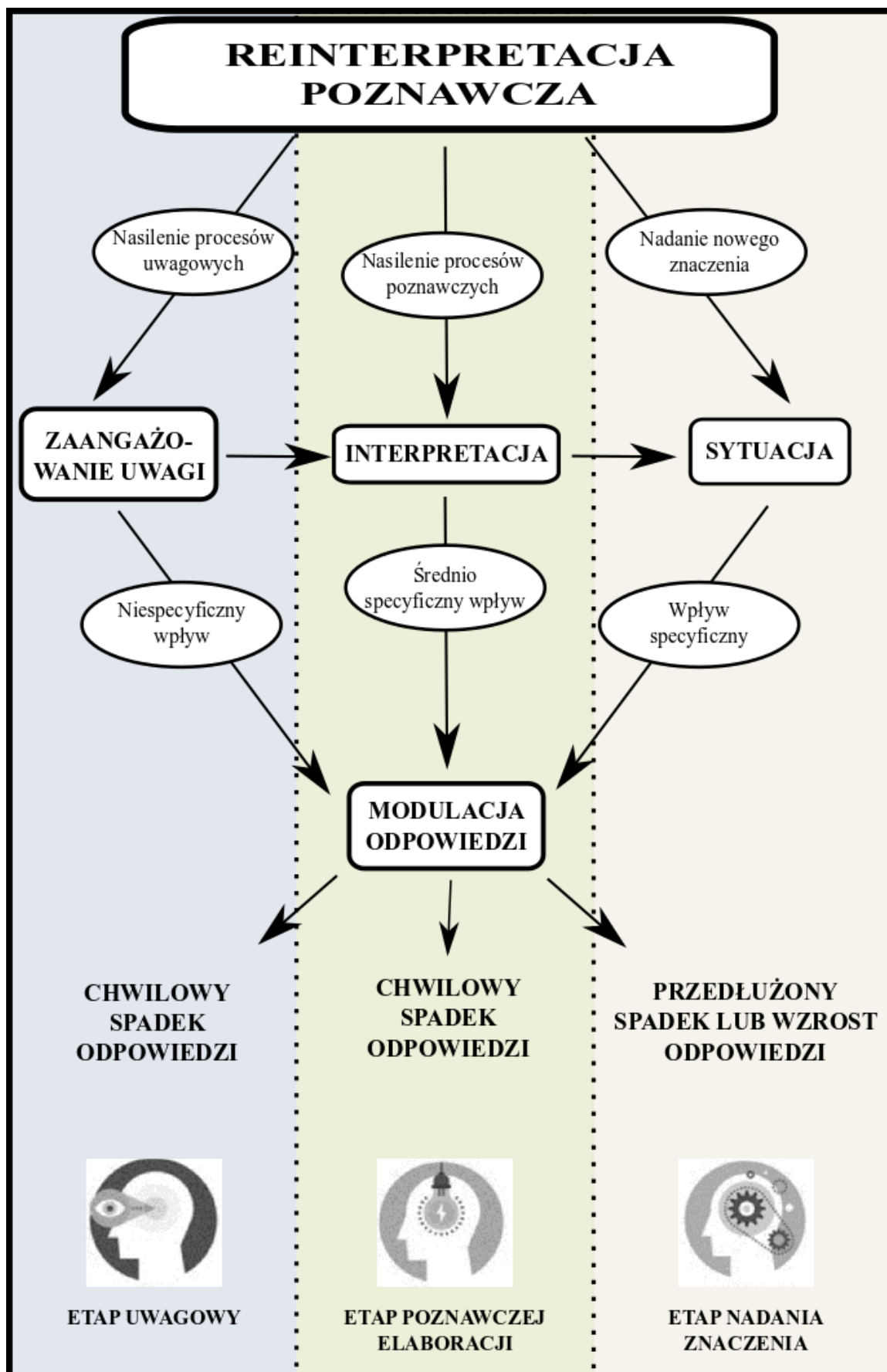
emocjonalnej sytuacji, poprzez jej zauważenie i nadanie jej interpretacji, aż po odpowiedź emocjonalną. Na każdym z tych etapów może działać jedna ze strategii kontroli emocji. Zgodnie z tym modelem, reinterpretacja poznawcza miałaby działać wyłącznie na etapie nadania nowego znaczenia bodźcowi, a mózgową strukturą DLPFC stanowiłaby by substrat tej aktywności będąc jednocześnie źródłem odgórnych wpływów kontrolnych, sięgających ostatecznie regionów odpowiedzialnych za przeżywane emocje. Na podstawie wyników osiągniętych w niniejszej pracy doktorskiej, uważam jednak że działanie reinterpretacji (i wpływów DLPFC) nie jest ograniczone do etapu nadania nowego znaczenia, a może dotyczyć innych etapów przetwarzania bodźca emocjonalnego. Obowiązujące podejście uważam więc za zbyt redukcjonistyczne i na podstawie dotychczasowych badań własnych a także dostępnej literatury, proponuję nowy, dynamiczny model oddziaływania reinterpretacji. Model ten nie tylko podsumowuje osiągnięte przeze mnie wyniki i wyciągnięte na ich podstawie wnioski, ale również wyznacza wiele nowych kierunków badań. W modelu tym zakładam, że:

- reinterpretacja jest skomplikowanym oddziaływaniem, złożonym z kilku etapów. Każdy z etapów reinterpretacji oddziałuje na odmienny etap generowania emocji.
- Działanie reinterpretacji opiera się zarówno na oddziaływaniu niespecyficznym jak i oddziaływaniu czynników specyficznych.
- Czynniki te mają addytywne działanie, które w przypadku użycia reinterpretacji w celu obniżania odczuwanych emocji jest synergiczne (działa w tym samym kierunku), a w przypadku chęci podwyższenia odczuwanych emocji jest antagonistyczne (ich działanie wzajemnie się znosi).

- Źródłem oddziaływania zarówno specyficznych, jak i niespecyficznych czynników w reinterpretacji poznawczej są odgórne wpływy (top-down) pochodzące z grzbietowo-bocznej kory przedczołowej (DLPFC).
- Proces reinterpretacji cechuje dynamizm. Wraz z zastosowaniem strategii rośnie udział specyficznych dla reinterpretacji procesów, a także specyficzność osiąganych na jej podstawie efektów.
- Reinterpretacja jest procesem rekursywnym, mogącym trwale zmienić odpowiedź emocjonalną na daną sytuację emocjonalną.

Rycina 8 przedstawia schematyczny model oddziaływania reinterpretacji. Zauważyć należy, iż specyficzne oddziaływanie reinterpretacji uwidacznia się tutaj we wpływie na sytuację emocjonalną, a nie na etap interpretacji, jak zakłada to procesualny model kontroli emocji. Uważam bowiem, iż stworzenie nowej interpretacji dla bodźca emocjonalnego jest czynnością stricte poznawczą, tak samo jak w eksperymencie 3, taką czynnością było stworzenie wyobrażenia sytuacji poprzedzającej zdarzenie zarejestrowane przez fotografię (zadanie RETRO). Specyficzne działanie reinterpretacji jest widoczne dopiero później, kiedy następuje trwałe przypisanie bodźcowi nowej interpretacji i wpływ ten widoczny jest na etapie sytuacji emocjonalnej (ten sam bodziec po upływie czasu jest już mniej pobudzający).

Chciałbym jednocześnie zaznaczyć, iż prezentując własny model, nie uważam że procesualny model kontroli emocji jest nietrafny. Uważam, iż opisuje on proces kontroli emocji z wyższego poziomu ogólności. Stanowi on bardzo celną heurystykę, dzięki której możemy zorientować co stanowi o istocie różnych strategii kontroli emocji. Analizując jednak model z poziomu reinterpretacji, należy uznać, iż jest on zbyt ogólny, by uwzględnić skomplikowane działanie reinterpretacji. Przede wszystkim, nie uwzględnia



Rycina 8. Dynamiczny Model Oddziaływania Reinterpretacji. Proponowany przez autora model oddziaływania reinterpretacji poznawczej. Proponuje się, iż reinterpretacja poznawcza moduluje odpowiedź emocjonalną poprzez wpływ na trzy etapy generowania emocji: zaangażowanie uwagi; interpretację i sytuację (emocjonalną). Wpływowi na każdy etap odpowiada wyróżnione przez autora etapy reinterpretacji. Wraz z nastaniem kolejnym etapów reinterpretacji, jej wpływ staje się coraz bardziej specyficzny, a jego działanie zaczyna być coraz bardziej trwałe. Wpływ czynników niespecyficznych na odpowiedź emocjonalną jest zawsze niespecyficzny, podczas gdy wpływ czynników specyficznych zależy od celu reinterpretacji (redukcja vs intensyfikacja przeżywanych uczuć). Źródłem tych modulacji jest grzbietowo-boczna kora przedczołowa (DLPFC)

on faktu, iż działanie reinterpretacji poznawczej przejawia się na różnych etapach generowania emocji: zaczyna się jeszcze zanim bodźcowi emocjonalnemu zostanie nadana nowa interpretacja i utrzymuje się jeszcze po ustaniu działania bodźca emocjonalnego. Jako tako, uważam zaprezentowany model dynamicznego oddziaływania reinterpretacji za bardziej trafny i lepiej tłumaczący mechanizm działania strategii.

5.5. Mocne strony oraz potencjalne ograniczenia pracy

Zaproponowany powyżej model na chwilę obecną jest wysoce spekulatywny i poparty niewystarczającą ilością danych. Został on zaprezentowany gdyż dobrze podsumowuje otrzymane do tej pory wyniki oraz obrazuje moje konceptualne przemyślenia na temat mechanizmu działania reinterpretacji poznawczej. Na jego kanwie przedstawię elementy rozprawy doktorskiej, które uważam za jej główne mocne jak i słabe strony. Następnie przedstawię przyszłe kierunki badań mające głównie na celu weryfikację zaproponowanego modelu.

Za największą zaletę niniejszej pracy uważam potwierdzenie zakładanej hipotezy, dotyczącej wpływu niespecyficznych (uwagowo–poznawczych) czynników w mechanizmie działania reinterpretacji poznawczej. Dzięki użyciu techniki o najwyższej rozdzielczości czasowej oraz innowacyjnej metodologii (metoda DTF, zadanie RETRO), praca doktorska przyczynia się do lepszego zrozumienia działania reinterpretacji na bardzo podstawowym poziomie oraz potwierdza, iż rozgraniczenie poszczególnych

etapów reinterpretacji jest kluczowe dla poznania jej specyficznego mechanizmu. Co więcej, praca potwierdza kluczową rolę DLFC, jaką ta struktura odgrywa w mechanizmie działania reinterpretacji. Zaproponowany przeze mnie model lepiej tłumaczy istotę działania reinterpretacji poznawczej a zaprezentowane dane mogą mieć spore znaczenie społeczne, gdyż reinterpretacja stanowi najbardziej skuteczną metodę radzenia sobie z negatywnymi emocjami. Ponadto, zaprezentowany model umożliwia wygenerowanie nowych predykcji odnośnie charakteru działania reinterpretacji poznawczej i stwarza możliwości do ich dalszego testowania (o czym piszę w dalszej części pracy).

Największym ograniczeniem niniejszej pracy jest fakt, iż nie udało się bezpośrednio wykazać specyficznego działania reinterpretacji poznawczej oraz, w sposób precyzyjny, czasowo odseparować poszczególnych etapów reinterpretacji poznawczej. W tym drugim kontekście, wydaje się iż nie do końca udało się wykorzystać potencjał metody EEG, dotyczący precyzji czasowej pomiaru. W pierwszym eksperymencie w ogóle nie analizowano czasowej charakterystyki połączeń mózgowych ze struktury DLPFC do rejonów uwagowych. W eksperymencie trzecim dynamika ta była analizowana, jednak mimo to – w dalszym ciągu nie udało się ustalić dokładnych ram czasowych dla poszczególnych etapów reinterpretacji. Ze względu na zastosowaną metodologię (potencjały wywołane), niemożliwym było też wskazanie źródeł sygnału mózgowego i zlokalizowanie struktur zaangażowanych w poszczególne etapy reinterpretacji, a zatem dalsze potwierdzenie roli DLPFC w modulacji odpowiedzi w kolejnych etapach reinterpretacji.

Zważywszy na powyższe ograniczenia, kolejnym krokiem w kierunku zrozumienia złożoności reinterpretacji poznawczej byłoby zatem poznanie dokładnej mózgowej dynamiki wszystkich składowych etapów reinterpretacji z uwzględnieniem ich źródeł w

korze mózgowej i czasowej charakterystyki, tak by odseparować mózgowie procesy specyficzne dla reinterpretacji per se.

Rozwijane obecnie metody analizy sygnału EEG są w tym względzie niezwykle obiecujące. W kontekście przyszłych kierunków badań, na szczególną uwagę zasługuje: metoda lokalizacji korowych generatorów sygnału oraz nieparametryczne testy permutacyjne. Metody lokalizacji, takie jak L2MNP, umożliwiają eksplorację źródeł aktywności mózgu we wszystkich miejscach kory mózgowej, a zastosowanie nieparametrycznych testów permutacyjnych umożliwia śledzenie efektu w każdym punkcie czasowym (Peyk, De Cesarei i Junghöfer, 2011). Wykorzystanie obu metod jednocześnie jest możliwe, na przykład, w stosunkowo nowej aplikacji, stworzonej w 2011 roku przez niemieckich naukowców w Instytucie Biomagnetyzmu i Analizy Sygnału Biologicznego na Uniwersytecie w Münster (Institut für Biomagnetismus und Biosignalanalyse, Westfälische Wilhelms-Universität Münster) EMEGS, która pozwala na zaimplementowanie opisywanych analiz. Dzięki wsparciu Narodowego Centrum Nauki w postaci grantu Etiuda (2017/24/T/HS6/00229) otrzymałem szansę odbycia w tym Instytucie sześciomiesięcznego stażu oraz dogłębne poznanie opisanych tutaj sposobów analizy.

Dodatkowo, w trakcie powstawania niniejszej rozprawy doktorskiej, ze znaczącym udziałem zespołu naukowego, w którym pracuję rozwinęto metody DTF. Dzięki najnowszym implementacjom metody DTF z zastosowaniem mieszanych modeli statystycznych, możliwym stało się śledzenie jak zmieniają się wzorce komunikacji mózgowej w kolejnych punktach czasu.

Zastosowanie zaawansowanych analiz lokalizacji źródeł i permutacji dostępnych w aplikacji EMEGS oraz zastosowanie najnowszych implementacji metody DTF pozwoliłoby na:

- precyzyjną identyfikację mózgowego podłoża poszczególnych etapów procesu reinterpretacji, a w szczególności jej finalnego etapu;
- analizę źródeł sygnału podczas przetwarzania bodźca emocjonalnego, gdy jest on poddawany reinterpretacji i zadaniu retrospekcji;
- ustalenie przebiegu czasowego procesów uwagowych, elaboracyjnych oraz nadania nowego znaczenia, które podlegają oddziaływaniom reinterpretacji oraz retrospekcji;
- identyfikację odcinków czasu, w których każdy z poszczególnych etapów reinterpretacji ma miejsce;
- ustalenie roli grzbietowo-bocznej kory przedczołowej (DLPFC) w każdym etapie reinterpretacji.

Zastosowanie tego typu analiz mogłoby potwierdzić zasadność proponowanego modelu oraz mogły ujawnić na czym polega specyficzność procesu reinterpretacji. Należałoby się spodziewać następujących efektów:

- we wczesnym etapie przetwarzania bodźca emocjonalnego, zarówno efekty reinterpretacji jak i zadania RETRO (w porównaniu do biernego oglądania zdjęć) obniżą aktywność uwagowych rejonów kory wzrokowej;
- podczas etapu elaboracji, efekty reinterpretacji i retrospekcji (w porównaniu do warunku kontrolnego) wzbudzą podobną aktywność mózgu (np. czołowe pole oczne), przy jednoczesnym obniżeniu aktywacji korowych rejonów odpowiedzialnych za przetwarzanie emocji (zakręt obręczy, kora orbitofrontalna, kora skroniowo-ciemieniowa) i związane będą wyłącznie z etapem elaboracji bodźca;
- w etapie nadania nowego znaczenia, efekt reinterpretacji spowoduje mniejszą aktywację korowych struktur przetwarzania emocji;

- brak predykcji dotyczących czasowej dynamiki efektów reinterpretacji oraz retrospekcji ze względu na brak podłoża teoretycznego – analiza dynamiki efektów będzie miała charakter eksploracyjny;
- źródłem powyższych modulacji korowych będą okolice grzbietowo-bocznej kory przedczołowej (DLPFC).

5.6. Ograniczenia paradygmatu badania reinterpretacji

Przechodząc od wymienionych przy okazji każdego eksperymentu ograniczeń poszczególnych badań poprzez wyżej wymienione ograniczenia całej pracy doktorskiej, należy również spojrzeć krytycznie na ograniczenia samego paradygmatu badania reinterpretacji poznawczej. Zaliczyć do nich można, przede wszystkim, brak odpowiedniej standaryzacji i kontroli manipulacji eksperymentalnej oraz wątpliwości dotyczące użycia subiektywnych miar behawioralnych. Fakt, iż w obecnym projekcie, zadanie reinterpretacji mogło być zrealizowane poprzez różne strategie (zaprzeczanie rzeczywistości sytuacji, zwracanie na pozytywne konsekwencje sytuacji, przyjęcie trzecioosobowej perspektywy) może budzić wątpliwości, czy mechanizm wszystkich z tych strategii jest taki sam, a przynajmniej porównywalny. Z drugiej jednak strony, gdyby w badaniach ograniczać się wyłącznie do jednej strategii, strategia ta mogłaby przestać być skuteczna. Sytuacja taka wymagałaby na uczestnikach stosowania wyłącznie tej zaproponowanej strategii, podczas gdy inne mogłyby być znacznie bardziej skuteczne w stosunku do konkretnej sytuacji emocjonalnej lub być bardziej preferowane przez określoną jednostkę. Trudno jest też sobie wyobrazić, aby w codziennym życiu ograniczać się do stosowania wyłącznie jednej strategii. Sytuacja ta jest zatem pewnym przetargiem pomiędzy możliwością generalizacji wyników (stosowanie różnych strategii) a standaryzacją warunków badania (stosowanie jednej strategii). Zbliżony problem

stanowi fakt, iż nie jesteśmy w stanie do końca kontrolować czy uczestnicy badań rzeczywiście stosują strategię w pożądanym przez nas sposób. Pomimo, iż w badaniach prowadzi się pogłębione treningi z werbalizacją odpowiedzi uczestników, podczas samego zadania nie do końca jesteśmy w stanie stwierdzić czy uczestnicy zastosowali się do instrukcji. Można by w tym przypadku stosować dodatkowe miary sukcesu (np. pytać po każdej próbie „na ile udało ci się dokonać reinterpretacji zgodnej z instrukcją?”). Taka ingerencja mogłaby jednak znów powodować proces reinterpretacji nienaturalny, a do i tak już skomplikowanego procesu reinterpretacji, doszedłby kolejny proces poznawczy (monitorowania własnej skuteczności), którego wpływ na zadanie byłby ciężki do przewidzenia i odseparowania (być może stosowanie takich procedur jest powodem, dla którego w części badań z użyciem reinterpretacji obserwuje się aktywację struktury ACC).

Nie mniej poważnym, ogólnym problemem paradygmatu reinterpretacji wydaje się także stosowanie subiektywnych miar behawioralnych. Jak prezentowano w dyskusji eksperymentu numer 3 (patrz część 4.4.6.), możliwym jest iż w pewnym stopniu, miary te są tendencyjne ze względu na oczywisty i jasno przedstawiony uczestnikom wzorzec odpowiedzi, jakiego się od nich oczekuje. W części badań oczekiwania te stara się ukryć, stosując mniej oczywiste formy reinterpretacji. Na przykład, uczestników badań prosi się aby na sytuację emocjonalną spojrzeli z dalekiej perspektywy (warunek reinterpretacji) lub tak, jak gdyby były w jej centrum (warunek kontrolny) (Silvers, Wager i in., 2015). Stosując takie formy reinterpretacji nie wiemy jednak na ile wciąż pozostają one reinterpretacją – na ile wciąż obecny jest w nich specyficzny dla reinterpretacji czynnik nadania nowego znaczenia. Sytuacja ta generuje kolejny przetarg, tym razem między trafnością wyników a ich rzetelnością.

Wydaje się zatem, iż część problemów paradygmatu badania reinterpretacji poznawczej nie jest do końca rozwiązywalna i wybór określonego schematu badawczego zawsze jest pewnym kompromisem, na który musi zdecydować się badacz, ważąc swoje cele. W projektowaniu eksperymentów niniejszej pracy doktorskiej starałem się znaleźć „złoty środek” w rozwiązywaniu tych kompromisów: uczestnicy badania mogli stosować różne strategie reinterpretacji, ale ich ilość została mocno ograniczona do tych najbardziej popularnych i uniwersalnych. Kontrolowano jakość użycia strategii, ale dopiero po skończonej procedurze eksperymentalnej. Zbierano dane behawioralne, ale w osobnej procedurze badawczej, tak by ewentualna tendencyjność odpowiedzi behawioralnych nie przełożyła się na wskaźniki elektrofizjologiczne.

5.7. Podsumowanie

Seria trzech badań przedstawionych w niniejszej rozprawie doktorskiej jednoznacznie dowodzi, że, reinterpretacja poznawcza nie jest tak prostym i jednorodnym procesem, jak dotychczas zakładano. Aby zrozumieć na czym polega specyficzne działanie reinterpretacji, konieczne jest oddzielenie jej poszczególnych etapów. Jej oddziaływania mogą bowiem dotyczyć uwagowego etapu przetwarzania bodźca, a poznawcza elaboracja, obok nadania nowego znaczenia, także może przyczyniać się do obniżenia emocjonalności przetwarzanego bodźca. Zaprezentowane wyniki badań nie tylko są nowatorskie (metoda DTF, zadanie retrospekcji) i przyczyniają się do głębszego zrozumienia reinterpretacji poznawczej na podstawowym poziomie procesów mózgowych, ale również mają duże znaczenie społeczne, gdyż reinterpretacja stanowi najbardziej skuteczną metodę radzenia sobie z negatywnymi emocjami. Dodatkowo, moje badania wskazują na nadmierny redukcjonizm podejścia naukowców, traktujących reinterpretację jako proces jednoetapowy. Na podstawie uzyskanych wyników oraz

istniejącej literatury proponuję nowy model działania reinterpretacji wyróżniając kolejne etapy reinterpretacji i ich odmienny wpływ na przetwarzanie emocjonalnego bodźca w trakcie reinterpretacji.

6. Literatura cytowana

- Aldao, A. i Nolen-Hoeksema, S. (2010). Specificity of cognitive emotion regulation strategies: a transdiagnostic examination. *Behaviour Research and Therapy*, 48(10), 974–983. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2010.06.002>
- Aldao, A., Nolen-Hoeksema, S. i Schweizer, S. (2010). Emotion-regulation strategies across psychopathology: A meta-analytic review. *Clinical Psychology Review*, 30(2), 217–237. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.11.004>
- Badre, D. i Wagner, A. D. (2007). Left ventrolateral prefrontal cortex and the cognitive control of memory. *Neuropsychologia*, 45(13), 2883–2901. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.06.015>
- Bastos, A. M., Usrey, W. M., Adams, R. A., Mangun, G. R., Fries, P. i Friston, K. J. (2012). Canonical microcircuits for predictive coding. *Neuron*, 76(4), 695–711. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.10.038>
- Bechara, A., Damasio, H. i Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 10(3), 295–307.
- Blinowska, K. J., Kuś, R. i Kamiński, M. (2004). Granger causality and information flow in multivariate processes. *Physical Review. E, Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 70(5 Pt 1), 050902.
- Botvinick, M. M., Cohen, J. D. i Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(12), 539–546. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.10.003>
- Brzezicka, A., Kamiński, M., Kamiński, J. i Blinowska, K. (2011). Information transfer during a transitive reasoning task. *Brain Topography*, 24(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10548-010-0158-6>
- Buhle, J. T., Silvers, J. A., Wager, T. D., Lopez, R., Onyemekwu, C., Kober, H., ... Ochsner, K. N. (2013). Cognitive Reappraisal of Emotion: A Meta-Analysis of Human Neuroimaging Studies. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht154>
- Butler, E. A., Egloff, B., Wilhelm, F. H., Smith, N. C., Erickson, E. A. i Gross, J. J. (2003). The social consequences of expressive suppression. *Emotion (Washington, D.C.)*, 3(1), 48–67.

- Calkins, S. D. i Hill, A. (2007). Caregiver Influences on Emerging Emotion Regulation: Biological and Environmental Transactions in Early Development. W *Handbook of emotion regulation* (s. 229–248). New York, NY, US: Guilford Press.
- Callaway, E. i Halliday, R. (1982). The effect of attentional effort on visual evoked potential N1 latency. *Psychiatry Research*, 7(3), 299–308.
- Campbell-Sills, L. i Barlow, D. H. (2007). Incorporating Emotion Regulation into Conceptualizations and Treatments of Anxiety and Mood Disorders. W *Handbook of emotion regulation* (s. 542–559). New York, NY, US: Guilford Press.
- Chang, L. J., Yarkoni, T., Khaw, M. W. i Sanfey, A. G. (2013). Decoding the Role of the Insula in Human Cognition: Functional Parcellation and Large-Scale Reverse Inference. *Cerebral Cortex (New York, NY)*, 23(3), 739–749.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhs065>
- Cieslik, E. C., Zilles, K., Caspers, S., Roski, C., Kellermann, T. S., Jakobs, O., ... Eickhoff, S. B. (2013). Is there „one” DLPFC in cognitive action control? Evidence for heterogeneity from co-activation-based parcellation. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 23(11), 2677–2689.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhs256>
- Clementz, B. A., Keil, A. i Kissler, J. (2004). Aberrant brain dynamics in schizophrenia: delayed buildup and prolonged decay of the visual steady-state response. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 18(2), 121–129.
- Cole, P. M., Michel, M. K. i Teti, L. O. (1994). The development of emotion regulation and dysregulation: a clinical perspective. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 59(2–3), 73–100.
- Corbetta, M., Patel, G. i Shulman, G. L. (2008). The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron*, 58(3), 306–324.
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2008.04.017>
- Corbetta, M. i Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews. Neuroscience*, 3(3), 201–215.
<https://doi.org/10.1038/nrn755>
- Davis, M. i Whalen, P. J. (2001). The amygdala: vigilance and emotion. *Molecular Psychiatry*, 6(1), 13–34.
- Delgado, M. R., Nearing, K. I., LeDoux, J. E. i Phelps, E. A. (2008). Neural Circuitry Underlying the Regulation of Conditioned Fear and Its Relation to Extinction. *Neuron*, 59(5), 829–838. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2008.06.029>

- Denny, B. T., Inhoff, M. C., Zerubavel, N., Davachi, L. i Ochsner, K. N. (2015). Getting Over It: Long-Lasting Effects of Emotion Regulation on Amygdala Response. *Psychological Science*, 26(9), 1377–1388.
<https://doi.org/10.1177/0956797615578863>
- Dziemidok, P., Makara-Studzińska, M. i Jarosz, M. J. (2011). Diabetes and depression: a combination of civilization and life-style diseases is more than simple problem adding - literature review. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine: AAEM*, 18(2), 318–322.
- Espeset, E. M. S., Gulliksen, K. S., Nordbø, R. H. S., Skårderud, F. i Holte, A. (2012). The link between negative emotions and eating disorder behaviour in patients with anorexia nervosa. *European Eating Disorders Review: The Journal of the Eating Disorders Association*, 20(6), 451–460. <https://doi.org/10.1002/erv.2183>
- Etkin, A., Egner, T. i Kalisch, R. (2011). Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(2), 85–93.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.11.004>
- Fort, A., Besle, J., Giard, M.-H. i Pernier, J. (2005). Task-dependent activation latency in human visual extrastriate cortex. *Neuroscience Letters*, 379(2), 144–148.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2004.12.076>
- Gable, P. A. i Harmon-Jones, E. (2012). Reducing attentional capture of emotion by broadening attention: increased global attention reduces early electrophysiological responses to negative stimuli. *Biological Psychology*, 90(2), 150–153.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2012.02.006>
- Gardener, E. K. T., Carr, A. R., MacGregor, A. i Felmingham, K. L. (2013). Sex Differences and Emotion Regulation: An Event-Related Potential Study. *PLoS ONE*, 8(10), e73475. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073475>
- Garnefski, N. i Kraaij, V. (2006). Relationships between cognitive emotion regulation strategies and depressive symptoms: A comparative study of five specific samples. *Personality and Individual Differences*, 40(8), 1659–1669.
<https://doi.org/10.1016/j.paid.2005.12.009>
- Gmaj, B., Januszko, P., Kamiński, J., Drozdowicz, E., Kopera, M., Wołyńczyk-Gmaj, D., ...Wojnar, M. (2016). EEG source activity during processing of neutral stimuli in subjects with anxiety disorders. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 76(1), 75–85.

- Gola, M., Magnuski, M., Szumska, I. i Wróbel, A. (2013). EEG beta band activity is related to attention and attentional deficits in the visual performance of elderly subjects. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 89(3), 334–341. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.05.007>
- Goldin, P. R., McRae, K., Ramel, W. i Gross, J. J. (2008). The neural bases of emotion regulation: reappraisal and suppression of negative emotion. *Biological Psychiatry*, 63(6), 577–586. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.05.031>
- Golkar, A., Lonsdorf, T. B., Olsson, A., Lindstrom, K. M., Berrebi, J., Fransson, P., ... Öhman, A. (2012). Distinct Contributions of the Dorsolateral Prefrontal and Orbitofrontal Cortex during Emotion Regulation. *PLoS ONE*, 7(11), e48107. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048107>
- Gross, J. J. (1998). Antecedent- and response-focused emotion regulation: divergent consequences for experience, expression, and physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(1), 224–237.
- Gross, J. J. (1998). The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of General Psychology*, 2(3), 271–299. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.2.3.271>
- Gross, J.J. (2015). Emotion regulation: Current status and future prospects. *Psychological Inquiry*, 26(1), 1–26. <https://doi.org/10.1080/1047840X.2014.940781>
- Gross, J. J. i John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(2), 348–362. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.85.2.348>
- Gross, J. J. i Muñoz, R. F. (1995). Emotion Regulation and Mental Health. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 2(2), 151–164. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2850.1995.tb00036.x>
- Gross, J. J. i Ochsner K. N. (2004). For better or for worse: neural systems supporting the cognitive down-and up-regulation of negative emotion. *NeuroImage*, 23(2), 483–499. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.06.030>
- Gross, J.J. i Thompson, R. A. (2007). Emotion Regulation: Conceptual Foundations. W James J., Gross (Red.), *Handbook of Emotion Regulation* (s. 3–24). Guilford Press.

- Grzybowski, S. J., Wyczesany, M. i Kaiser, J. (2014). The influence of context on the processing of emotional and neutral adjectives--an ERP study. *Biological Psychology*, *99*, 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.01.002>
- Hajcak, G., Anderson, B. S., Arana, A., Borckardt, J., Takacs, I., George, M. S. i Nahas, Z. (2010). Dorsolateral prefrontal cortex stimulation modulates electrocortical measures of visual attention: evidence from direct bilateral epidural cortical stimulation i treatment-resistant mood disorder. *Neuroscience*, *170*(1), 281–288. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2010.04.069>
- Hajcak, Greg, MacNamara, A. i Olvet, D. M. (2010). Event-Related Potentials, Emotion, and Emotion Regulation: An Integrative Review. *Developmental Neuropsychology*, *35*(2), 129–155. <https://doi.org/10.1080/87565640903526504>
- Hajcak, Greg i Nieuwenhuis, S. (2006). Reappraisal modulates the electrocortical response to unpleasant pictures. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, *6*(4), 291–297.
- Hariri, A. R. i Whalen, P. J. (2011). The amygdala: inside and out. *F1000 Biology Reports*, *3*. <https://doi.org/10.3410/B3-2>
- Harris, P. L. (1983). Children's understanding of the link between situation and emotion. *Journal of Experimental Child Psychology*, *36*(3), 490–509. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(83\)90048-6](https://doi.org/10.1016/0022-0965(83)90048-6)
- Hart, S. J., Lucena, N., Cleary, K. M., Belger, A. i Donkers, F. C. L. (2012). Modulation of early and late event-related potentials by emotion. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fnint.2012.00102>
- Herrmann, M. J., Römmler, J., Ehlis, A.-C., Heidrich, A. i Fallgatter, A. J. (2004). Source localization (LORETA) of the error-related-negativity (ERN/Ne) and positivity (Pe). *Brain Research. Cognitive Brain Research*, *20*(2), 294–299. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.02.013>
- Hillyard, S. A. i Anllo-Vento, L. (1998). Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *95*(3), 781–787. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.3.781>
- Jackson, D. C., Malmstadt, J. R., Larson, C. L. i Davidson, R. J. (2000). Suppression and enhancement of emotional responses to unpleasant pictures. *Psychophysiology*, *37*(4), 515–522.
- Jaśkiewicz, M., Francuz, P., Zabielska-Mendyk, E., Zapała, D. i Augustynowicz, P. (2016). Effects of harmonics on aesthetic judgments of music: an ERP study

- involving laypersons and experts. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 76(2), 142–151.
- Johnson, R. (1993). On the neural generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology*, 30(1), 90–97.
- Jung, T. P., Makeig, S., Humphries, C., Lee, T. W., McKeown, M. J., Iragui, V. i Sejnowski, T. J. (2000). Removing electroencephalographic artifacts by blind source separation. *Psychophysiology*, 37(2), 163–178.
- Kaiser, D.A. (2007). What Is Quantitative EEG? *Journal of Neurotherapy*, 10(4), 37–52. https://doi.org/10.1300/J184v10n04_05
- Kalisch, R. (2009). The functional neuroanatomy of reappraisal: time matters. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(8), 1215–1226. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.06.003>
- Kaminski, M. i Blinowska, K. J. (2014). Directed Transfer Function is not influenced by volume conduction—inexpedient pre-processing should be avoided. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fncom.2014.00061>
- Kaminski, M. i Blinowska, K. J. (2017). The Influence of Volume Conduction on DTF Estimate and the Problem of Its Mitigation. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 11. <https://doi.org/10.3389/fncom.2017.00036>
- Kaminski, M. J. i Blinowska, K. J. (1991). A new method of the description of the information flow in the brain structures. *Biological Cybernetics*, 65(3), 203–210. <https://doi.org/10.1007/BF00198091>
- Kaminski, J., Brzezicka, A., Gola, M. i Wróbel, A. (2012). β band oscillations engagement in human alertness process. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 85(1), 125–128. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.11.006>
- Kauffmann, L., Ramanoël, S. i Peyrin, C. (2014). The neural bases of spatial frequency processing during scene perception. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnint.2014.00037>
- Keltner, D. i Gross, J. J. (1999). Functional Accounts of Emotions. *Cognition and Emotion*, 13(5), 467–480. <https://doi.org/10.1080/026999399379140>
- Knutson, B. i Cooper, J. C. (2005). Functional magnetic resonance imaging of reward prediction. *Current Opinion in Neurology*, 18(4), 411–417.
- Kochanska, G. (2001). Emotional development in children with different attachment histories: the first three years. *Child Development*, 72(2), 474–490.

- Kohn, N., Eickhoff, S. B., Scheller, M., Laird, A. R., Fox, P. T. i Habel, U. (2014). Neural network of cognitive emotion regulation--an ALE meta-analysis and MACM analysis. *NeuroImage*, 87, 345–355.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.11.001>
- Kopp, C. B. (1989). Regulation of distress and negative emotions: A developmental view. *Developmental Psychology*, 25(3), 343–354. <https://doi.org/10.1037/00121649.25.3.343>
- Korzeniewska, A., Mańczak, M., Kamiński, M., Blinowska, K. J. i Kasicki, S. (2003). Determination of information flow direction among brain structures by a modified directed transfer function (dDTF) method. *Journal of Neuroscience Methods*, 125(1 2), 195–207.
- Kossowska, M., Czarnek, G., Wyczesany, M., Wronka, E., Szwed, P. i Bukowski, M. (2015). Electrocortical indices of attention correlate with the need for closure. *Neuroreport*, 26(5), 285–290. <https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000000345>
- Kropf, J. W., Moser, J. S. i Simons, R. F. (2008). Modulations of the electrophysiological response to pleasant stimuli by cognitive reappraisal. *Emotion (Washington, D.C.)*, 8(1), 132–137. <https://doi.org/10.1037/15283542.8.1.132>
- Kuś, R., J. K. B., Kamiński, M. i Basińska-Starzycka, A. (2008). Transmission of information during Continuous Attention Test. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 68(1), 103–112.
- Kuś, R., Kamiński, M. i Blinowska, K. J. (2004). Determination of EEG activity propagation: pair-wise versus multichannel estimate. *IEEE Transactions on Bio Medical Engineering*, 51(9), 1501–1510.
<https://doi.org/10.1109/TBME.2004.827929>
- Langeslag, S. J. E. i van Strien, J. W. (2013). Up-regulation of emotional responses to reward-predicting stimuli: an ERP study. *Biological Psychology*, 94(1), 228–233.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.05.021>
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(2), 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.12.004>
- Ligeza, T. S., Tymorek, A. D. i Wyczesany, M. (2017). Top-down and bottom-up competition in visual stimuli processing. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 77(4), 305–316.

- Ligeza, T. S. i Wyczesany, M. (2017). Cognitive conflict increases processing of negative, task-irrelevant stimuli. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 120, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.07.013>
- Ligeza, T. S., Wyczesany, M., Tymorek, A. D. i Kamiński, M. (2016). Interactions Between the Prefrontal Cortex and Attentional Systems During Volitional Affective Regulation: An Effective Connectivity Reappraisal Study. *Brain Topography*, 29(2), 253–261. <https://doi.org/10.1007/s10548-015-0454-2>
- Lindquist, K. A. (2013). Emotions Emerge from More Basic Psychological Ingredients: A Modern Psychological Constructionist Model. *Emotion Review*, 5(4), 356–368. <https://doi.org/10.1177/1754073913489750>
- Loewenstein, G. (2007). Affect Regulation and Affective Forecasting. W *Handbook of emotion regulation* (s. 180–203). New York, NY, US: Guilford Press.
- Luck, S. J., Heinze, H. J., Mangun, G. R. i Hillyard, S. A. (1990). Visual event-related potentials index focused attention within bilateral stimulus arrays. II. Functional dissociation of P1 and N1 components. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 75(6), 528–542. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(90\)90139-B](https://doi.org/10.1016/0013-4694(90)90139-B)
- Luck, S. J., Hillyard, S. A., Mouloua, M., Woldorff, M. G., Clark, V. P. i Hawkins, H. L. (1994). Effects of spatial cuing on luminance detectability: psychophysical and electrophysiological evidence for early selection. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 20(4), 887–904.
- Luna, B., Padmanabhan, A. i O’Hearn, K. (2010). What has fMRI told us about the development of cognitive control through adolescence? *Brain and Cognition*, 72(1), 101–113. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.08.005>
- MacNamara, A., Ferri, J. i Hajcak, G. (2011). Working memory load reduces the late positive potential and this effect is attenuated with increasing anxiety. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 11(3), 321–331. <https://doi.org/10.3758/s13415-011-0036z>
- MacNamara, A., Foti, D. i Hajcak, G. (2009). Tell me about it: neural activity elicited by emotional pictures and preceding descriptions. *Emotion (Washington, D.C.)*, 9(4), 531–543. <https://doi.org/10.1037/a0016251>
- Malatesta, C. Z., Grigoryev, P., Lamb, C., Albin, M. i Culver, C. (1986). Emotion socialization and expressive development in preterm and full-term infants. *Child Development*, 57(2), 316–330.

- Marchewka, A., Żurawski, Ł., Jednoróg, K. i Grabowska, A. (2013). The Nencki Affective Picture System (NAPS): Introduction to a novel, standardized, wide range, high quality, realistic picture database. *Behavior Research Methods*, *46*(2), 596–610. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0379-1>
- Maruszewski (2012). Jesienne nastroje. *Psychologia dziś* *4*.
- McRae, K. (2016). Cognitive emotion regulation: a review of theory and scientific findings. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *10*, 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.06.004>
- Miller, E. K. i Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, *24*, 167–202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Moser, J. S., Hajcak, G., Bukay, E. i Simons, R. F. (2006). Intentional modulation of emotional responding to unpleasant pictures: an ERP study. *Psychophysiology*, *43*(3), 292–296. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00402.x>
- Moser, J. S., Most, S. B. i Simons, R. F. (2010). Increasing negative emotions by reappraisal enhances subsequent cognitive control: A combined behavioral and electrophysiological study. *Cognitive, Affective i Behavioral Neuroscience*, *10*(2), 195–207. <https://doi.org/10.3758/CABN.10.2.195>
- Neta, M. i Whalen, P. J. (2010). The primacy of negative interpretations when resolving the valence of ambiguous facial expressions. *Psychological Science*, *21*(7), 901–907. <https://doi.org/10.1177/0956797610373934>
- Ochsner, K. N., Bunge, S. A., Gross, J. J. i Gabrieli, J. D. E. (2002). Rethinking feelings: an fMRI study of the cognitive regulation of emotion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*(8), 1215–1229. <https://doi.org/10.1162/089892902760807212>
- Ochsner, K. N. i Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(5), 242–249. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.03.010>
- Ochsner, K. N., Ray, R. D., Cooper, J. C., Robertson, E. R., Chopra, S., Gabrieli, J. D. E. i John, O. P. i Gross, J. J. (2004). Healthy and unhealthy emotion regulation: personality processes, individual differences, and life span development. *Journal of Personality*, *72*(6), 1301–1333. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.2004.00298.x>
- Ochsner, K. N., Silvers, J. A. i Buhle, J. T. (2012). Functional imaging studies of emotion regulation: a synthetic review and evolving model of the cognitive control of

- emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1251, E1-24.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06751.x>
- O’Connell, R. G., Schneider, D., Hester, R., Mattingley, J. B. i Bellgrove, M. A. (2011). Attentional load asymmetrically affects early electrophysiological indices of visual orienting. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 21(5), 1056–1065.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhq178>
- O’Doherty, J. P. (2004). Reward representations and reward-related learning in the human brain: insights from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(6), 769–776. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2004.10.016>
- Ohman, A. i Mineka, S. (2001). Fear, phobias, and preparedness: Toward an evolved module of fear and fear learning. *Psychological Review*, 108(2), 483-452..
- Okamoto, M., Dan, H., Sakamoto, K., Takeo, K., Shimizu, K., Kohno, S., ... Dan, I. (2004). Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10-20 system oriented for transcranial functional brain mapping. *NeuroImage*, 21(1), 99–111.
- Olofsson, J. K., Nordin, S., Sequeira, H. i Polich, J. (2008). Affective picture processing: an integrative review of ERP findings. *Biological Psychology*, 77(3), 247–265.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.11.006>
- Öner, S. (2018). Neural substrates of cognitive emotion regulation: a brief review. *Psychiatry and Clinical Psychopharmacology*, 28(1), 91–96.
<https://doi.org/10.1080/24750573.2017.1407563>
- Papadopolou, M., Friston, K. i Marinazzo, D. (2015). Estimating Directed Connectivity from Cortical Recordings and Reconstructed Sources. *Brain Topography*, 1–12.
<https://doi.org/10.1007/s10548-015-0450-6>
- Parrott, W. G. (1993). Beyond hedonism: Motives for inhibiting good moods and for maintaining bad moods. W *Handbook of mental control* (s. 278–305). Englewood Cliffs, NJ, US: Prentice-Hall, Inc.
- Peirce, J. W. (2008). Generating Stimuli for Neuroscience Using PsychoPy. *Frontiers in Neuroinformatics*, 2, 10. <https://doi.org/10.3389/neuro.11.010.2008>
- Pessoa, L., Japee, S. i Ungerleider, L. G. (2005). Visual awareness and the detection of fearful faces. *Emotion (Washington, D.C.)*, 5(2), 243–247.
<https://doi.org/10.1037/1528-3542.5.2.243>

- Peyk, P., De Cesarei, A. i Junghöfer, M. (2011). ElectroMagnetoEncephalography software: overview and integration with other EEG/MEG toolboxes. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011, 861705. <https://doi.org/10.1155/2011/861705>
- Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F. i Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *NeuroImage*, 16(2), 331–348. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1087>
- Phelps, E. A. (2006). Emotion and cognition: insights from studies of the human amygdala. *Annual Review of Psychology*, 57, 27–53. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070234>
- Ray, R. D. i Zald, D. H. (2012). Anatomical insights into the interaction of emotion and cognition in the prefrontal cortex. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(1), 479–501. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.08.005>
- Roberts, N. A., Levenson, R. W. i Gross, J. J. (2008). Cardiovascular costs of emotion suppression cross ethnic lines. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 70(1), 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.06.003>
- Rothbart, M., Ziaie, H. i O'Boyle, C. (1992). Self-regulation and emotion in infancy. [W:] N.Eisenberg i R. Fabes (Ed.), *Emotion and Its Regulation in Early Development* (pp. 723). San Francisco: Jossey-Bass/Pfeiffer.
- Ruff, C. C., Bestmann, S., Blankenburg, F., Bjoertomt, O., Josephs, O., Weiskopf, N., ... Driver, J. (2008). Distinct causal influences of parietal versus frontal areas on human visual cortex: evidence from concurrent TMS-fMRI. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 18(4), 817–827. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm128>
- Rugg, M. D., Milner, A. D., Lines, C. R. i Phalp, R. (1987). Modulation of visual event related potentials by spatial and non-spatial visual selective attention. *Neuropsychologia*, 25(1A), 85–96.
- Schartau, P. E. S., Dalglish, T. i Dunn, B. D. (2009). Seeing the bigger picture: training in perspective broadening reduces self-reported affect and psychophysiological response to distressing films and autobiographical memories. *Journal of Abnormal Psychology*, 118(1), 15–27. <https://doi.org/10.1037/a0012906>
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T. i Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: the late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, 37(2), 257–261.

- Sheppes, G. i Gross, J. J. (2011). Is timing everything? Temporal considerations in emotion regulation. *Personality and Social Psychology Review: An Official Journal of the Society for Personality and Social Psychology, Inc*, 15(4), 319–331. <https://doi.org/10.1177/1088868310395778>
- Sheppes, G. i Meiran, N. (2007). Better late than never? On the dynamics of online regulation of sadness using distraction and cognitive reappraisal. *Personality & Social Psychology Bulletin*, 33(11), 1518–1532. <https://doi.org/10.1177/0146167207305537>
- Silvers, J. A., Shu, J., Hubbard, A. D., Weber, J. i Ochsner, K. N. (2015). Concurrent and lasting effects of emotion regulation on amygdala response in adolescence and young adulthood. *Developmental Science*, 18(5), 771–784. <https://doi.org/10.1111/desc.12260>
- Silvers, J. A., Wager, T. D., Weber, J. i Ochsner, K. N. (2015). The neural bases of uninstructed negative emotion modulation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(1), 10–18. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu016>
- Silvers, J. A., Weber, J., Wager, T. D. i Ochsner, K. N. (2014). Bad and worse: neural systems underlying reappraisal of high- and low-intensity negative emotions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu043>
- Sirois, B. C. i Burg, M. M. (2003). Negative emotion and coronary heart disease. A review. *Behavior Modification*, 27(1), 83–102. <https://doi.org/10.1177/0145445502238695>
- Stegge, H. i Terwogt, M. M. (2007). Awareness and Regulation of Emotion in Typical and Atypical Development. W *Handbook of emotion regulation* (s. 269–286). New York, NY, US: Guilford Press.
- Stojanoski, B. i Cusack, R. (2014). Time to wave good-bye to phase scrambling: Creating controlled scrambled images using diffeomorphic transformations. *Journal of Vision*, 14(12), 6–6. <https://doi.org/10.1167/14.12.6>
- Taylor, M. J. (2002). Non-spatial attentional effects on P1. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 113(12), 1903–1908.
- Thiruchselvam, R., Blechert, J., Sheppes, G., Rydstrom, A. i Gross, J. J. (2011). The temporal dynamics of emotion regulation: An EEG study of distraction and reappraisal. *Biological Psychology*, 87(1), 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.02.009>

- Thompson, R. A. (1991). Emotional regulation and emotional development. *Educational Psychology Review*, 3(4), 269–307. <https://doi.org/10.1007/BF01319934>
- Thompson-Schill, S. L., Bedny, M. i Goldberg, R. F. (2005). The frontal lobes and the regulation of mental activity. *Current Opinion in Neurobiology*, 15(2), 219–224. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.03.006>
- Troy, A. S., Shallcross, A. J. i Mauss, I. B. (2013). A person-by-situation approach to emotion regulation: cognitive reappraisal can either help or hurt, depending on the context. *Psychological Science*, 24(12), 2505–2514. <https://doi.org/10.1177/0956797613496434>
- Tupak, S. V., Dresler, T., Guhn, A., Ehlis, A.-C., Fallgatter, A. J., Pauli, P. i Herrmann, M. J. (2014). Implicit emotion regulation in the presence of threat: neural and autonomic correlates. *NeuroImage*, 85 Pt 1, 372–379. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.09.066>
- Van Dillen, L. F., Heslenfeld, D. J. i Koole, S. L. (2009). Tuning down the emotional brain: An fMRI study of the effects of cognitive load on the processing of affective images. *NeuroImage*, 45(4), 1212–1219. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.01.016>
- Varnum, M. E. W. i Hampton, R. S. (2017). Cultures differ in the ability to enhance affective neural responses. *Social Neuroscience*, 12(5), 594–603. <https://doi.org/10.1080/17470919.2016.1209239>
- Verleger, R., Jaśkowski, P. i Wascher, E. (2005). Evidence for an Integrative Role of P3b in Linking Reaction to Perception. *Journal of Psychophysiology*, 19(3), 165–181. <https://doi.org/10.1027/0269-8803.19.3.165>
- Viviani, R. (2013). Emotion regulation, attention to emotion, and the ventral attentional network. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 746. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00746>
- Vogel, E. K. i Luck, S. J. (2000). The visual N1 component as an index of a discrimination process. *Psychophysiology*, 37(2), 190–203.
- Vossel, S., Geng, J. J. i Fink, G. R. (2014). Dorsal and ventral attention systems: distinct neural circuits but collaborative roles. *The Neuroscientist: A Review Journal Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry*, 20(2), 150–159. <https://doi.org/10.1177/1073858413494269>
- Vuilleumier, P. i Pourtois, G. (2007). Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging.

- Neuropsychologia*, 45(1), 174–194.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.06.003>
- Wager, T. D., Jonides, J. i Reading, S. (2004). Neuroimaging studies of shifting attention: a meta-analysis. *NeuroImage*, 22(4), 1679–1693.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.03.052>
- Wells, A. i Papageorgiou, C. (1998). Social phobia: Effects of external attention on anxiety, negative beliefs, and perspective taking. *Behavior Therapy*, 29(3), 357–370. [https://doi.org/10.1016/S0005-7894\(98\)80037-3](https://doi.org/10.1016/S0005-7894(98)80037-3)
- Whalen, P. J., Rauch, S. L., Etcoff, N. L., McInerney, S. C., Lee, M. B. i Jenike, M. A. (1998). Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 18(1), 411–418.
- Whalen, P. J., Kagan, J., Cook, R. G., Davis, F. C., Kim, H., Polis, S., ... Johnstone, T. (2004). Human amygdala responsivity to masked fearful eye whites. *Science (New York, N.Y.)*, 306(5704), 2061. <https://doi.org/10.1126/science.1103617>
- Wronka, E., Kaiser, J. i Coenen, A. M. L. (2012). Neural generators of the auditory evoked potential components P3a and P3b. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 72(1), 51-64.
- Wróbel, A. (2000). Beta activity: a carrier for visual attention. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 60(2), 247–260.
- Wyczesany, M., Ferdek, M. A. i Grzybowski, S. J. (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. i Ligeza, T. S. (2014). Towards a constructionist approach to emotions: verification of the three-dimensional model of affect with EEG-independent component analysis. *Experimental Brain Research*.
<https://doi.org/10.1007/s00221-014-4149-9>
- Wyczesany, M. i Ligeza, T. S. (2017). Is elaboration of affective content sufficient to attenuate emotional responses during reappraisal procedures? *Biological Psychology*, 127, 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.05.009>
- Wyczesany, M., Ligeza, T. S. i Grzybowski, S. J. (2014). Effective connectivity during visual processing is affected by emotional state. *Brain Imaging and Behavior*.
<https://doi.org/10.1007/s11682-014-9326-8>

Zeman, J. i Garber, J. (1996). Display rules for anger, sadness, and pain: it depends on who is watching. *Child Development*, 67(3), 957–973.

Zeman, J., Cassano, M., Perry-Parrish, C. i Stegall, S. (2006). Emotion regulation in children and adolescents. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics: JDBP*, 27(2), 155–168.

Zilverstand, A., Parvaz, M. A. i Goldstein, R. Z. (2016). Neuroimaging cognitive reappraisal in clinical populations to define neural targets for enhancing emotion regulation. A systematicreview.*NeuroImage*.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.06.009>