

## **Załącznik nr 1: Autoreferat w języku polskim**

### **1. Imię i Nazwisko.**

Michał Kuniecki

### **2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.**

2003 Doktor nauk społecznych, Katholieke Universiteit Nijmegen (obecnie Radboud Universiteit Nijmegen), Holandia. Tytuł rozprawy: How the brain processes emotional stimuli, studied by heart rate, EEG and fMRI parameters. (promotorzy: prof. Jan Kaiser, prof. Anton Coenen)

1996 Ukończenie studiów wyższych na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie, kierunek Psychologia

### **3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.**

2006 – obecnie –adiunkt, Instytut Psychologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

2006 – 2007 – postdoc (wissenschaftlicher Mitarbeiter) , Universität zu Lübeck, Niemcy

2006 – wykładowca kontraktowy, Instytut Psychologii, Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań

2006 – wykładowca kontraktowy, Wyższa Szkoła Biznesu-National Louis University, Nowy Sącz

2004 – 2006 – wykładowca kontraktowy, Akademia Sztuk Pięknych im Jana Matejki, Kraków

2003 – 2006 – asystent, Instytut Psychologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

### **4. Wskazanie osiągnięcia\* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):**

#### **a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego,**

Rola charakterystyki fizycznej oraz semantyki w przetwarzaniu bodźców emocjonalnych.

**b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy),**

1) Kuniecki, M., Pilarczyk, J., & Wichary, S. (2015). The color red attracts attention in an emotional context. An ERP study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9,1-14

doi: 10.3389/fnhum.2015.00212

**Impact Factor JCR w roku publikacji: 3,64**

2) Pilarczyk, J., & Kuniecki, M. (2014). Emotional content of an image attracts attention more than visually salient features in various signal-to-noise ratio conditions. *Journal of Vision*, 14(12), 1-19.

doi: 10.1167/14.12.4.

**Impact Factor JCR w roku publikacji: 2,39**

3) Kuniecki, M., Wołoszyn, K. B., Domagalik, A., & Pilarczyk, J. (2017). Effects of Scene Properties and Emotional Valence on Brain Activations: A Fixation-Related fMRI Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 1-11

doi: 10.3389/fnhum.2017.00429

**Impact Factor JCR w roku poprzedzającym publikację: 3,2**

4) Kuniecki, M., Wołoszyn, K. B., Domagalik, A., & Pilarczyk, J. (2017). Disentangling brain activity related to the processing of emotional visual information and emotional arousal. *Brain Structure and Function*, in press.

doi: 10.1007/s00429-017-1576-y

**Impact Factor JCR w roku poprzedzającym publikację: 4,6**

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

### **Wprowadzenie**

Moja praca badawcza obejmuje połączenie problemów oraz metod dwóch dziedzin - neurobiologii emocji oraz percepcji wzrokowej. Połączenie to wydaje się naturalne, ponieważ w jednym z najbardziej rozpowszechnionych paradygmatów badania emocji u ludzi, wykorzystywanym również w mojej pracy, stany emocjonalne wzbudzone są za pomocą prezentacji zdjęć. Postrzeganie zdjęć, nazywanych w domenie percepcji wzrokowej „scenami naturalnymi”, jest z kolei istotną częścią prac nad procesami widzenia. Badania, które przeprowadzałem w ramach doktoratu wpisywały się w nurt poszukiwań

mózgowych mechanizmów emocji. Moją uwagę zwrócił wówczas fakt, że choć obrazy wykorzystywane podczas badań do wzbudzania stanów emocjonalnych u ludzi są bardzo złożonymi bodźcami wzrokowymi, kwestia ich charakterystyki jest pomijana przez większość naukowców zajmujących się tą tematyką. Co więcej, podejście to kontrastuje z długą tradycją badań nad emocjami wykorzystujących procedury warunkowania, w których ścisła charakterystyka formalna użytych bodźców jest istotnym komponentem metody. Wśród badaczy emocji panował rodzaj pragmatycznego konsensu polegającego na uznaniu, że jeśli bodziec wzrokowy wywołuje określoną reakcję fizjologiczną oraz został w określony sposób opisany kwestionariuszowo, to można uznać, że wywołuje on konkretny stan emocjonalny. Podejście takie niesie ryzyko rozumowania cyrkularnego – bodziec jest klasyfikowany jako negatywny, ponieważ wywołuje określoną reakcję fizjologiczną, z kolei pojawienie się tej reakcji uznaje się za dowód na to, że bodziec ma walencję negatywną. Taki stan, choć wygodny od strony praktycznej, wydał mi się niezadowolający od strony teoretycznej. Jak wskazuje badaczka emocji Agnes Moors (2009), precyzyjna charakterystyka bodźca wywołującego reakcję afektywną powinna zawsze stanowić część poprawnie sformułowanej pod względem metodologii teorii emocji (tzw. *elicitation problem*). W szczególności teoria taka powinna wyjaśniać dlaczego jedne bodźce wywołują reakcję emocjonalną, podczas gdy inne nie. Kwestia ta obejmuje, według Moors (2009), dwa bardziej szczegółowe zagadnienia. Po pierwsze : co charakteryzuje bodźce wywołujące emocje? Po drugie: jak mózg wykorzystuje te charakterystyki do odróżnienia bodźców emocjonalnych od neutralnych.

Zagadnienia te zostały podjęte w serii artykułów, które przedstawiam jako osiągnięcie habilitacyjne według rozumienia Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki, zwanej dalej ustawą. Problemy te mogą wydawać się bardzo szczegółowe, lecz nie są banalne, ponieważ brak kontroli nad charakterystyką bodźców wywołujących postulowane stany emocjonalne skutkuje niemożnością jednoznacznej interpretacji wyników badań i formułowania na ich podstawie precyzyjnych wniosków. Problem ten został wykazany eksperymentalnie przez zespół Johna Policha (Rozenkrants, Olofsson i Polich, 2008). Pokazali oni, że wzrokowe bodźce emocjonalne wywoływały odmienny wzorec potencjałów wywołanych EEG niż bodźce neutralne, zarówno, wtedy gdy prezentowane były w formie oryginalnej, jak i wtedy gdy ich zawartość semantyczna została całkowicie usunięta poprzez losowe zmieszanie fragmentów obrazu (ang. *image scrambling*). Wyjaśnieniem tego fenomenu, wprost sugerowanym przez autorów, jest to że za zaobserwowane różnice odpowiedzialne są szczególne cechy fizyczne bodźców emocjonalnych, takie jak kolor, kontrast lub tekstura. Określenie wpływu semantycznych oraz fizycznych cech bodźców wzrokowych na

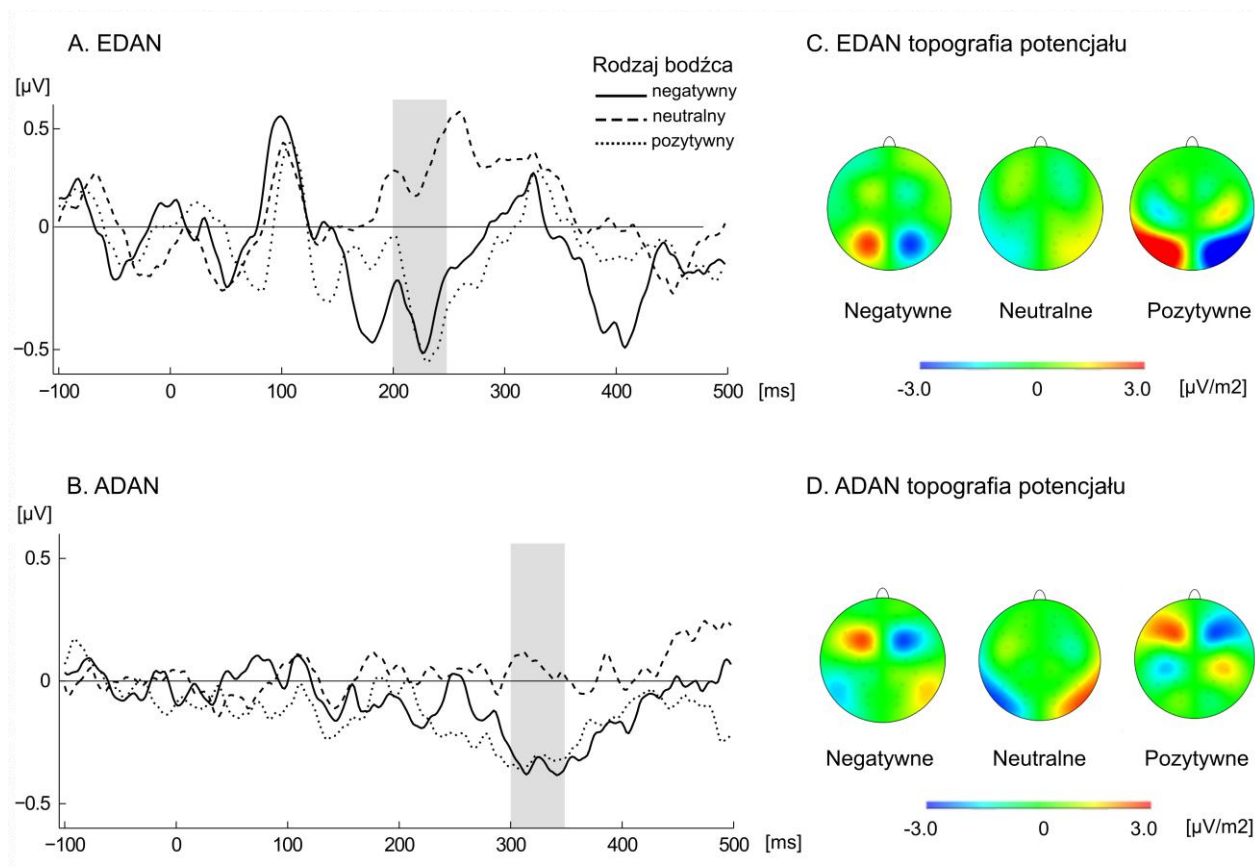
powstawanie reakcji emocjonalnej wydało mi się istotną, a zarazem fascynującą, kwestią, a w konsekwencji stało się przedmiotem moich poszukiwań badawczych po doktoracie.

W szerszej perspektywie wzrokowe bodźce emocjonalne stanowią dobry ogólny model dla badania interakcji pomiędzy cechami semantycznymi a cechami fizycznymi obrazu w procesie widzenia. Wykazano bowiem eksperymentalnie, że walencja emocjonalna silnie wpływa na angażowanie uwagi przestrzennej. Bodźce emocjonalne można traktować jako specjalną kategorię bodźców wzrokowych, niosącą informacje istotne z punktu widzenia przetrwania organizmu. W tej perspektywie dostosowanie mózgowych mechanizmów percepcji do szybkiego przetwarzania bodźców emocjonalnych wydaje się mieć ewolucyjną wartość adaptacyjną. Szereg badań wskazuje, że takie mechanizmy adaptacyjne rzeczywiście istnieją. Wykorzystując metodę potencjałów wywołanych wykazano, że emocjonalne bodźce wzrokowe są odróżniane od neutralnych już po około 100 ms od prezentacji (Carretié, Hinojosa, López-Martín i Tapia, 2007; Carretié, Hinojosa, Mercado i Tapia, 2005; Junghöfer, Bradley, Elbert i Lang, 2001; Junghöfer i wsp., 2006, Kuniecki, Pilarczyk i Wichary, 2015), a także że są efektywnie wychwytywane ze strumienia bodźców wzrokowych prezentowanych w szybkim następstwie czasowym (Schupp, Junghöfer, Weike i Hamm, 2004). Ponadto wśród dystraktorów bodźce emocjonalne rozpoznawane są szybciej od bodźców neutralnych (Calvo, Avero i Lundqvist, 2006; Öhman, Lundqvist i Esteves, 2001), jak również silniej od nich angażują uwagę (Mogg i Bradley, 1999; Mogg i wsp., 2000; Nummenmaa, Hyönä i Calvo, 2006, Kuniecki i wsp., 2017). Detekcja bodźców emocjonalnych wydaje się tak szybka i efektywna, że Öhman, Flykt i Lundqvist (1999) skomentowali wyniki swojego słynnego eksperymentu – „znajdź węża wśród kwiatów” – następującymi słowami: „(...) nie można się oprzeć zdumieniu jakie cechy bodźca zostały wykorzystane przez system wzrokowy, aby spośród wielu elementów wykryć błyskawicznie ten istotny” (s. 307). Celem omówionej niżej serii artykułów była eksploracja tego zagadnienia.

### **Rola koloru diagnostycznego w angażowaniu uwagi przez bodźce emocjonalne**

W pierwszym eksperymencie (Kuniecki i wsp., 2015) celem moim i mojego zespołu było zbadanie czy w procesie przetwarzania bodźców emocjonalnych kolor czerwony, będący sygnałem uwarunkowanym biologicznie, wchodzi w interakcję z treścią semantyczną obrazu. W chwili przeprowadzania badania rola koloru w przetwarzaniu bodźców emocjonalnych nie była jednoznacznie ustalona: niektóre zespoły postulowały, że kolor nie odgrywa znaczącej roli (Bradley i wsp., 2001; Junghöfer i wsp., 2001; Codispoti i wsp., 2011), podczas gdy inne wskazywały na istotną rolę koloru (Cano, M. E., Class, Q. A. i Polich, J. 2009). Nasze badanie osadzone było w ramach teorii działania kolorów w kontekście semantycznym Eliota i Mayera (2012). Teoria ta postuluje automatyczny, nieświadomy i zależny od kontekstu wpływ

koloru na reakcje organizmu. Na przykład kolor czerwony może sygnalizować zagrożenie i wywoływać reakcję unikania, ponieważ jest kolorem krwi, a także wielu trujących gatunków roślin i zwierząt; niemniej w innym kontekście kolor ten może wywoływać reakcję dążenia – np. gdy czerwone ubarwienie jest sygnałem podkreślającym atrakcyjność partnerki lub partnera (Eliot i Maier 2012). Jest to więc teoria zakładająca *explicite*, że interakcja czynników fizycznych (kolor bodźca) oraz semantycznych (kontekst) wpływa na angażowanie uwagi oraz reakcje organizmu na emocjonalny bodziec wzrokowy. Celem naszego badania było rozstrzygnięcie czy istnieje efekt priorytetowego angażowania uwagi przez czerwoną barwę obrazów oraz czy treść emocjonalna obrazu moduluje ten proces. W badaniu użyto schematu eksperymentalnego typu *dot-probe*. W zadaniu tym każda próba eksperymentalna polega na wyświetleniu dwóch rodzajów bodźców w krótkim następstwie czasowym. W pierwszej kolejności jednocześnie w lewym i prawym polu widzenia wyświetlane są tak zwane prymy, czyli obrazy, których zdolność do angażowania uwagi jest przedmiotem badania. Następnie w lewym lub prawym polu widzenia prezentowany jest bodziec-cel, na który osoba badana ma za zadanie reagować. Przyjmuje się, że jeśli jedna z prym zaangażowała uwagę badanego, to czas reakcji na bodziec-cel wyświetlony w polu widzenia, w którym została ona zaprezentowana będzie krótszy niż czas reakcji na bodziec-cel wyświetlony w przeciwnym polu widzenia (MacLeod, Mathews i Tata, 1986). W naszym eksperymencie bodźcami prymującymi były pary obrazów wybrane z bazy IAPS (*International Affective Picture System*, Lang i wsp., 1999) o jednakowej ocenie walencji emocjonalnej i pobudzenia, przy czym jeden obraz z pary zawierał obiekt w kolorze czerwonym, a drugi zawierał obiekt o innym zabarwieniu. Podczas badania dokonywano pomiaru czasów reakcji na bodziec-cel, jak również zapisu zlateralizowanych potencjałów EEG wywołanych przez pokazanie prymy. Analiza potencjałów (EDAN – *early directing attention negativity* oraz ADAN – *anterior directing attention negativity*) wykazała, że kolor czerwony przyciąga, a następnie utrzymuje ognisko uwagi w przypadku prezentacji prym emocjonalnych. Efektu takiego nie zaobserwowano w przypadku prym neutralnych (Rycina 1).



Rycina 1. Zlateralizowane potencjały (A) EDAN oraz (B) ADAN wywołane prezentacją prymy. Potencjały zostały obliczone przez odjęcie aktywności EEG półkuli kontralateralnej względem prymy zawierającej obiekt czerwony od aktywności półkuli ipsilateralnej. Szare paski wskazują okna czasowe dla potencjałów EDAN i ADAN. Rozkład potencjału w oknach czasowych dla potencjału EDAN (C) i ADAN (D).

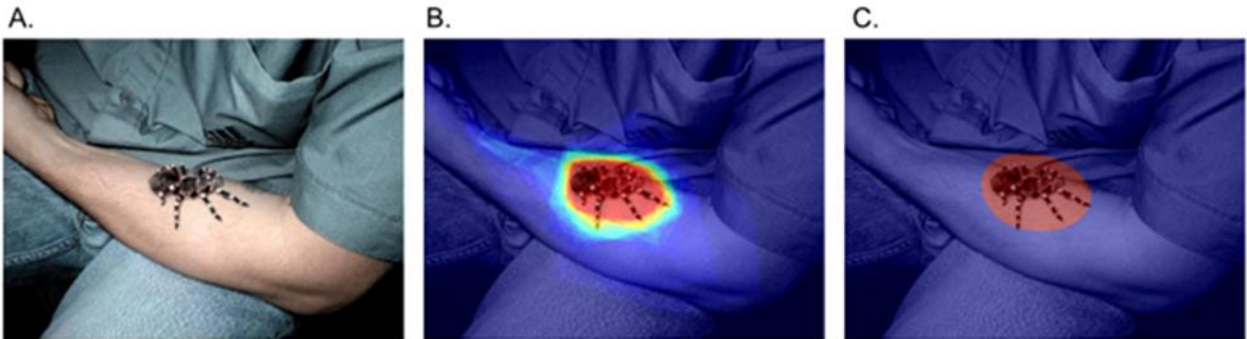
Angażowanie uwagi przez kolor czerwony potwierdziła również analiza czasów reakcji na bodziec-cel – były one zawsze krótsze, jeśli bodziec-cel został pokazany w tej części pola widzenia, gdzie wcześniej zaprezentowano prymę czerwoną. Efekt ten był dodatkowo modulowany przez emocjonalną treść prymy: czas reakcji na bodziec-cel zaprezentowany w polu widzenia poprzedzonym czerwoną prymą był znacząco krótszy, jeśli pryma była negatywna bądź pozytywna w porównaniu do prymy neutralnej. Pokazaliśmy również, że potencjał P1, o latencji około 100 ms, wywołany prezentacją prym mierzony znad okolic potylicznych był znacząco większy w przypadku obrazów emocjonalnych niż neutralnych. Efekt modulacji załamka P1 przez bodźce afektywne został opisany już wcześniej (np. Smith i wsp., 2003) i przyjmuje się, że dowodzi on, że zgrubna klasyfikacja semantyczna bodźców ze względu na walencję

emocjonalną następuje już około 100 ms po ich prezentacji. W naszym eksperymencie modulacja załamka P1 przez walencję emocjonalną wskazuje, że znaczenie prezentowanych bodźców było przynajmniej częściowo rozpoznane i dostępne dla systemu nerwowego około 100 ms po prezentacji prymy, a zatem, że interakcyjna modulacja zlateralizowanego potencjału EDAN o latencji 200 ms zarówno przez znak emocji prezentowanych prym jak i przez ich kolor była możliwa. Podsumowując, badanie wykazało interakcję cech semantycznych i fizycznych na wczesnych etapach przetwarzania uwagowego bodźców emocjonalnych. W szczególności potwierdzono, że kolor diagnostyczny bodźca (w tym wypadku czerwony) wpływa na czasy reakcji oraz potencjały wywołane, będące korelatami przesunięcia ogniska uwagi, w zależności od treści emocjonalnej bodźca. Czasy reakcji były krótsze, jeśli bodźce zawierające kolor czerwony były emocjonalne, lecz nie wtedy gdy były one neutralne. Efekt interakcyjnej modulacji koloru i treści semantycznej był widoczny już na poziomie potencjału EDAN, czyli około 200 ms po prezentacji prymy.

Zastosowana przez nas w opisanym wyżej badaniu procedura typu *dot-probe* w połączeniu z rejestracją EEG posiada pewne mankamenty. Przede wszystkim jest to procedura – jak wiele innych procedur EEG zaprojektowanych do obliczania potencjałów wywołanych – mało trafna ekologicznie, czyli wymagająca od osób badanych wykonywania nienaturalnych czynności, które nie zaliczają się do standardowego repertuaru behawioralnego. Przykładowo, w życiu codziennym ludzie nie są zmuszeni do wpatrywania się nieruchomo w umowny punkt fiksacji, lecz swobodnie eksplorują przestrzeń wzrokową, wykonując naprzemienne sakady oraz fiksacje. Z kolei swobodne kierowanie uwagi nie polega zazwyczaj na przenoszeniu wzroku w obrębie dwóch konkurencyjnych obrazów pojawiających się w polu widzenia na jedną dziesiątą sekundy. Jak pokazały już bardzo wczesne badania okulograficzne (np. Buswell, 1935; Yarbus, 1967), w warunkach naturalnych ludzie eksplorują sceny wzrokowe lokalizując fiksacje wzroku na kluczowych obiektach obrazu. Z tych powodów, uznając ułomność dotychczasowej metodologii, postanowiłem opracować autorską, trafniejszą ekologicznie metodę pomiaru procesów angażowania uwagi przez bodźce emocjonalne.

W tym celu wraz z zespołem opracowaliśmy Bazę Obiektów Emocjonalnych dla zestawu ponad sześciuset obrazów pochodzących z kilku dostępnych baz zdjęć emocjonalnych takich jak: International Affective Picture System (IAPS; Lang et al., 2008), Nencki Affective Picture System (NAPS; Marchewka et al., 2014), EmoPicS database (Wessa et al., 2010), oraz the Geneva Affective Picture Database (GAPED; Dan-Glauser and Scherer, 2011). W kilku osobnych badaniach prosiliśmy uczestników o zaznaczenie obszarów obrazu które – według ich oceny – decydują o jego charakterystyce emocjonalnej. Moduł opisu wyświetlał

zdjęcie wraz z podpisem informującym badaną osobę o tym jak próba standaryzacyjna zakwalifikowała dane zdjęcie, tj. czy jest ono uznawane za pozytywne, neutralne czy negatywne. Osoby badane opisywały zdjęcia za pomocą narzędzia graficznego umożliwiającego zaznaczanie na nim obszarów o dowolnym kształcie. Zaznaczenia dokonane przez poszczególne osoby badane zostały następnie zagregowane. W kolejnym kroku uśrednione zaznaczenia poddaliśmy progowaniu uznając za obiekt kluczowy obszar obrazu zaznaczony zgodnie przez co najmniej 50% osób badanych (Rycina 2).



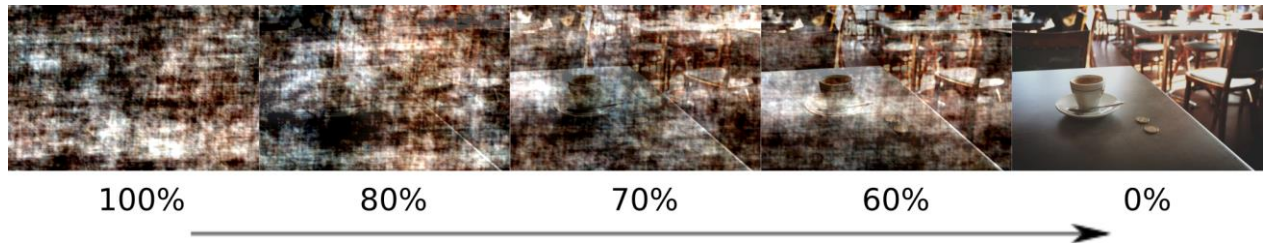
Rycina 2. Przykład oryginalnego obrazu (A) zawartego w bazie danych obiektów emocjonalnych. Mapa ciepła (B) jest generowana poprzez uśrednianie poszczególnych wyborów osób badanych; regiony o najwyższej zgodności są oznaczone na czerwono, a najniższe na niebiesko. Segmentacja na obiekt i tło (C), obiekt jest zaznaczony na czerwono, a tło na niebiesko.

### **Rola wyrazistości wzrokowej oraz semantyki w angażowaniu uwagi przez bodźce emocjonalne**

Dysponując opisanym narzędziem przeprowadziliśmy eksperyment mierzący angażowanie wzrokowej uwagi przestrzennej w warunkach swobodnego oglądania scen (ang. *free-viewing*) z wykorzystaniem urządzenia śledzącego punkt fiksacji tzw. okulografu (Pilarczyk i Kuniecki 2014). Celem badania było ustalenie na ile o angażowaniu wzrokowej uwagi przestrzennej przez bodźce emocjonalne i neutralne decyduje ich treść a na ile ich wyrazistość wzrokowa (ang. *visual saliency*). Aby kontrolować dostępność treści semantycznej oryginalne obrazy zaczerpnięte z baz obrazów emocjonalnych zostały w różnych proporcjach zmieszane z różowym szumem. Szum różowy powstaje poprzez poddanie obrazu transformacji Fouriera. W wyniku tej operacji otrzymuje się część rzeczywistą odpowiadającą jasności obrazu oraz część urojoną odpowiadającą rozkładowi częstotliwości przestrzennych. Poprzez zastąpienie części urojonej wartościami losowymi, a następnie złożenie jej wraz z częścią rzeczywistą w odwrotnej transformacji Fouriera uzyskać można obraz o tej samej kolorystyce oraz jasności, ale pozbawiony treści



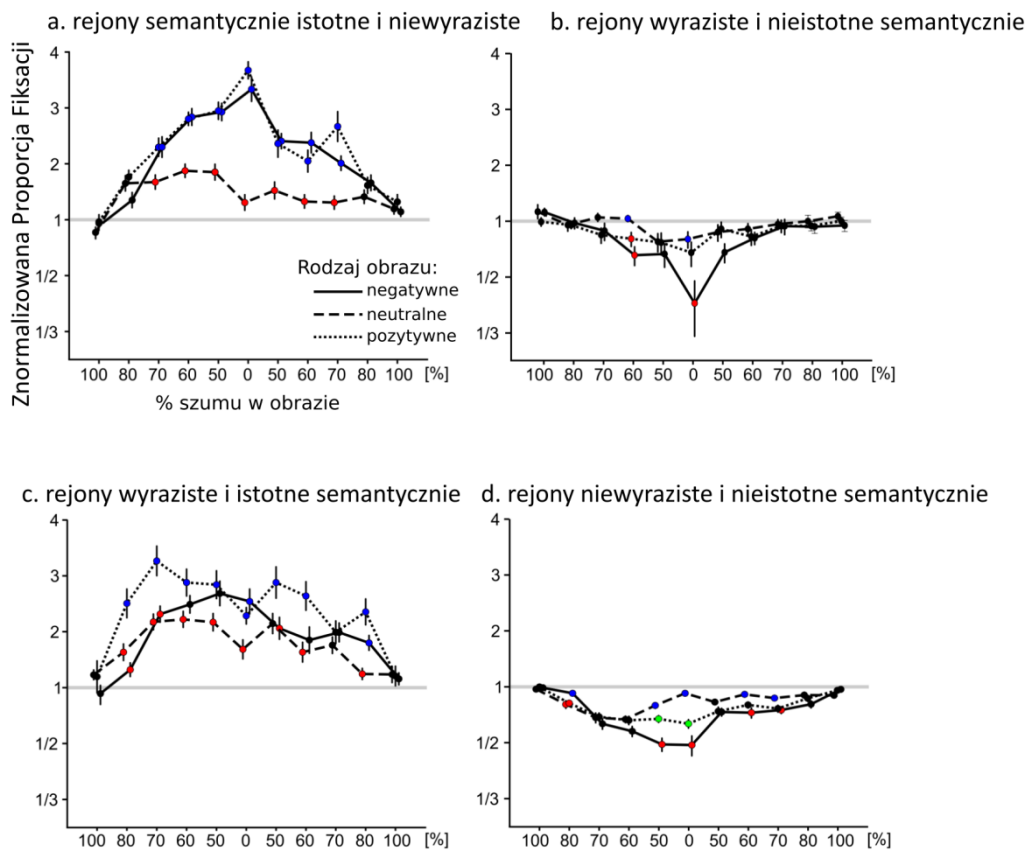
(Rycina 3). Ważną dla naszych badań cechą charakterystyczną szumu różowego jest to, że otrzymane obrazy nie mają struktury homogenicznej, lecz strukturę niejednorodną składającą się z obszarów o bardzo zróżnicowanej wyrazistości wzrokowej. Dla każdego wybranego uprzednio do wykorzystania w badaniu oryginalnego obrazu stworzyliśmy – poprzez zmieszanie go z szumem – serię obrazów w sekwencji od 100% do 0% szumu i od 0% szumu z powrotem do 100% szumu (Rycina 3). Zabieg ten umożliwił nam precyzyjną kontrolę dostępności treści semantycznej w trakcie prezentacji zdjęć.



Rycina 3. Przykład sekwencji obrazów powstałych przez złożenie różowego szumu z oryginalnym obrazem w różnych proporcjach.

Przy pomocy algorytmu *Graph Based Visual Saliency* (GBVS), zaimplementowanego przez Harela i wsp., (2006), dla wszystkich obrazów – także tych zawierających szum – wygenerowana została mapa wyrazistości (*saliency map*). Zastosowany algorytm tworzy mapę wyrazistości na podstawie charakterystyk fizycznych obrazu, takich jak: kontrast jasności, kontrast kolorystyczny oraz nagromadzenie krawędzi. Algorytm GBVS w swoich założeniach teoretycznych podobny jest do klasycznego algorytmu Kocha i Ullmana (1985), ale pozwala na skuteczniejsze przewidywanie fiksacji wzroku w przypadku obrazów naturalnych. Otrzymane mapy wyrazistości zostały następnie poddane progowaniu tak, aby regiony wyraziste na każdym obrazie miały taką samą powierzchnię jak obiekty kluczowe (istotne semantycznie). Mając dla każdego obrazu zdefiniowany obiekt kluczowy oraz rejony wyraziste wzrokowo, byliśmy w stanie podzielić badane obrazy na cztery niezależne obszary: rejony jednocześnie semantycznie istotne i niewyraziste, rejony semantycznie istotne i wyraziste, rejony wyraziste, ale semantycznie nieistotne oraz rejony niewyraziste i nieistotne semantycznie. Badaliśmy jaka jest szansa na to, że pierwsze dwie fiksacje padną na jeden z wydzielonych przez nas obszarów. Ponieważ rozkład przestrzenny fiksacji w polu wzrokowym nie jest losowy, lecz wykazuje silną tendencję centralną (Tatler, 2007), aby poprawnie zbadać różnice szans trafienia w zdefiniowany region nie mogliśmy wprost korzystać z proporcji, lecz musieliśmy opracować wskaźnik oparty na rozkładzie empirycznym punktów fiksacji. Dla potrzeb naszych badań opracowaliśmy i opisaliśmy wskaźnik Znormalizowanej Proporcji Fiksacji (Pilarczyk i Kuniecki 2014). Jest to miara analogiczna do innych miar

jakości klasyfikatorów, takich jak krzywa *Receiver Operating Characteristic* (ROC), ale w odróżnieniu od nich umożliwia ona analizę nie tylko dla całego obrazu, lecz również dla dowolnie wybranych jego fragmentów. W uproszczeniu, Znormalizowaną Proporcję Fiksacji dla określonego regionu danego obrazu wylicza się poprzez porównanie szansy trafienia fiksacji w zdefiniowany region dla tego obrazu do ogólnej szansy trafienia fiksacji w ten region pola widzenia wyliczonej na podstawie fiksacji dla wszystkich obrazów wykorzystanych w badaniu. Wyniki dotyczące względnego wpływu cech fizycznych oraz znaczenia semantycznego na prawdopodobieństwo trafienia pierwszych dwóch fiksacji w zdefiniowane regiony okazały się zgodne z wynikami dwóch wcześniej opublikowanych badań (Humphrey i wsp., 2012; Niu i wsp., 2012). W szczególności, w warunkach całkowitej klarowności obrazów (0% szumu) osoby badane były bardziej skłonne do patrzenia na regiony bogate semantycznie niż na te, które były wyraziste wzrokowo (Rycina 4).



Rycina 4. Znormalizowana Proporcja Fiksacji (ZPF) dla wszystkich regionów zainteresowania. Szara linia oznacza poziom, na którym zaobserwowany odsetek fiksacji jest równy odsetkowi, który można wyjaśnić wielkością regionu i jego lokalizacją (poziom losowy). ZPF większe od 1 oznacza większą niż losowa szansę trafienia fiksacji w dany region. Na osi x przedstawiona jest procentowa zawartość szumu w obrazie, w tej samej kolejności w jakiej

prezentowano kolejne obrazy w eksperymencie. Statystycznie istotne różnice między warunkami są kodowane kolorami kropek (niebieski, czerwony i zielony) reprezentujących punkty danych. Jeśli para punktów danych różniła się istotnie, odpowiednie punkty mają różne kolory. Jeśli dany warunek nie różnił się od innych, kropka go reprezentująca jest czarna. Słupki błędów reprezentują odchylenia standardowe.

Taka przewaga czynników semantycznych była wyraźniejsza w przypadku obrazów emocjonalnych niż neutralnych. Ustaliliśmy ponadto, że niepowiązana ze znaczeniem wyrazistość wzrokowa nie przewiduje fiksacji na poziomie wyższym od przypadkowego. Brak mocy predykcyjnej wyrazistości wzrokowej zaobserwowaliśmy nawet na początku sekwencji, w której prezentowane bodźce zawierały czysty szum. Bardzo słaba skuteczność modelu wyrazistości wzrokowej była zaskakująca, gdyż wcześniejsze badania wykazywały jego wyższą od losowej skuteczność w przewidywaniu miejsc fiksacji wzroku (Parkhurst i wsp., 2002, Harel i wsp., 2006). Co ciekawe, model wyrazistości wzrokowej pozwalał na znacznie skuteczniejsze przewidywanie fiksacji, gdy przewidywane rejony były również istotne semantycznie. Obszary jednocześnie wyraziste wzrokowo i istotne semantycznie przyciągały więcej fiksacji niż obszary wyłącznie istotne semantycznie w przypadku obrazów neutralnych, a podobnie dużo w przypadku obrazów emocjonalnych. Nasze wyniki sugerują zatem, że raportowana wcześniej predykcyjna moc modeli wyrazistości wzrokowej opiera się głównie na korelacji fizycznej wyrazistości ze znaczeniem. Przeszacowanie wpływu wyrazistości wzrokowej na angażowanie uwagi, mierzonej jako rozkład punktów fiksacji, spowodowane taką korelacją zostało dostrzeżone również przez Hendersona, Brockmole, Castelhana i Macka (2007). Alternatywnie niska moc predykcyjna modeli wyrazistości wzrokowej, którą zaobserwowaliśmy w naszym badaniu, może wynikać z tego, że badacze posługujący się tymi modelami zwykle testują je na obrazach neutralnych (Parkhurst i wsp., 2002). Nasze wyniki wskazują, że, w przeciwieństwie do obrazów emocjonalnych, w przypadku obrazów neutralnych wyrazistość wzrokowa rzeczywiście istotnie wpływa na angażowanie uwagi.

Relacja między poziomem szumu w obrazie i siłą angażowania uwagi przez regiony istotne semantycznie różniła się między obrazami neutralnymi i emocjonalnymi. W przypadku bodźców negatywnych i pozytywnych skłonność do kierowania fiksacji wzroku na regiony istotne semantycznie była liniowo powiązana z klarownością obrazu. W przypadku bodźców neutralnych zależność ta załamywała się już po osiągnięciu progu 80% szumu (Rycina 4a). Zjawisko to może odzwierciedlać sposób, w jaki mózg dokonuje detekcji bodźców potencjalnie znaczących. Niektórzy badacze (Davis i Whalen, 2001; Pessoa, 2011; Sander, Grafman i Zalla, 2003; Whalen, 1998) twierdzą, że biologicznym podłożem hipotetycznego detektora wyspecjalizowanego w rozpoznawaniu cech bodźców potencjalnie znaczących jest ciało migdałowate. Nasze wyniki pozwalają przypuszczać, że w przypadku obrazów emocjonalnych ciało

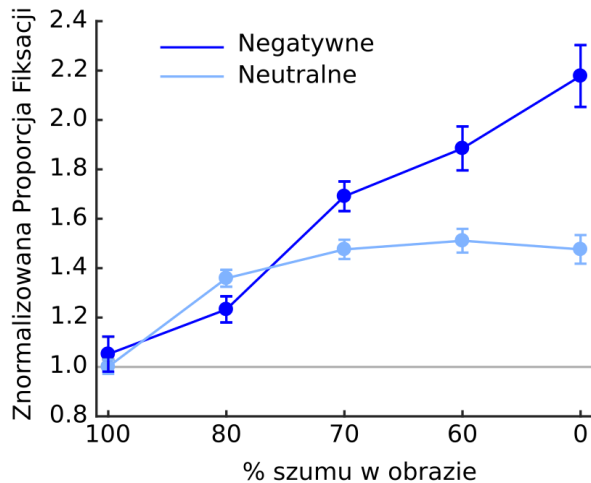
migdałowate mogło utrzymywać aktywność przez cały czas trwania sekwencji. Rezultatem tej aktywności byłaby wzmożona aktywacja systemu wzrokowego w celu bardziej intensywnego przetwarzania informacji zawartej w prezentowanym obrazie. Przypuszczenie jest uprawnione ze względu na dobrze udokumentowany wpływ aktywności ciała migdałowatego na pobudzenie obszarów wzrokowych (Sabatinelli i wsp., 2009, Todd i wsp., 2012b). W przeciwieństwie do obrazów emocjonalnych rozpoznanie treści neutralnych mogło hamować aktywność ciała migdałowatego na wczesnym etapie sekwencji, gdyż choćby szczątkowa informacja dostępna mimo dużej zawartości szumu w obrazie wystarczyła, aby ustalić, że postrzegany bodziec nie jest warty dalszej eksploracji. Hipoteza ta stała się motywacją do przeprowadzenia czwartego, ostatniego z prezentowanej tu serii badań.

### **Mózgowe korelaty fiksacji na obiekt i fiksacji na tło oraz ich modulacja przez znak emocji oraz dostępność treści.**

Kolejne badanie (Kuniecki i wsp., 2017) stanowi rozwinięcie poprzedniego o możliwość bezpośredniego pomiaru aktywności mózgu. Biorąc pod uwagę nasze wcześniejsze ustalenia, że znaczenie bodźca stanowi zasadniczy atraktor uwagi oraz, że walencja emocjonalna pełni modulującą rolę w tym procesie, chcieliśmy zbadać jakie rejony mózgu odpowiadają za kierowanie uwagi wzrokowej na kluczowe obiekty obrazu oraz jaka jest rola znaku emocji w modulowaniu aktywności mózgu towarzyszącej temu procesowi. W tym celu zaplanowaliśmy badanie z jednoczesnym wykorzystaniem techniki funkcjonalnego obrazowania aktywności mózgu (fMRI) oraz śledzenia ruchów oczu. Procedura eksperymentalna została zaprojektowana tak, aby była możliwie w najwyższym stopniu podobna do tej użytej w badaniu behawioralnym, żeby możliwe było wyciągnięcie wspólnych wniosków. W związku z tym podobnie jak w badaniu okulograficznym zadaniem osób badanych było swobodne oglądanie prezentowanych obrazów neutralnych i negatywnych w różnych proporcjach zmieszanych z różowym szumem. W tym przypadku jednakże, ze względu na ograniczenia czasowe narzucone przez badanie fMRI nie uwzględniono obrazów pozytywnych. Podobnie jak w poprzednim badaniu dla każdego z prezentowanych obrazów wyznaczyliśmy region kluczowy semantycznie (obiekt). Regiony wyraziste wzrokowo nie były analizowane, ponieważ w poprzednim badaniu wykazaliśmy ich znikomą rolę w angażowaniu uwagi przestrzennej przez bodźce emocjonalne. Celem badania było porównanie aktywności mózgu towarzyszącej fiksacjom na obiekt kluczowy oraz fiksacjom padającym poza nim (fiksacje na tło), osobno dla bodźców o charakterze neutralnym i negatywnym. Aby zrealizować to zamierzenie, wykorzystaliśmy nowatorską metodę analizy wyników, jaką jest powiązana z fiksacjami analiza danych fMRI (ang. *fixation-based event-related*, FIBER; Marsman 2012). Jeszcze do niedawna

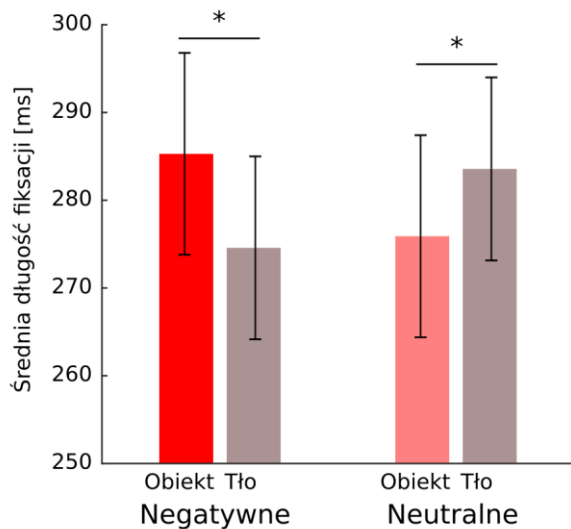
uważano tego typu analizę danych funkcjonalnych za niemożliwą, ponieważ fiksacje ze względu na swoje parametry czasowe wydawały się niezdatne do zastosowania w charakterze markerów w analizie fMRI. Dopiero praca autorstwa Marsmana i współpracowników (2012) pokazała, że oparcie analizy fMRI na fiksacjach wzroku jest metodologicznie poprawne, co otworzyło nowe pole badań nad uwagą wzrokową. Metoda FIBER została dotychczas wykorzystana w niewielkiej liczbie badań, a ich wyniki nie są spójne. Jedno z badań wskazuje na negatywną korelację długości fiksacji z aktywacją brzuszno-przyśrodkowej kory przedczołowej oraz pierwszorzędowej kory wzrokowej (Marsman i wsp., 2013). Inne pokazuje korelację pozytywną z aktywacją pierwszorzędowej kory wzrokowej, zakrętu czołowego oraz grzbietowo-bocznej kory przedczołowej, jak również negatywną z aktywacją w obrębie mózdzku, pnia mózgu, hipokampa, ciała migdałowatego oraz zakrętu przyśrodkowego (Henderson i Choi, 2015). Natomiast kolejne wykazało związek fiksacji ze wzrostem aktywacji pierwszorzędowej kory wzrokowej oraz brzuszno i grzbietowego strumienia wzrokowego (Marsman i wsp., 2016). Zatem obszarem, którego aktywność koreluje z fiksacjami we wszystkich badaniach jest pierwszorzędowa kora wzrokowa, niemniej kierunek tej relacji pozostaje nieustalony.

Od strony behawioralnej otrzymane przez nas wyniki stanowiły replikację wyników poprzedniego badania. W szczególności, Znormalizowana Proporcja Fiksacji rosła liniowo wraz ze wzrostem klarowności obrazów negatywnych, lecz nie neutralnych (Rycina 5).



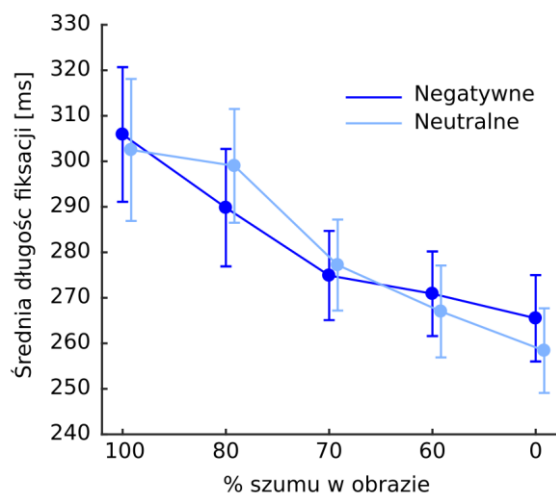
Rycina 5. Znormalizowana Proporcja Fiksacji na każdym poziomie szumu dla obrazów negatywnych i neutralnych. Szara linia przedstawia poziom losowej szansy trafienia fiksacji w obiekt kluczowy. Słupki błędów reprezentują błąd standardowy.

Ustaliliśmy także, że w przypadku obrazów negatywnych przeciętna długość fiksacji, które padły na obiekt była dłuższa niż tych, które padły na tło, a w przypadku obrazów neutralnych wzorec wyników jest odwrotny (Rycina 6).



Rycina 6. Średni czas trwania fiksacji padającej na obiekt i na tło dla obrazów negatywnych i neutralnych. Gwiazdkami oznaczono istotne różnice w porównaniach parami. Słupki błędów reprezentują błąd standardowy.

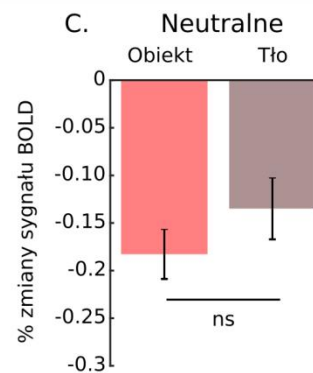
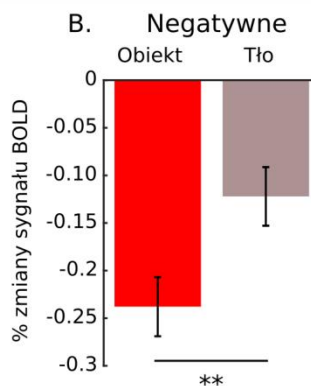
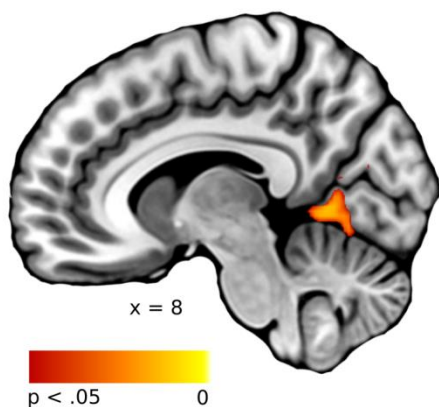
Ponadto przeciętna długość fiksacji malała wraz ze wzrastającą klarownością obrazów (Rycina 7).



Rycina 7. Średni czas trwania fiksacji na każdym poziomie szumu osobno dla obrazów negatywnych i neutralnych. Różnica między warunkiem negatywnym i neutralnym nie jest istotna i jest pokazana wyłącznie dla ilustracji. Słupki błędów reprezentują błąd standardowy.

Analiza funkcjonalna przeprowadzona metodą FIBER dostarczyła kilku interesujących wyników. Po pierwsze wykazaliśmy, że pojedyncze fiksacje powiązane są z deaktywacją w obrębie zakrętu językowego. Efekt ten zaobserwowano również w badaniu Marsmana i współpracowników (2013). Dodatkowo pokazaliśmy, że aktywność powiązana z fiksacjami nie pokrywa się z tą towarzyszącą prezentacji bodźca wzrokowego, ponieważ – pojawienie się bodźca wzrokowego wywoływało, poza aktywacją bardzo rozległej sieci innych struktur, aktywację w rejonie zakrętu językowego (w przeciwieństwie do deaktywacji, które powiązane były z fiksacjami). Co najbardziej interesujące w wynikach omawianego badania, fiksacje na obiekt były związane z istotnie większą deaktywacją prawego zakrętu językowego niż fiksacje na tło, ale wyłącznie w przypadku obrazów negatywnych (Rycina 8).

A. Negatywne obiekt > Negatywne tło



Rycina 8. (A) Istotnie większa deaktywacja prawego zakrętu językowego w kontraście fiksacji na obiekt vs. fiksacji na tło dla obrazów negatywnych. Procent zmiany sygnału BOLD w rejonie prawego zakrętu językowego dla obiektu i tła obrazów (B) negatywnych i (C) neutralnych. Istotność porównań parami jest oznaczona na górze każdego wykresu; ns, nieistotny, \*\*  $p < 0,01$ . Słupki błędów reprezentują błąd standardowy.

Otrzymany efekt wydaje się powiązany z długością fiksacji, jednakże nie może być on przez nią wyczerpująco wyjaśniony – w takim przypadku największą deaktywację w obrębie zakrętu językowego powinniśmy zaobserwować dla fiksacji skierowanych na tło obrazów neutralnych. Można zatem przypuszczać, że efekt ten mediowany jest on przez uwagę. W artykule (Kuniecki i wsp., 2017), opierając się na literaturze przedmiotu, wysunęliśmy hipotezę, że większa deaktywacja zakrętu językowego towarzysząca fiksacjom na obiekt niż tło może być związana z powstrzymaniem wykonania kolejnej sakady, która przemieściłaby punkt fiksacji wzroku poza obiekt kluczowy. Taką interpretację wspierają wyniki behawioralne – Znormalizowana Proporcja Fiksacji była znacząco wyższa dla obrazów negatywnych niż dla neutralnych. Ponadto wykazaliśmy, że zwiększaniu klarowności obrazu towarzyszy obustronna aktywacja bocznej kory potylicznej (*Lateral Occipital Cortex* - LOC). Co istotne, w przypadku obrazów negatywnych aktywacja w obrębie LOC była znacząco większa niż w przypadku obrazów neutralnych. Ponieważ wynik ten korespondował ściśle z wcześniejszymi doniesieniami wskazującymi na większą aktywację LOC w przypadku przetwarzania bodźców emocjonalnych w porównaniu do bodźców neutralnych (Lang i wsp., 1998; Bradley i wsp., 2003; Junghöfer i wsp., 2006; Sabatinelli i wsp., 2009,

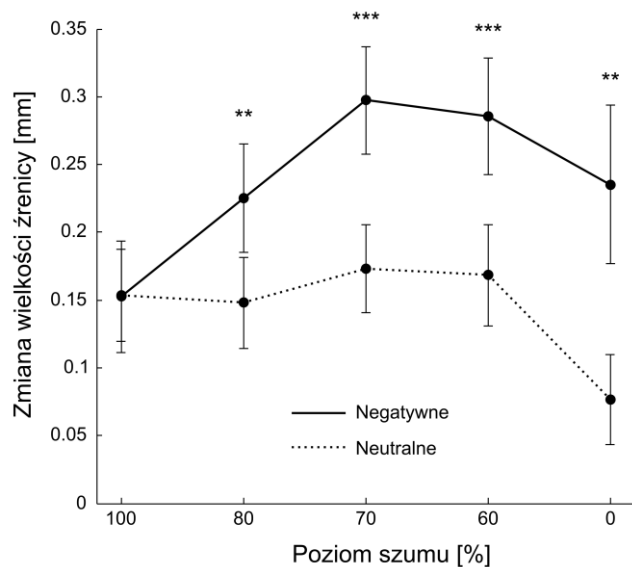


Todd i wsp., 2012a,) traktować go można jako potwierdzenie rzetelności przeprowadzonego przez nas badania.

### **Rola semantyki oraz pobudzenia autonomicznego w przetwarzaniu bodźców emocjonalnych.**

Przetwarzaniu bodźców emocjonalnych towarzyszy bardziej intensywna aktywność w obrębie kory wzrokowej. Efekt ten interpretuje się jako „wzmocnione przetwarzanie sensoryczne” (*enhanced sensory processing*; Junghöfer i wsp., 2006), „zmotywowaną uwagę” (*motivated attention*; Lang i wsp., 1998; Bradley i wsp., 2003) czy „uwagę kierowaną afektem” (*affect-biased attention*; Todd i wsp., 2012a). Dane eksperymentalne wskazują na funkcjonalny związek aktywacji ciała migdałowatego i kory wzrokowej w tym procesie (Sabatinelli i wsp., 2009, Todd i wsp., 2012b). Niemniej dotychczas nie ustalono czy zwiększona aktywacja w obrębie kory wzrokowej i ciała migdałowatego wiąże się raczej ze walencją emocjonalną bodźca czy też z pobudzeniem autonomicznym wzbudzonym przez bodziec. W badaniu opisanym w ostatnim z prezentowanych artykułów skupiliśmy się na tym zagadnieniu. Podobnie jak w omówionym wcześniej badaniu, uczestnicy mieli za zadanie patrzeć na prezentowane obrazy zmieszane w różnych proporcjach z różowym szumem. Poza aktywnością funkcjonalną mózgu rejestrowaliśmy wielkość źrenicy, która stanowi dobry wskaźnik pobudzenia autonomicznego (Bradley i wsp., 2008). Aby w możliwie najwyższym stopniu zrównoważyć potencjalny wpływ cech fizycznych na wielkość źrenicy, prezentowane zdjęcia zostały ujednolicone pod względem jasności, kolorystyki, częstotliwości przestrzennych oraz ogólnego stopnia złożoności.

Wyniki behawioralne pokazały, że zmiany wielkości źrenicy zależą zarówno od klarowności obrazu, jak i od znaku emocji. W przypadku obrazów całkowicie nieczytelnych (w warunkach 100% szumu) zmiana wielkości źrenicy była niezależna od znaku emocji. Wraz ze wzrostem klarowności obrazu, a tym samym wzrostem dostępności jego znaczenia, powiększała się zmiana wielkości źrenicy, lecz wyłącznie dla obrazów negatywnych (Rycina 9).



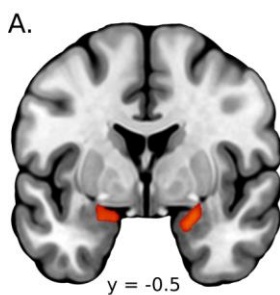
Rycina 9. Zmiany wielkości źrenicy spowodowane prezentacją obrazów negatywnych i neutralnych na każdym poziomie szumu. Istotność porównań parami jest oznaczona gwiazdkami: \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ . Słupki błędów reprezentują błąd standardowy.

W domenie aktywności mózgowej, replikując wyniki opisane powyżej, badanie to wykazało, że klarowność obrazów jest związana przede wszystkim z obustronną aktywacją w obrębie bocznej kory potylicznej (LOC), a aktywność ta jest większa dla obrazów negatywnych niż neutralnych. Dodatkowo pokazaliśmy, że także aktywacja w obrębie brzuszno-przyśrodkowej kory przedczołowej (*ventromedial prefrontal cortex, VMPFC*), która koreluje z widocznością obrazów, jest większa w przypadku obrazów negatywnych (Rycina 10). Kontrast pomiędzy obrazami negatywnymi i neutralnymi z uwzględnieniem pobudzenia autonomicznego wskazał natomiast na istotnie większą obustronną aktywność w obrębie ciała migdałowatego, brzuszno-przyśrodkowej kory przedczołowej (VMPFC), a także w rejonie lewej bocznej kory potylicznej (LOC).

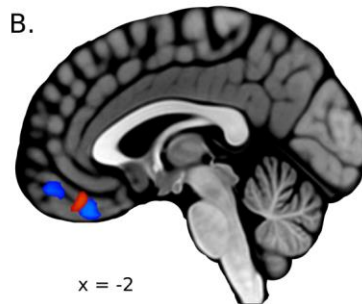
Zmiana wielkości źrenicy  
 $p < 0.05$

Negatywne > Neutralne

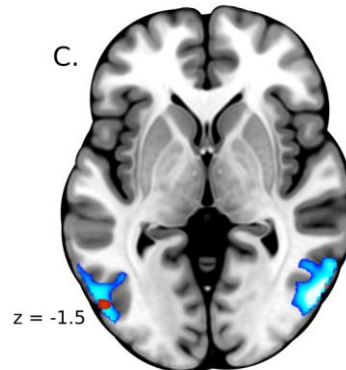
Poziom szum  
 $p < 0.05$



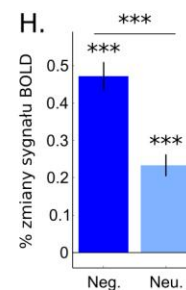
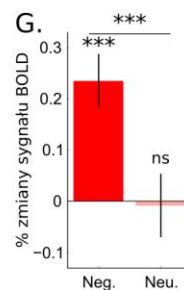
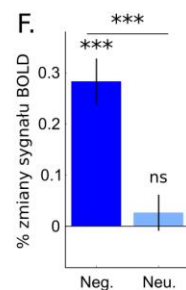
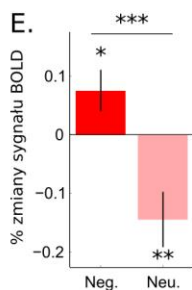
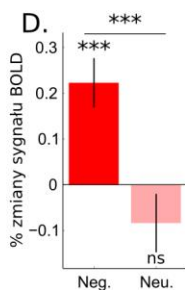
Ciało migdałowe



Brzuszo-przyśrodkowa  
kora przedczołowa



Boczna kora potyliczna



Rycina 10. Aktywacje, będące wynikiem kontrastu między obrazami negatywnymi i neutralnymi dla wielkości źrenicy (czerwony) i poziomu szumu (niebieski). (A) Aktywacja w obrębie ciała migdałowego (B) brzuszo-przyśrodkowej kory przedczołowej (C) bocznej kory potylicznej. Poniżej procent zmiany sygnału BOLD w funkcji wielkości źrenicy (czerwone słupki) i poziomu szumu (niebieskie słupki) dla obrazów negatywnych i neutralnych (D) w rejonie ciała migdałowego, (E-F) brzuszo-przyśrodkowej kory przedczołowej, (G-H) bocznej kory potylicznej. Istotność pojedynczego testu t względem zera jest zaznaczona powyżej każdego słupka, natomiast istotność porównań parami jest zaznaczona na górze każdego wykresu; ns - nieistotny, \* -  $p < 0,05$ , \*\* -  $p < 0,01$ , \*\*\* -  $p < 0,001$ . Słupki błędów reprezentują błąd standardowy

Pokazaliśmy zatem, że obserwowany w wielu badaniach typowy wzorec aktywacji związany z przetwarzaniem bodźców emocjonalnych w porównaniu do neutralnych, obejmujący z reguły boczna korę potyliczną (LOC) oraz ciało migdałowe, można rozdzielić na komponentę związaną z samym przetwarzaniem emocjonalnych obiektów wzrokowych (LOC) oraz na komponentę związaną ściśle z poziomem pobudzenia autonomicznego indukowanego przez prezentację bodźców emocjonalnych (ciało migdałowe). Wynik ten stanowi istotny wkład w rozumienie procesu przetwarzania bodźców emocjonalnych. Co istotne, badanie to wykazało, że rejon zaangażowany w rozpoznawanie obiektów (LOC) wykazuje nasiloną aktywność podczas prezentacji obrazów emocjonalnych w porównaniu do neutralnych w dużym stopniu niezależnie od poziomu pobudzenia autonomicznego. Można spekulować, że ten wyspecjalizowany *per se* w rozpoznawaniu obiektów rejon mózgu (Grill-Spector i wsp., 2001)

zaangażowany jest również w wyłapywanie w polu widzenia obiektów ewolucyjnie lub też kulturowo istotnych. Nowy, istotny wkład stanowi również ustalenie, że aktywność ciała migdałowatego w procesie przetwarzania bodźców emocjonalnych związana jest przede wszystkim z poziomem pobudzenia autonomicznego i nie jest w żaden istotny sposób modulowana przez dostępność treści bodźca.

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że oba komponenty reakcji emocjonalnej: percepcyjny oraz emocjonalny, aktywują wspólny obszar w rejonie przyśrodkowej kory przedczołowej. W strukturze tej następuje ocena bodźca emocjonalnego w kontekście sytuacyjnym oraz – jak przypuszczają niektórzy badacze – jego uświadomienie (Barrett i Bar, 2009; Roy i wsp., 2012) czy też odczuwanie (Damasio, 1996). Nasze wyniki pośrednio wspierają te hipotezy, wskazując, że przyśrodkowa kora przedczołowa ma dostęp zarówno do pobudzeniowego, jak i czysto percepcyjnego komponentu reakcji emocjonalnej.

### **Podsumowanie**

Podsumowując, w serii artykułów składających się na osiągnięcie w rozumieniu ustawy wykazałem wraz z zespołem, że wyrazistość wzrokowa jest słabym atraktorem uwagi i nie jest istotna dla procesu przetwarzania wzrokowych bodźców emocjonalnych. Wyjątek stanowią cechy fizyczne bodźca powiązane ewolucyjnie bądź kulturowo z jego wartością sygnalizacyjną, jak na przykład kolor czerwony w przypadku bodźców emocjonalnych. Następnie pokazaliśmy, że uwaga przestrzenna w przypadku bodźców emocjonalnych jest na wczesnym etapie (do 1 s po ukazaniu się bodźca wzrokowego) angażowana przez obiekty semantycznie znaczące, lecz nie przez regiony wzrokowo wyraziste. Wyrazistość wzrokowa natomiast ma wpływ na przesunięcie ogniska uwagi w przypadku bodźców neutralnych. Ustaliliśmy, że skierowanie fiksacji na obszary semantycznie istotne wiąże się z deaktywacją zakrętu językowego oraz że proces ten jest znacząco bardziej intensywny w przypadku bodźców negatywnych niż neutralnych. Ustaliliśmy również, że obserwowane w wielu badaniach wzmożone przetwarzanie bodźców emocjonalnych w obrębie pierwszorzędowej kory wzrokowej oraz LOC jest w dużej mierze niezależne od poziomu pobudzenia autonomicznego. Poziom pobudzenia autonomicznego jest przede wszystkim związany z aktywnością ciała migdałowatego. Wykazaliśmy także, że percepcyjne komponenty przetwarzania bodźców emocjonalnych oraz te związane z pobudzeniem aktywują wspólny obszar w obrębie brzuszno-przyśrodkowej kory przedczołowej, co można traktować jako fizjologiczny substrat „odczucia emocjonalnego”.

Ambicją mojego programu badawczego było zbliżenie dziedziny badań nad emocjami do precyzji charakterystycznej dla eksperymentów nad percepcją wzrokową. Jest to podejście unikalne z uwagi na

to, że w badaniach nad percepcją wzrokową niezwykle rzadko uwzględniany jest modyfikujący wpływ emocji, natomiast w badaniach nad emocjami powszechnie pomijane są szczegóły dotyczące mechanizmów widzenia. Wyniki moich poszukiwań badawczych mają zatem charakter interdyscyplinarny, dostarczając istotnych rozstrzygnięć zarówno dla zagadnień dotyczących mechanizmów widzenia, jak i dla psychologii emocji.

Co warte podkreślenia, w mojej pracy wraz z zespołem nie korzystaliśmy z gotowych metodologii wypracowanych pod kierunkiem uznanych kierowników istniejących laboratoriów, co znajduje odzwierciedlenie w autorstwie wszystkich artykułów składających się na niniejsze osiągnięcie naukowe. Problemy podejmowane przez nasz zespół wymagały z reguły opracowania nowych metod badawczych, i obliczeniowych, bądź twórczego przetworzenia metod istniejących. Pomimo nowości, zarówno sformułowanie problemu badawczego, jego operacjonalizacja, jak i podejście metodologiczne zostały zweryfikowane w procesie publikacji.

## **5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.**

### **1) Dynamika działania wzbudzeniowo-orientacyjno-wykonawczych aspektów systemu uwagowego.**

W trakcie stażu po doktoracie, pracując w laboratorium prof. Rolfa Verlegera brałem udział w eksperymentach, w których wykorzystywano przezczaszkową stymulację magnetyczną (*Transcranial Magnetic Stimulation, TMS*) do badania dynamiki działania wzbudzeniowo-orientacyjno-wykonawczych aspektów systemu uwagowego w rozumieniu teorii Posnera (Posner i Petersen, 1990).

W pierwszym eksperymencie badaliśmy przebieg czasowy wzbudzenia uwagowego w trakcie wykonywania tzw. zadania z flankerami. Zadanie z flankerami polega na reagowaniu na bodziec-cel (*target*) pokazywany w centrum ekranu (zazwyczaj ma on formę strzałki). Poprawna reakcja, lewą lub prawą ręką, jest uzależniona od kierunku, w którym zwrócony jest grot strzałki. Pojawienie się strzałki poprzedzone jest prezentacją dystraktorów, tzw. flankerów, czyli bodźców mających zazwyczaj asymetryczny kształt, skierowanych w kierunku prawego lub lewego pola wzrokowego i umiejscowionych po prawej i lewej stronie od bodźca-celu. Flankery mogą mieć zwrot zgodny z kierunkiem środkowej strzałki (warunek zgodny), przeciwny do kierunku środkowej strzałki (warunek niezgodny, konfliktowy), bądź mogą być symetryczne i nie wskazywać żadnego kierunku (warunek neutralny). Przedmiotem naszego zainteresowania była dynamika wzbudzenia uwagi w warunku niezgodnym. Aby zareagować w tym warunku poprawnie, aktywacja wzbudzona pierwotnie przez flankery musi zostać zahamowana, a następnie musi zostać zainicjowana poprawna aktywacja, zgodna z kierunkiem strzałki-celu. Aktywacja ta

może być bezpośrednio mierzona za pomocą EEG jako stopień pobudzenia w odpowiednich rejonach kory motorycznej. W konsekwencji możliwe jest otrzymanie syntetycznego wskaźnika oddającego dynamikę związaną z hamowaniem aktywacji niewłaściwej półkuli, po którym następuje aktywacja półkuli kontrlateralnej. Wskaźnikiem tym jest tak zwany zlateralizowany potencjał gotowości (*Lateralized Readiness Potential*; LRP), który oblicza się poprzez odjęcie aktywności EEG po stronie kontrlateralnej do kierunku poprawnej reakcji od aktywności po stronie ipsilateralnej. W omawianym badaniu rozstrzygnęliśmy czy dynamika LRP w warunku niezgodnym wynika z: a) dezaktywacji półkuli niepoprawnie wzbudzonej, po której następuje aktywizacja półkuli przeciwnej (procesy rozdzielne czasowo), b) aktywacji półkuli właściwie wzbudzonej po której następuje dezaktywacja półkuli przeciwnej (procesy rozdzielne czasowo), czy też c) przebiegających równolegle procesów aktywacji półkuli poprawnie wzbudzonej i dezaktywacji półkuli niepoprawnie wzbudzonej (procesy jednoczesne czasowo). Zapis EEG nie daje możliwości bezwzględnej oceny wzbudzenia korowego – jest sygnałem względnym. Zatem aby obiektywnie zbadać siłę wzbudzenia korowego, za pomocą pulsu magnetycznego TMS indukowaliśmy napięcie mięśnia odpowiedzialnego za ruch palca wskazującego, którym badani udzielali odpowiedzi w tym zadaniu (pierwszego mięśnia międzykostnego dłoni). Puls magnetyczny o stałej intensywności był wyzwalany w relacji do prezentacji flankerów w czterech różnych punktach czasowych przebiegu potencjału LRP, tj. w 0, +30, +60 i +90 ms. Jednocześnie rejestrowaliśmy napięcie mięśnia międzykostnego za pomocą EMG, co dostarczyło nam miary pobudzenia kory motorycznej. Analiza amplitud motorycznych potencjałów wywołanych (*Motor Evoked Potential*; MEP) pozwoliła nam ustalić, że za dynamikę LRP w warunku niezgodnym w równej mierze odpowiedzialny jest spadek pobudzenia w korze motorycznej półkuli niepoprawnie wzbudzonej, jak i jednoczesny wzrost pobudzenia w korze motorycznej półkuli wzbudzonej poprawnie. Wyniki badania zostały opublikowane w pracy Verleger, R., Kuniecki, M., Möller, F., Fritzmanna, M. i Siebner (2009). On how the motor cortices resolve an inter-hemispheric response conflict: An event-related EEG potential-guided TMS study of the flankers task. *European Journal of Neuroscience*, 30(2), 318-326.

Celem drugiego eksperymentu było ustalenie z czego wynika względna przewaga prawej półkuli mózgowej w detekcji bodźców w zadaniu z lateralną szybką seryjną prezentacją bodźców wizualnych (*Rapid Serial Visual Presentation*; RSVP). W zadaniu tym w lewym i prawym polu widzenia prezentowane są bodźce – zwykle litery – następujące po sobie z dużą szybkością. Zadanie osoby badanej polega na reakcji na niektóre z tych bodźców. Dodatkową trudność stanowi konieczność poprawnego reagowania nie na pojedynczy bodziec, lecz na dwa bodźce w serii, które oddzielone są jedynie bardzo krótką przerwą. Poprawność detekcji pierwszego bodźca w serii (T1) jest zazwyczaj bardzo wysoka, natomiast

poprawność detekcji drugiego bodźca (T2) jest znacząco niższa. Co ciekawe, w zadaniu tym obserwuje się zjawisko polegające na lepszej detekcji T2 jeśli bodźce są wyświetlane w lewym polu widzenia. Efekt ten interpretowany jest jako przejaw dominacji prawej półkuli nad lewą w zakresie kontrolowania ogniska uwagi (Corbetta i Shulman 2002). W eksperymencie chcieliśmy ustalić jak chwilowa blokada jednej z półkul (tzw. wirtualna lezja) wywołana za pomocą powtarzalnej przeczaszkowej stymulacji magnetycznej (*repetitive TMS*; rTMS) wpłynie na trafność detekcji bodźców. Wysunęliśmy hipotezę, że chwilowa dezaktywacja prawej półkuli pozwoli półkuli lewej przejść w większym stopniu kontrolę nad lokalizacją ogniska uwagi, co doprowadzi do wzrostu poprawności detekcji bodźców T2 wyświetlanych w prawym polu widzenia. Seria pulsów magnetycznych była aplikowana w momencie pojawienia się pierwszego z bodźców wymagających identyfikacji (T1) i trwała aż do pojawienia się drugiego bodźca (T2). Stymulacja była zlokalizowana w okolicach potylicznych (punkty P3, P4 – według międzynarodowego systemu 10-20 lokacji elektrod EEG). Badanie potwierdziło występowanie efektu wyższej poprawności detekcji bodźców T2 wyświetlanych w lewym polu widzenia. Stymulacja magnetyczna, mająca na celu chwilowe zahamowanie aktywności prawej lub lewej półkuli, nie przyniosła spodziewanych efektów behawioralnych. W szczególności hamowanie aktywności prawej półkuli nie spowodowało wzrostu skuteczności identyfikacji bodźców T2 wyświetlanych w prawym polu widzenia, zatem hipoteza zakładająca dominację prawej półkuli nad lewą w kontroli ogniska uwagi nie została potwierdzona. Zaobserwowaliśmy natomiast znaczący wzrost poprawności identyfikacji bodźców T2 wyświetlanych w lewym polu widzenia na skutek stymulacji lewej półkuli. Innymi słowy stymulacja rTMS wpłynęła na trafności identyfikacji bodźców T2 w przypadku stymulacji lewej, lecz nie prawej półkuli. Wyniki zostały opisane w artykule Verleger, R., Möller, F., Kuniecki, M., Śmigasiewicz, K., Groppa, S. i Siebner, H.R. (2010). The left visual-field advantage in rapid visual presentation is amplified rather than reduced by posterior-parietal rTMS. *Experimental brain research*, 203(2), 355-365.

## **2) Korelaty fizjologiczne lęku antycypacyjnego u szczurów.**

Kontynuując związki łączące mnie z Radboud Universiteit w Nijmegen, gdzie broniłem rozprawy doktorskiej, skorzystałem z zaproszenia do współpracy w ramach badań nad modelem zwierzęcym lęku antycypacyjnego prowadzonych przez Jeroena Knippenberga. W badaniu na szczurach rasy Wistar sprawdzana była hipoteza, zgodnie z którą potencjał N150 rejestrowany z jądra podstawno-bocznego ciała migdałowatego (ang. *basolateral amygdala*) może służyć jako marker lęku antycypacyjnego, na co wskazywały wcześniejsze badania na kotach (Paré i wsp., 2000). Zastosowano procedurę warunkowania awersyjnego, polegającą na prezentacji sześciu następujących po sobie dźwięków, po których pojawiał

się bodziec bezwarunkowy w postaci wstrząsu elektrycznego. Wstrząs elektryczny nie występował jednak jeśli prezentacji tonów towarzyszył sygnał świetlny. Otrzymaliśmy zatem dwie sekwencje bodźców dźwiękowych tożsame pod względem charakterystyki fizycznej, lecz mających różne znaczenie, tj. sekwencję sygnalizującą zagrożenie oraz sekwencję sygnalizującą bezpieczeństwo. W eksperymencie tym zainteresowani byliśmy wielkością amplitud komponentu N150 wywołanych przez kolejne dźwięki w serii. Spodziewaliśmy się, że amplituda N150 będzie narastać w przypadku serii, w której sygnalizowane jest pojawienie się wstrząsu elektrycznego, lecz nie w serii sygnalizującej bezpieczeństwo. W eksperymencie rejestrowaliśmy również akcję serca zwierząt, aby sprawdzić skuteczność procedury warunkowania. Wyniki nie potwierdziły hipotez dotyczących komponentu N150. Nie zaobserwowano różnicy w wielkości amplitudy tego komponentu między serią zapowiadającą szok elektryczny a serią oznaczającą bezpieczeństwo. Niemniej otrzymaliśmy szereg interesujących wyników dotyczących rytmu serca, co było głównym przedmiotem mojego zainteresowania w opisywanym projekcie. Obu seriom dźwięków towarzyszył toniczny wykładniczy wzrost rytmu serca, lecz był on znacznie bardziej intensywny w przypadku serii sygnalizującej zagrożenie, co stanowiło potwierdzenie skuteczności procedury warunkowej. Ponadto zauważyliśmy, że każdej prezentacji tonu towarzyszyła chwilowa deceleracja rytmu serca, bardzo podobna do analogicznego zjawiska występującego u ludzi, a interpretowanego zwykle jako komponent reakcji orientacyjnej (Barry, 1990). Deceleracja rytmu serca u szczurów w odpowiedzi na pierwszy z serii dźwięków była znacznie głębsza w przypadku serii zapowiadającej zagrożenie niż w serii sygnalizującej bezpieczeństwo. Można przypuszczać, że zwierzęta nauczyły się, że początek serii dźwięków, którym nie towarzyszy sygnał świetlny, zapowiada pojawienie się wstrząsu elektrycznego, co jest przyczyną obserwowanej różnicy w odpowiedzi fizjologicznej na identyczny pod względem fizycznym sygnał dźwiękowy. Wynik ten był zgodny z wcześniej uzyskanymi przez nas danymi dotyczącymi reakcji serca szczurów w procedurze warunkowania awersyjnego (Kuniecki i wsp., 2002), a także z opisaną u ludzi głębszą deceleracją rytmu serca w odpowiedzi na bodźce negatywne (np. Libby, 1973, Kuniecki i wsp., 2003; Bradley, 2009). Badanie zaowocowało dwiema publikacjami:

Knippenberg, J.M., Maes, J.H., Kuniecki, M.J., Buyse, B.A.J., Coenen, A.M. i van Luijtelaar, G. (2008). N150 in amygdalar ERPs in the rat: Is there modulation by anticipatory fear? *Physiology and behavior*, 93(1), 222-228. oraz Knippenberg, J.M.J., Barry, R. J., Kuniecki, M.J. i van Luijtelaar, G. (2012). Fast, transient cardiac accelerations and decelerations during fear conditioning in rats. *Physiology and behavior*, 105(3), 607-612.



## Literatura cytowana

- Barrett L.F. i Bar M. (2009). See it with feeling: affective predictions during object perception. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 364, 1325-1334.
- Bradley, M.M., Codispoti, M., Cuthbert, B.N. i Lang, P.J. (2001). Emotion and motivation I: defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion* 1, 276–298.
- Bradley M.M., Sabatinelli D., Lang P.J., Fitzsimmons J.R., King W. i Desai P. (2003). Activation of the visual cortex in motivated attention. *Behav Neurosci* 117, 369–380.
- Bradley, M.M., Miccoli, L., Escrig, M. a i Lang, P.J. (2008). The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. *Psychophysiology*, 45(4), 602–7.
- Buswell, G.T. (1935). How people look at picture. Chicago: University of Chicago Press.
- Carretié, L., Hinojosa, J.A, López-Martín, S. i Tapia, M. (2007). An electrophysiological study on the interaction between emotional content and spatial frequency of visual stimuli. *Neuropsychologia*, 45(6), 1187–95.
- Carretié, L., Hinojosa, J.A, Mercado, F. i Tapia, M. (2005). Cortical response to subjectively unconscious danger. *NeuroImage*, 24(3), 615–23.
- Cano, M. E., Class, Q. A. i Polich, J. (2009). Affective valence, stimulus attributes, and P300: color vs. black/white and normal vs. scrambled images. *International Journal of Psychophysiology*, 71(1), 17-24.
- Calvo, M.G., Avero, P. i Lundqvist, D. (2006). Facilitated detection of angry faces: Initial orienting and processing efficiency. *Cognition and Emotion*, 20(6), 785-811.
- Codispoti, M., De Cesarei, A. i Ferrari, V. (2011). The influence of color on emotional perception of natural scenes. *Psychophysiology* 49, 11–16.
- Damasio, A.R. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 351:1413-1420.
- Dan-Glauser, E.S. i Scherer, K.R. (2011). The Geneva affective picture database (GAPED): a new 730-picture database focusing on valence and normative significance. *Behavior Research Methods*, 43(2), 468.
- Elliot A. J. i Maier M. A. (2012). Color-in-context theory. *Adv. Exp. Soc. Psychol.* 45, 61–125
- Grill-Spector K., Kourtzi Z. i Kanwisher N. (2001). The lateral occipital complex and its role in object recognition. *Vision Res* 41:1409–1422.
- Harel, J., Koch, C. i Perona, P. (2006). Graph-based visual saliency. *Proceedings of Neural Information Processing Systems* (NIPS).

- Junghöfer, M., Bradley, M.M., Elbert, T. R. i Lang, P.J. (2001). Fleeting images: a new look at early emotion discrimination. *Psychophysiology* 38, 175–178.
- Junghöfer, Markus, Sabatinelli, D., Bradley, M.M., Schupp, H. T., Elbert, T. R. i Lang, P.J. (2006). Fleeting images: rapid affect discrimination in the visual cortex. *Neuroreport*, 17(2), 225–9.
- Koch, C. i Ullman, S. (1985). Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry. *Hum Neurobiol*, 4(4), 219-227.
- Kuniecki, M., Pilarczyk, J. i Wichary, S. (2015). The color red attracts attention in an emotional context. An ERP study. *Frontiers in human neuroscience*, 9.
- Kuniecki, M., Wołoszyn, K.B., Domagalik, A. i Pilarczyk, J. (2017). Effects of Scene Properties and Emotional Valence on Brain Activations: A Fixation-Related fMRI Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11.
- Lang P.J., Bradley M.M., Fitzsimmons J.R., Cuthbert B.N., Scott J.D., Moulder B. i Nangia V. (1998). Emotional arousal and activation of the visual cortex: an fMRI analysis. *Psychophysiology* 35, 199–210.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. i Cuthbert, B. N. (1999). International Affective Picture System (IAPS): Instruction Manual and Affective Ratings. Technical Report A-4, Gainesville, Florida: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.
- MacLeod, C., Mathews, A. i Tata, P. (1986). Attentional bias in emotional disorders. *J. Abnorm. Psychol.* 95, 15–20.
- Marchewka, A., Żurawski, Ł., Jednoróg, K. i Grabowska, A. (2014). The Nencki Affective Picture System (NAPS): Introduction to a novel, standardized, wide-range, high-quality, realistic picture database. *Behavior Research Methods*, 46, 596–610.
- Moors, A. (2010). Theories of emotion causation: A review. W De Houwer, Jan (Ed); Hermans, Dirk (Ed), (2010). *Cognition and emotion: Reviews of current research and theories.*, (pp. 1-37). New York, NY, US: Psychology Press.
- Pilarczyk, J. i Kuniecki, M. (2014). Emotional content of an image attracts attention more than visually salient features in various signal-to-noise ratio conditions. *Journal of vision*, 14(12), 4-4.
- Öhman, A., Lundqvist, D. i Esteves, F. (2001). The face in the crowd revisited: a threat advantage with schematic stimuli. *J Pers Soc Psychol*, 80(3), 381-396.
- Öhman, A., Flykt, A. i Lundqvist, D. (1999). Unconscious emotion: Evolutionary perspectives, psychophysiological data, and neuropsychological mechanisms. W: Lane, R. D., Nadel, L. (Eds.). *Cognitive neuroscience of emotion*. Oxford University Press.
- Parkhurst, D., Law, K. i Niebur, E. (2002). Modeling the role of salience in the allocation of overt visual attention. *Vision Res*, 42(1), 107-123.

Pilarczyk, J. i Kuniecki, M. (2014). Emotional content of an image attracts attention more than visually salient features in various signal-to-noise ratio conditions. *Journal of vision*, 14(12), 4-4.

Roy M., Shohamy D. i Wager T.D. (2012). Ventromedial prefrontal-subcortical systems and the generation of affective meaning. *Trends Cogn Sci* 16, 147–156.

Rozenkrants, B., Olofsson, J. K. i Polich, J. (2008). Affective visual event-related potentials: arousal, valence, and repetition effects for normal and distorted pictures. *International Journal of Psychophysiology*, 67(2), 114-123.

Sabatinelli, D., Lang, P.J., Bradley, M.M., Costa, V. D. i Keil, A. (2009). The timing of emotional discrimination in human amygdala and ventral visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 29(47), 14864-14868.

Schupp, H.T., Junghöfer, M., Weike, A.I. i Hamm, A.O. (2004). The selective processing of briefly presented affective pictures: an ERP analysis. *Psychophysiology*, 41(3), 441–9.

Smith N. K., Cacioppo J. T., Larsen J. T. i Chartrand T. L. (2003). May I have your attention, please: electrocortical responses to positive and negative stimuli. *Neuropsychologia* 41, 171–183.

Tatler B. (2007). The central fixation bias in scene viewing: Selecting an optimal viewing position independently of motor biases and image feature distributions. *Journal of Vision*, 7 (14), 4, 1–17,

Todd R.M, Cunningham WA, Anderson AK i Thompson E (2012a). Affect-biased attention as emotion regulation. *Trends Cogn Sci* 16:365–372.

Todd R.M, Talmi D, Schmitz T.W., Susskind J. i Anderson, A.K. (2012b). Psychophysical and neural evidence for emotion-enhanced perceptual vividness. *J Neurosci*, 32, 11201–11212.

Wessa, M., Kanske, P., Neumeister, P., Bode, K., Heissler, J. i Schönfelder, S. (2010). EmoPicS: subjective and psychophysiological evaluation of new imagery for clinical biopsychological research. *Z. Klin. Psychol. Psychother. Suppl*, 1, 11-77.

Yarbus, A. L. (1967). Eye movements during perception of complex objects (pp. 171-211). Springer US.

Literatura cytowana - Pozostałe osiągnięcia:

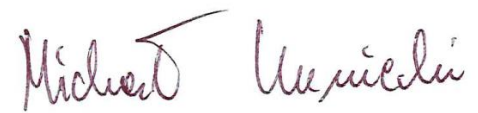
Barry, R. J. (1990). The orienting response: stimulus factors and response measures. *The Pavlovian journal of biological science*, 25(3), 93-103.

Bradley M.M. Natural selective attention: orienting and emotion. *Psychophysiology* 2009;46:1–11.

Libby W.L., Lacey B.C., Lacey J.I. (1973). Pupillary and cardiac activity during visual attention. *Psychophysiology*, 10, 270-294.

Paré D., Collins D.R. (2000). Neuronal correlates of fear in the lateral amygdala: multiple extracellular recordings in conscious cats. *J Neurosci*, 20, 2701–10.

Posner M.I. i Petersen S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience* 13, 25–42.

A handwritten signature in dark ink, reading "Michael Uziel". The signature is written in a cursive style with a large, sweeping initial "M".