

dr n. biol. Krystyna Rymarczyk
SWPS Uniwersytet Humanistycznospołeczny
Wydział Psychologii
Instytut Neuronauki Poznawczej i Behawioralnej
Katedra Neuropsychologii Eksperymentalnej
ul. Chodakowska 19/31, 03-815 Warszawa
email: krymarczyk@swps.edu.pl

AUTOREFERAT

1. **Imię i Nazwisko:** Krystyna Rymarczyk
2. **Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej**
 - **2003:** doktor nauk biologicznych, specjalność neuropsychologia, Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN
Tytuł rozprawy: „Rozumienie prozodii: rozwój i mechanizmy mózgowe”
Promotor: prof. dr hab. Anna Grabowska
Recenzenci: prof. dr hab. Maria Jarymowicz, prof. dr hab. Emilia Łojek
 - **1994:** magister psychologii, Wydział Psychologii, Uniwersytet Warszawski
Tytuł pracy: „Zaburzenia językowe w demencji”
Promotor: prof. dr hab. Danuta Kądziaława
3. **Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**
 - od **2005:** adiunkt w Katedrze Neuropsychologii Eksperymentalnej, Instytut Neuronauki Poznawczej i Behawioralnej, Wydział Psychologii, SWPS Uniwersytet Humanistycznospołeczny
 - **2007 - 2017:** adiunkt w Pracowni Psychofizjologii, Zakład Neurofizjologii, Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego, PAN
 - **1994 - 2007:** asystent w Pracowni Psychofizjologii, Zakład Neurofizjologii, Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego, PAN
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.)**
 - Osiągnięciem naukowym będącym podstawą złożonego przeze mnie wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego jest cykl powiązanych tematycznie artykułów, które prezentuję pod tytułem „**Psychofizjologiczne mechanizmy i neuronalne podłoże reakcji mimicznych**”. Artykuły te obejmują badania EMG dotyczące wpływu czynników modulujących reakcje mimiczne oraz badania z wykorzystaniem jednoczesnego pomiaru sygnału EMG i sygnału BOLD w środowisku rezonansu magnetycznego. Ich głównym celem było określenie neuronalnego podłoża reakcji mimicznych. W opisie osiągnięcia uwzględniłam także jedno badanie behawioralne. W pracach wchodzących w skład osiągnięcia zawarłam teoretyczną i empiryczną analizę zjawiska emocjonalnych reakcji mimicznych.

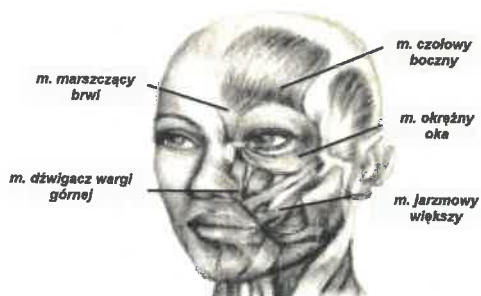
- a) Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego: „Psychofizjologiczne mechanizmy i neuronalne podłoże reakcji mimicznych”
- b) Autorzy, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa czasopisma, strony lub numer identyfikacyjny, numer DOI (prezentowane w kolejności odpowiadającej tematyce autoreferatu):

Prace stanowiące podstawę osiągnięcia:

1. **Rymarczyk, K., Biele, C., Grabowska, A., Majczyński, H. (2011).** EMG activity in response to static and dynamic facial expressions. *International Journal of Psychophysiology*, 79: 330–333.
[IF = 2,868/2011; IF = 3,311/5-letni; MNiSW/2012 = 32 pkt]
 2. **Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2016).** Do dynamic compared to static facial expressions of happiness and anger reveal enhanced facial mimicry? *PLoS One*, 11 (7): doi:10.1371/journal.pone.0158534
[IF = 2,806/2016; IF = 3,352/5-letni; MNiSW = 40 pkt]
 3. **Rymarczyk, K., Biele, C., Grabowska, A. (2010).** Różnice płciowe w ocenie intensywności mimicznych ekspresji: złości i radości. *Studia Psychologiczne*, 48 (4): 47-55.
[MNiSW = 9 pkt]
 4. **Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2016).** Emotional empathy and facial mimicry for static and dynamic facial expressions of fear and disgust. *Frontiers in Psychology*, 7, 1853, doi: 10.3389/fpsyg.2016.01853
[IF = 2,321/2016; IF = 2,820/5-letni; MNiSW = 35 pkt]
 5. **Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2018).** Neural Correlates of Facial Mimicry: EMG and fMRI Correlates of Dynamic Emotional Facial Expressions. *Frontiers in Psychology*, 9:52, doi: 10.3389/fpsyg.2018.00052
[IF = 2,089/2018; IF = 2,820/5-letni; MNiSW = 35 pkt]
 6. **Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2019).** Empathy in facial mimicry of fear and disgust: simultaneous EMG-fMRI recordings during observation of static and dynamic facial expressions, *Frontiers in Psychology* 10:701, doi: 10.3389/fpsyg.2019.00701
[IF = 2,089/2018; IF = 2,820/5-letni; MNiSW = 35 pkt]
- a) Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Wprowadzenie do autoreferatu

Istnieje powszechne przekonanie, że dość łatwo zarażamy się stanami afektywnymi innych. Już w 1935 roku Carl Jung podczas jednego z wykładów stwierdził, że „emocje są zaraźliwe, a jedyne, co możemy w związku z tym zrobić to uświadomić sobie, że często znajdujemy się pod wpływem stanów przejmowanych od innych” (Hatfield, Cacioppo i Rapson, 1994 za; Wróbel, 2008). Jedną z metod, która umożliwia badanie procesu przenoszenia stanów afektywnych jest pomiar reakcji mimicznych twarzy odbiorcy podczas percepcji emocji wyrażanych przez innych. Przyjmuje się, że reakcje mimiczne (ang. *facial mimicry*) to występujące mimowolnie, automatyczne¹ ruchy mięśni twarzy, powstające w wyniku naśladowania ekspresji mimicznych innych. Tak przykład uśmiech zazwyczaj odwzajemniamy uśmiechem. W warunkach laboratoryjnych do badania mimicznych reakcji emocjonalnych najczęściej wykorzystuje się metodę elektromiografii powierzchniowej mięśni twarzy (ang. *facial electromyography*, EMG), pozwalającą na ocenę siły napięcia mięśni twarzy. Metoda ta wymaga zastosowania elektrod, które przyklejane są do twarzy osoby badanej w określonych miejscach, odpowiadających wybranym mięśniom (Rys.1).



Rysunek 1. Schemat umieszczenia elektrod służących do pomiaru reakcji mimicznych.

Źródło: <https://pl.pinterest.com>; opracowanie własne.

W obrębie największego zainteresowania badaczy leżą mięśnie: jarzmowy większy (łac. *zygomaticus major*), unoszący do góry kąćki ust, oraz marszczący brwi (łac. *corrugator supercilli*), ściągający brwi ku sobie i ku dołowi (Cacioppo i in., 1986). Wykazano, że właśnie te dwa mięśnie reagują podczas prezentowania osobom badanym ekspresji złości i radości. Podczas spostrzegania emocji złości zarejestrowano wzrost napięcia mięśnia marszczącego brwi, natomiast podczas percepcji emocji radości - wzrost napięcia mięśnia jarzmowego większego oraz spadek napięcia mięśnia marszczącego brwi (np. Dimberg 1982; Murata i in., 2016). Uważa się, że percepcji radości może towarzyszyć także aktywność mięśnia okrężnego oka (łac. *orbicularis oculi*), tworzącego charakterystyczne zmarszczki (tzw. kurze łapki) wokół oczu (Ekman i Friesen, 1982). Z uwagi na fakt, że większość ludzi nie potrafi wystarczająco dobrze świadomie kontrolować mięśni okrężnych oka, wzorzec napięcia mięśni twarzy, w którym po aktywności mięśnia jarzmowego większego pojawia się aktywność mięśnia okrężnego oka, utożsamiany jest ze

¹ Reakcje powstające niezależnie od woli i świadomości osoby; nie wymagają kontroli, ani zasobów ze strony systemu poznawczego.

szczerym uśmiechem, tzw. uśmiechem Duchenne'a (ang. *Duchenne smile*) (Ekman, Davidson i Friesen, 1990). Tym samym badacze są zgodni, że uśmiech ten towarzyszy nie tylko naśladowaniu ekspresji radości, ale również jej przeżywaniu (Messinger Fogel i Dickson, 2001), w odróżnieniu od tzw. uśmiechu non Duchenne, który angażuje jedynie mięśnie jarzmowe i pojawia się w sytuacjach społecznych (uśmiejemy się, bo wypada).

W badaniach przeprowadzonych z wykorzystaniem techniki EMG wykazano, że reakcje mimiczne, zgodne z prezentowaną ekspresją emocjonalną, powstają już po 300-400 milisekundach po prezentacji bodźca (np. Dimberg i Thunberg, 1998). Reakcje te pojawiają się także w sytuacji, gdy osoba badana proszona jest o niereagowanie (Dimberg, Thunberg i Grunedal, 2002; Korb, Grandjean i Scherer, 2010) oraz występują w odpowiedzi na prezentowane podprogowo ekspresje mimiczne (Dimberg, Thunberg i Elmehed, 2000). Wyniki te wskazują na automatyczny charakter reakcji mimicznych².

Badania nad reakcjami mimicznym przeprowadzane z wykorzystaniem techniki EMG, pozwalają na określenie specyfiki reakcji mimicznych. Z kolei, badania z wykorzystywaniem metod obrazowania mózgu, w tym funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (ang. *functional magnetic resonance imaging*, fMRI), pośrednio pozwalają określić neuronalne podłoża reakcji. Wyniki tych badań wskazują, że podczas obserwacji emocji wyrażonych w twarzach, struktury aktywowane to: zakręt czołowy dolny (ang. *inferior frontal gyrus*, IFG), płacik ciemieniowy dolny (ang. *inferior parietal lobule*, IPL) oraz bruzda skroniowa górna (ang. *superior temporal sulcus*, STS). Co istotne, wykazano, że struktury te aktywują się niezależnie od rodzaju prezentowanej ekspresji mimicznej, tak podczas biernej ich obserwacji, jak i celowego naśladowania. Przyjęto zatem, że neuronalnym podłożem reakcji mimicznych może być sieć wyżej wspomnianych struktur zaliczanych do tzw. Systemu Neuronów Lustrzanych (ang. *mirror neuron system*, MNS)³ (Bastiaansen, Thioux i Keysers, 2009; Carr i in., 2003; van der Gaag i in., 2007a). Obecnie uważa się, że w skład tzw. podstawowej sieci MNS wchodzi: kora przedruchowa (ang. *premotor cortex*)⁴/zakręt czołowy dolny (ang. *inferior frontal gyrus*), płacik ciemieniowy dolny (ang. *inferior parietal lobule*) oraz bruzda skroniowa górna (ang. *superior temporal sulcus*) (Rizzolatti i Craighero, 2004). Kolejne badania wykazały, że zarówno obserwacja jak i intencjonalne naśladowanie zachowania aktywuje także obszary związane z ruchem (np. dodatkowe pole ruchowe), czuciem (korę somatosensoryczną) (Carr i in., 2003; Lee i in., 2006; Leslie, Johnson-Frey i Grafton, 2004) oraz struktury mózgu

² W literaturze przyjmuje się, że reakcje mimiczne mogą zachodzić także przy większym zaangażowaniu świadomej kontroli, w oparciu o mechanizm społecznych porównań (ang. *Contextual Model of Emotional Mimicry*; Hess i Fisher, 2013, 2014).

³ Koncepcja Systemu Neuronów Lustrzanych wywodzi się z badań nad makakami. W badaniach tych wykazano, że zarówno wykonanie ruchu jak i jego obserwacja aktywuje u zwierząt tę samą grupę komórek nerwowych położonych w obszarze F5 (Rizzolatti i in., 1996) stanowiącym odpowiednik zakrętu czołowego dolnego u człowieka.

⁴ Mukamel i in., (2010) wykorzystując śródczaszkową rejestrację aktywności neuronów położonych m.in. w korze przedruchowej wykazali ich aktywność zarówno podczas obserwowania jak i naśladowania ekspresji emocjonalnych. Wg. Autorów wynik ten stanowi bezpośredni dowód na istnienie ludzkiego odpowiednika systemu neuronów lustrzanych.

odpowiadające za przetwarzanie informacji emocjonalnej, między innymi przednią część wyspy (ang. *anterior insula*), ciało migdałowe (ang. *amygdala*) – struktury, przez niektórych badaczy, zaliczane do tzw. *rozszerzonej sieci neuronów lustrzanych* (Likowski i in., 2012; van der Gaag, Minderaa i Keysers, 2007a).

Jedno z istotnych pytań odnoszących się do zjawiska emocjonalnych reakcji mimicznych dotyczy mechanizmu ich powstawania. Hipoteza tzw. mimicznego sprzężenia zwrotnego (ang. *facial feedback hypothesis*), zaproponowana ponad sto lat temu przez Theodora Lippsa (1907, za: Hess, Philippot i Blairy, 1998) zakłada, że reakcje mimiczne powstają dwuetapowo. Jako pierwsze zachodzi naśladowanie ruchowe obserwowanej ekspresji mimicznej, a następnie w wyniku sprzężenia zwrotnego -aktywacja stanu emocjonalnego korespondującego ze spostrzeganą emocją. Mechanizm zaproponowany przez Lippsa został w późniejszym czasie nazwany przez Hatfield i współpracowników (1992) *prymitywnym zarażaniem emocjonalnym* (ang. *emotional contagion*)⁵. Wykazano na przykład, że percepcja mimicznych ekspresji emocjonalnych i powiązane z nią automatyczne reakcje mimiczne wzbudzają u osób badanych subiektywne doświadczanie spostrzeganej emocji (Schneider, i in., 1994). Niektórzy badacze (Hess i Fisher, 2013) zakładają także, że zarażanie emocjonalne obejmuje transfer nastroju (pozytywnego, negatywnego) a nie konkretną emocję. W literaturze można też odnaleźć prace, w których nie wykazano związku pomiędzy reakcjami mimicznymi a rodzajem doświadczanych emocjami (Blairy, Herrera i Hess, 1999). Hipoteza naśladowania ruchowego (ang. *Matched Motor Hypothesis*) podkreślająca związek *percepcji z zachowaniem* (ang. *perception-behavior link*), zakłada, że już sama obserwacja konkretnego zachowania (na przykład czyjś uśmiech) prowadzi do wykonania takiego samego zachowania (czyli odwzajemnienia uśmiechu); a zatem przyjmuje się, że reakcje mimiczne w odpowiedzi na ekspresje emocjonalne powstają automatycznie, na zasadzie ruchowego naśladowania (Chartrand i Bargh, 1999).

W świetle powyższego przeglądu literatury należy stwierdzić, że brakowało empirycznych danych, które jednoznacznie pozwoliłyby odpowiedzieć na pytanie: czy emocjonalne reakcje mimiczne są wynikiem wyłącznie ruchowego naśladowania, czy też powstają w wyniku ruchowego i emocjonalnego zarażania oraz czy transfer afektywny dotyczy znaku emocji, czy również jej rodzaju. Przyjmując, że w powstawaniu reakcji mimicznych kluczową rolę odgrywa wzbudzenie emocji u obserwatora, a reakcje mimiczne są wynikiem ruchowego i emocjonalnego zarażania założyłam, że intensywność tych reakcji będzie zależna od czynników determinujących odbiór i interpretację obserwowanych komunikatów emocjonalnych. W odniesieniu do mózgowego podłoża reakcji mimicznych założyłam, że zarówno aktywność struktur odpowiedzialnych za naśladowanie ruchowe, jak i struktur utożsamianych z procesami emocjonalnymi będzie istotna dla powstawania reakcji mimicznych.

⁵ Przyjmuje się, że zarażanie emocjonalne to automatyczna tendencja do naśladowania i synchronizacji zachowań pozawerbalnych, takich jak ekspresja mimiczna, pantomimiczna i wokalna, która w konsekwencji prowadzi do emocjonalnego współbrzmienia z nadawcą doświadczanej emocji.

Pierwszym celem moich badań było wskazanie roli czynników zewnętrznych związanych z prezentowanym bodźcem oraz czynników wewnętrznych odnoszących się do indywidualnych charakterystyk osoby badanej w powstawaniu automatycznych reakcji mimicznych. Do czynników zewnętrznych zaliczyłam rodzaj i modalność prezentowanej ekspresji. W swoich badaniach skupiłam się na emocjach istotnych w kontekście społecznych interakcji (radości i złości) oraz emocjach istotnych dla biologicznego przetrwania jednostki (strachu i wstrętu). Przeanalizowałam także, czy modalność bodźca przedstawiającego mimiczne ekspresje emocjonalne, tj. statyczna prezentacja w formie zdjęcia vs dynamiczna prezentacja w formie filmu modyfikuje intensywność reakcji mimicznych u odbiorcy. Do czynników wewnętrznych zaliczyłam poziom empatii emocjonalnej oraz płęć odbiorcy. Rolę czynników modulujących emocjonalne reakcje mimiczne przedstawiłam w pierwszej części osiągnięcia ⁶. W jego skład wchodzi elektromiograficzne badania, dotyczące percepcji emocji radości i złości (Rymarczyk i in., 2011, 2016a, 2018) oraz emocji strachu i wstrętu (Rymarczyk i in., 2016b, 2019), jak również badanie behawioralne dotyczące oceny intensywności emocji radości i złości (Rymarczyk i in., 2010).

Drugim celem moich badań było określenie neuronalnego podłoża reakcji mimicznych. W badaniach wykorzystałam nowatorską technikę jednoczesnego pomiaru aktywności mięśni twarzy (sygnał EMG) oraz aktywności mózgu (sygnał BOLD). W pierwszym eksperymencie określiłam neuronalne podłożę reakcji mimicznych podczas percepcji radości i złości (Rymarczyk i in., 2018), w kolejnym - podczas percepcji strachu i wstrętu (Rymarczyk i in., 2019). Równolegle w obu badaniach prześledziłam wpływ modalności bodźca oraz w badaniu percepcji strachu i wstrętu, dodatkowo - poziom empatii emocjonalnej osób badanych. Opis tych badań zawarłam w drugiej części osiągnięcia.

⁶ W opisie pierwszej części osiągnięcia odnoszę się także do wyników EMG uzyskanych w badaniach z wykorzystaniem jednoczesnej rejestracji sygnału EMG i BOLD (Rymarczyk i in., 2018, 2019); badania te omawiam w drugiej części osiągnięcia, które obejmuje charakterystykę neuronalnego podłoża reakcji mimicznych.

Pierwsza część osiągnięcia

Określenie roli czynników (rodzaju emocji, modalności bodźca) i wewnętrznych (poziomu empatii i płci osoby badanej) modulujących automatyczne reakcje mimiczne podczas percepcji emocjonalnych ekspresji mimicznych - badania z zastosowaniem techniki elektromiografii powierzchniowej mięśni twarzy⁷

Wpływ modalności bodźca na powstawanie reakcji mimicznych

Spostrzeganie mimicznych ekspresji emocjonalnych stanowi przedmiot zainteresowania badaczy reprezentujących zarówno obszar psychologii jak i neuronauki. Jednak większość przeprowadzonych badań zaniedbywała istotną właściwość ekspresji emocjonalnych, jaką jest ich dynamiczny charakter (Krumhuber, Kappas, Manstead, 2013). Zazwyczaj badania percepcji ekspresji emocjonalnych przeprowadzane były z wykorzystaniem bodźców statycznych, najczęściej fotografii twarzy lub awatarów, czyli komputerowych reprezentacji mimicznych ekspresji emocjonalnych (Rys. 2). W efekcie wiedza na temat percepcji ekspresji mimicznych w dużej mierze dotyczyła ekspresji statycznych.



Rysunek 2. Przykłady statycznych ekspresji radości używanych w badaniach nad percepcją ekspresji emocjonalnych i reakcjami mimicznymi.

Źródło: wg kolejności prezentowanych obrazów: Ekman, Friesen (1976), Likowski (2012); opracowanie własne.

Wraz z rozwojem technologii zaczęto wykorzystywać twarze prezentowane dynamicznie (np. Ambadar i in., 2005), które lepiej odzwierciedlają warunki naturalne, czyli charakteryzują się większą trafnością ekologiczną. Okazało się, że ekspresje prezentowane dynamicznie, w porównaniu do statycznych, ułatwiają odróżnienie ekspresji pozowanej od spontanicznej, czy też ułatwiają identyfikację tożsamości osoby. Okazało się także, że trafność rozpoznania danej emocji zależy od prędkości z jaką na twarzy pojawia się ekspresja; tak na przykład smutek najlepiej rozpoznawany był przy wolnych prezentacjach, a radość czy zdziwienie – przy szybkich (Kamachi i in., 2001). Wyniki te wskazywały, że każda emocja ma charakterystyczną dla siebie szybkość narastania i że jest to podstawowa właściwość danej ekspresji emocjonalnej.

W świetle powyższych danych wydawało się zasadne określenie roli dynamiki bodźca w powstawaniu reakcji mimicznych w odniesieniu do poszczególnych emocji. Celem serii przeprowadzonych przeze mnie doświadczeń z wykorzystaniem techniki EMG, było zbadanie zależności pomiędzy siłą reakcji mimicznej a modalnością (statyczną vs dynamiczną) bodźca w odniesieniu do radości i złości (Rymarczyk i in., 2011, 2016a, 2018) oraz strachu i wstrętu (Rymarczyk i in., 2016b, 2019). Badania przedstawione poniżej zostały zrealizowane w Pracowni Psychofizjologii Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN, w Warszawie.

⁷ W tej części zawarłam też badanie oceny intensywności ekspresji emocjonalnych (Rymarczyk i in., 2010).

Percepcja mimicznej ekspresji radości i złości

Rymarczyk, K., Biele, C., Grabowska, A., Majczyński, H. (2011). EMG activity in response to static and dynamic facial expressions. *International Journal of Psychophysiology*, 79: 330–333.

W jednym z pierwszych z serii zrealizowanych eksperymentów (Rymarczyk i in., 2011) wykorzystałam zdjęcia i animacje dwóch ekspresji emocjonalnych – złości i radości. Zastosowałam czarno-białe zdjęcia pochodzące z zestawu Montreal Set of Facial Displays of Emotion, MSFDE (Beaupre i Hess, 2005). Baza ta zawiera zarówno zdjęcia przedstawiające pełną ekspresję (100 % natężenia danej emocji), jak i komputerowo wygenerowane zdjęcia przedstawiające ekspresje o mniejszym natężeniu danej emocji. Na potrzeby badania, za pomocą techniki morfingu⁸, przygotowałam animacje ekspresji emocjonalnych ze zdjęć o różnej intensywności. W efekcie, zdjęcia (twarz neutralna, twarze o natężeniu emocji 20%, 40%, 60%, 80%, oraz twarz z pełną ekspresją) zostały połączone w animację by uzyskać efekt zbliżony do naturalnego, dynamicznego pojawiania się ekspresji. Rozwój ekspresji (od twarzy neutralnej do twarzy o natężeniu 80%) trwał 500 ms, a pełna ekspresja (ostatnia klatka animacji) trwała 1000 ms. Przykład poszczególnych natężeń emocji tworzących dynamiczną złość przedstawia rysunek 3.

W badaniu wzięło udział 30 osób (15 kobiet). Każda z osób oglądała ekspresje radości i złości prezentowane w sposób dynamiczny (morf) i statyczny (zdjęcie), a następnie oceniała intensywność danej ekspresji. Podczas prezentacji bodźców rejestrowano sygnał EMG z dwóch mięśni: marszczącego brwi oraz jarzmowego większego.

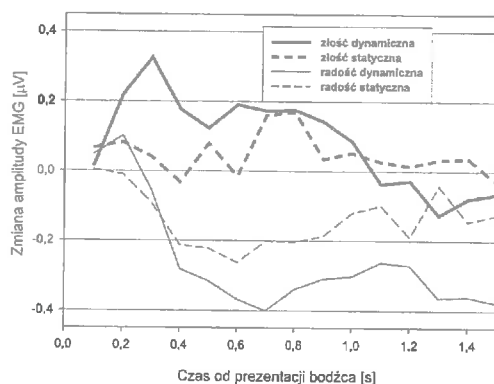


Rysunek 3. Ekspresja złości wygenerowana techniką morfingu.

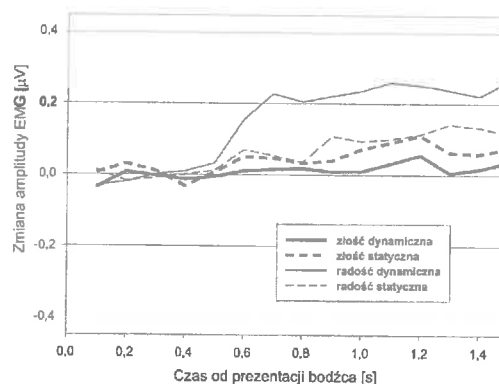
Źródło: Beaupre i Hess, 2005; opracowanie własne.

W przeprowadzonym badaniu wykazałam, że bodźce prezentowane dynamicznie zostały ocenione jako bardziej intensywne pod względem zawartości emocji (wynik ten zostanie omówiony poniżej w części: Ocena intensywności ekspresji emocjonalnych, str.13). Analiza sygnału EMG, z uwzględnieniem jego czasowego przebiegu wykazała, że dynamicznie prezentowana ekspresja złości wywołała wzrost napięcia mięśnia marszczącego brwi tylko w pierwszym przedziale czasowym (0-500 ms), w porównaniu do ekspresji prezentowanych statycznie (Rys. 4a). Dynamicznie prezentowana ekspresja radości wywołała istotne obniżenie aktywności mięśnia marszczącego brwi (Rys. 4a), przy jednoczesnym wzroście aktywności mięśnia jarzmowego większego w drugim (500-1000 ms) i trzecim (1000-1500 ms) przedziale czasowym (Rys. 4b), w porównaniu do ekspresji prezentowanych statycznie.

⁸ Morfing (ang. *morphing*) – technika przekształcania obrazu polegająca na płynnej zmianie jednego obrazu w inny, stosowana w filmie i animacji komputerowej.



Rysunek 4a. Aktywność mięśnia marszczącego brwi w odpowiedzi na statyczne i dynamiczne ekspresje radości i złości; źródło: opracowanie własne.



Rysunek 4a. Aktywność mięśnia jarzmowego większego w odpowiedzi na statyczne i dynamiczne ekspresje radości i złości; źródło: opracowanie własne.

Uzyskane przeze mnie wyniki okazały się być częściowo zgodne z wynikami dwóch innych, dostępnych wówczas badań (Sato, Fujimura i Suzuki, i in., 2008; Weyers, i in., 2006), w których także wykorzystano statyczne i dynamiczne ekspresje emocjonalne i wykazano silniejsze reakcje mimiczne podczas percepcji bodźców dynamicznych. Autorzy zakładają, że silniejsze reakcje w odpowiedzi na ekspresje dynamiczne mogą wynikać z faktu, że bodźce te wywołują silniejsze emocje, być może dlatego, że przypominają ekspresje naturalne spotykane w codziennych interakcjach. Analizując jednak powyżej cytowane badania zauważyłam pewną niezgodność w obrazie sygnału EMG, w odpowiedzi na bodźce dynamiczne. W przypadku mojego badania odpowiedź mięśnia marszczącego brwi wystąpiła tylko w pierwszym przedziale czasowym, utożsamianym raczej ze stanem skupienia osoby badanej (Van Boxtel i Jessurun, 1993), niż ze specyficzną reakcją na spostrzeganą emocję złości. W badaniu Weyersa i in., (2006) również nie wykazano wzrostu aktywności mięśnia marszczącego brwi podczas percepcji ekspresji złości. Należy jednak zauważyć, że w badaniu tym wykorzystano awatary, a grupę badawczą stanowiły wyłącznie kobiety. Aktywność mięśnia marszczącego brwi została wykazana w badaniu Sato i współpracowników (2008), chociaż tu Autorzy nie stwierdzili różnicy w aktywności mięśnia marszczącego brwi dla bodźców prezentowanych statycznie vs dynamicznie. W przypadku tego badania zastosowano ludzkie ekspresje mimiczne, jednak zostały one komputerowo zmodyfikowane w celu osiągnięcia tego samego czasu trwania ekspresji dla każdej z emocji (1520 ms). W świetle istniejącej w literaturze niespójności wyników, aby dokładniej określić rolę dynamiki bodźca w percepcji ekspresji emocjonalnych, w kolejnych badaniach zastosowałam naturalne ekspresje dynamiczne (Rymarczyk i in., 2016a, 2016b, 2018, 2019).

W celu pozyskania bodźców charakteryzujących się wysoką trafnością ekologiczną przygotowałam autorską bazę zawierającą naturalne ekspresje mimiczne, prezentowane przez profesjonalnych aktorów. Baza ta została przygotowana w ramach kierowanego przeze mnie projektu badawczego (MNiSW, nr 1 H01F 043 29). Opis tworzenia bazy oraz wskaźniki rozpoznawania poszczególnych emocji zamieszczono w artykułach: Rymarczyk i in., 2016a - dla emocji złości i radości oraz Rymarczyk i in., 2016b - dla emocji strachu i wstrętu.

Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2016a). Do dynamic compared to static facial expressions of happiness and anger reveal enhanced facial mimicry?

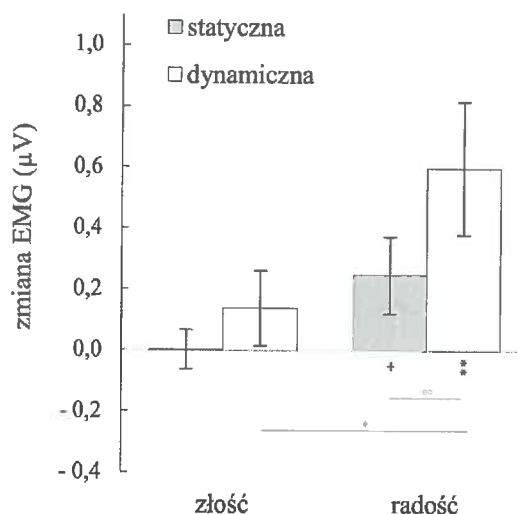
***PLoS One*, 11(7): doi:10.1371/journal.pone.0158534**

W prezentowanym badaniu (Rymarczyk i in., 2016a) wykorzystałam statyczne i dynamiczne ekspresje radości i złości, bodźce pochodzące z autorskiej bazy. Przykład naturalnej ekspresji radości zamieszczono na rysunku 5. Każda z 36 osób (18 kobiet) oglądała ekspresje radości i złości prezentowane w sposób dynamiczny (video) i statyczny (zdjęcie), a następnie oceniała intensywność danej ekspresji. Podczas prezentacji bodźców rejestrowano sygnał EMG z trzech mięśni: marszczącego brwi, jarzmowego większego oraz okrężnego oka.

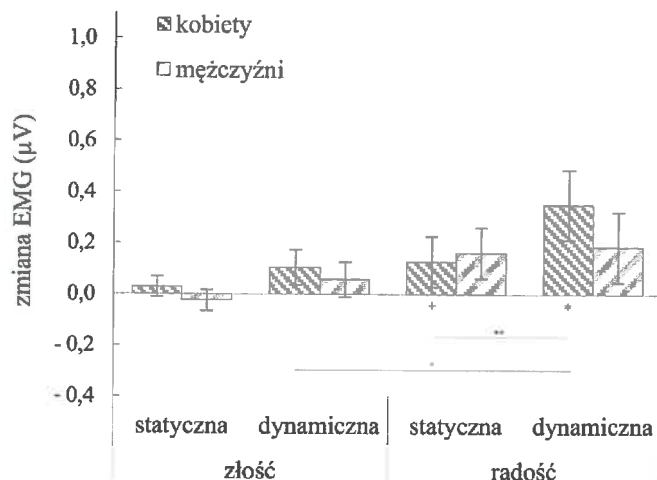


Rysunek 5. Przykład naturalnej ekspresji radości (od neutralnej do pełnej ekspresji);
źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z oczekiwaniami dynamiczne ekspresje ocenione zostały jako bardziej intensywne niż statyczne (wynik ten ponownie zostanie omówiony poniżej w części: Ocena intensywności ekspresji emocjonalnych, str.13). Analiza sygnału EMG wykazała, że dynamika bodźca wpływa na siłę reakcji mimicznej: dynamicznie prezentowana radość wywołała silniejsze pobudzenie mięśnia jarzmowego większego oraz mięśnia okrężnego oka (Rys. 6a), a także spadek napięcia marszczącego brwi. Okazało się również, że płeć osoby badanej modyfikuje siłę reakcji mimicznych. Wykazałam, że kobiety w porównaniu do mężczyzn przejawiały silniejsze napięcie mięśnia jarzmowego większego, ale tylko podczas spostrzegania dynamicznie prezentowanej radości (Rys. 6b). Poza tym, podobnie jak w badaniu z wykorzystaniem dynamicznych morfów (Rymarczyk i in., 2011), nie wykazałam aktywności mięśnia marszczącego brwi podczas percepcji złości, ani w przypadku bodźców prezentowanych statycznie, ani dynamicznie (wynik ten zostanie omówiony w części opracowania: Reakcje mimiczne a rodzaj spostrzeganej emocji).



Rysunek 6a. Aktywność mięśnia okrężnego oka w odpowiedzi na statyczne i dynamiczne ekspresje złości i radości; źródło: opracowanie własne.



Rysunek 6b. Aktywność mięśnia jarzmowego większego w grupie kobiet i mężczyzn w odpowiedzi na statyczne i dynamiczne ekspresje złości i radości; źródło: opracowanie własne.

Dla obu rysunków: symbole z podkreśleniami oznaczają istotne różnice między efektami prostymi w sygnale EMG: * $p < .05$; ** $p < .01$; symbole bez podkreśleń oznaczają istotne różnice względem aktywności spoczynkowej: * $p < .05$; ** $p < .01$.

Jak już wspomniałam wcześniej, w oparciu o dostępne w literaturze badania trudno jednoznacznie określić, czy reakcje mimiczne zawierają wyłącznie motoryczny czy również emocjonalny komponent. Odwołując się do założenia, że aktywność mięśnia okrężnego oka, występująca zaraz po aktywności mięśnia jarzmowego większego, odzwierciedla doświadczanie pozytywnych emocji, uzyskany przeze mnie wynik dotyczący pobudzenia mięśnia okrężnego oka podczas percepcji dynamicznie prezentowanej radości może świadczyć o tym, że u osób badanych wystąpiło nie tylko motoryczne naśladowanie, lecz także zarażanie emocją radości. Przypuszczenie to pozostaje w zgodzie z innymi badaniami (np. Bourgeois i Hess, 2008), chociaż wiele z nich wykorzystuje odmienną od stosowanej przez mnie metodologię, odnoszącą się do zagadnienia wpływu kontekstu społecznego (nie analizowanego w moich badaniach). Wydaje się jednak, że stosunkowo „naturalna” sytuacja eksperymentalna wynikająca z obserwacji naturalnych, dynamicznych ekspresji emocjonalnych przyczyniła się do wzbudzenia emocji radości u osób badanych.

Kolejny interesujący wynik mojego badania dotyczy związku pomiędzy płcią osób badanych a siłą reakcji mimicznych. Stwierdziłam silniejsze reakcje mięśnia jarzmowego większego w przypadku kobiet, ale wyłącznie podczas percepcji dynamicznie prezentowanej radości (Rys. 6b). Chociaż wiele prac (praca przeglądowa Kring i Gorgon, 1998) dotyczących różnic psychicznych między kobietami i mężczyznami wskazuje, że kobiety poprawnie rozpoznają emocje wyrażone na twarzy (Nowicki, Hartigan, 1988; Thayer i Johnsen, 2000), czy w głosie (Rymarczyk i Grabowska, 2007), to tylko nieliczne badania wskazują, że kobiety także silniej uzewnętrzniają swoje emocje (Dimberg i Lundquist, 1990). Uzyskany przeze mnie

wynik jest spójny z wynikami badania Dimberga i Lundquista (1990), które wykazało silniejszą aktywność mięśnia jarzmowego w grupie kobiet (w tym badaniu zastosowano tylko ekspresje prezentowane statycznie). Zgodnie ze społecznie zdefiniowanymi regułami zachowania można założyć, że to od kobiet oczekuje się wyrażania pozytywnych emocji, a zatem częstszego tzw. „społecznego” uśmiechu. Wyniki innych badań sugerują, że kobiety częściej się śmieją (LaFrance, Hecht i Paluck, 2003), chętniej odwzajemniają uśmiech, jeśli ktoś uśmiecha się do nich (Barr i Kleck, 1995). Możliwe jest także, że kobiety częściej niż mężczyźni z racji wykonywania zawodów pomocowych są prawdziwie zaangażowane w pozytywne interakcje. Uwzględniając czynnik dynamiki bodźca, który w sytuacji eksperymentalnej zwiększa naturalność sytuacji można przyjąć, że w grupie badanych kobiet nastąpiło wzbudzenia emocji radości w większym stopniu niż w grupie badanych mężczyzn. Jednak konieczne są dalsze badania, które jednoznacznie odpowiedzą na pytanie, czy kobiety rzeczywiście silniej wyrażają emocje, czy tylko powszechnie się tak uważa.

Reakcje mimiczne a rodzaj spostrzeganej emocji

Wyniki uzyskane w przeprowadzonych eksperymentach, zarówno w tych, w którym zastosowałam morfy (Rymarczyk i in., 2011) jak i twarze naturalne (Rymarczyk i in., 2016a) są w dużej mierze zgodne z wynikami badań dotyczących specyficznych reakcji mięśniowych, szczególnie w zakresie percepcji mimicznych ekspresji radości. Co ciekawe, w moich badaniach (Rymarczyk i in., 2011, 2016a), podobnie jak w badaniu Weyers i współpracowników (2006) nie zaobserwowałam wzrostu aktywności mięśnia marszczącego brwi w czasie spostrzegania złości. Wynik ten można interpretować wielorako. Jak wskazuje literatura, aktywność mięśnia marszczącego brwi oprócz ekspresji złości może być także pozytywnie skorelowana z trudnością wykonywanego zadania i poziomem skupienia osoby badanej (Van Boxtel, Jessurun, 1993), przez co aktywność tego mięśnia jest także uważana za wskaźnik niespecyficznego zaangażowania zasobów umysłowych (de Waard, 1996). Innymi słowy fakt zastosowania paradygmatu biernej percepcji, który nie wymaga żadnego wysiłku umysłowego mógłby tłumaczyć brak aktywności mięśnia marszczącego brwi. Inne badania, w których manipulowano kontekstem społecznym wykazały, że emocja złości była naśladowana tylko wtedy, gdy była wyraźnie skierowana przeciwko wspólnemu wrogowi (praca przeglądowa Seibt i in., 2015). Można też przyjąć, że brak reakcji mięśnia marszczącego brwi podczas percepcji ekspresji złości jest reakcją adaptacyjną. Naśladowanie złości nie jest bowiem pożądane w sytuacji społecznej, gdyż może wywołać u odbiorcy agresję. Wyniki moich badań (Rymarczyk i in., 2011, Rymarczyk i in., 2016a) świadczą raczej o tym, że przejawiamy skłonność do naśladowania pozytywnych ekspresji emocjonalnych. Wydaje się to logiczne, ponieważ uśmiech tworzy i wspiera dobre relacje społeczne, poprawia samopoczucie i wiąże się z niskimi kosztami społecznymi (Bourgeois, Hess, 2008). Uzyskane przeze mnie wyniki pozostają w zgodzie z innymi badaniami pokazującymi, że wzrost napięcia mięśnia jarzmowego większego podczas percepcji ekspresji radości jest dobrym wskaźnikiem zachowań prospołecznych (Light i in., 2015) i wiąże się z nagrodą (Sims i in., 2012). Zapewne można także wskazać pewne przykłady

zachowań związanych z zarażaniem się emocją złości (np. w przypadku grupy pseudokobiców). Wydaje się jednak, że nie jesteśmy w takim samym stopniu podani na zarażanie złością, co radością. Występowanie mimikry gniewu zależy może od wielu czynników takich jak procedura badawcza czy cechy indywidualne osób badanych. Chciałabym tu jednak dodać, że aktywność mięśnia marszczącego brwi podczas percepcji złości odnotowałam w kolejnym moim badaniu (Rymarczyk i in., 2018), dotyczącym neuronalnego podłoża reakcji mimicznych; jego opis przedstawiam w drugiej części osiągnięcia. W badaniu tym zastosowałam również naturalne ekspresje, lecz pochodzące z wystandaryzowanej bazy The Amsterdam Dynamic Facial Expression Set, ADFES (van der Schalk et al., 2011). Możliwe jest, że ekspresje mimiczne złości pochodzące z tej bazy zawierają większe natężenie emocji i tym samym mogły wywołać silniejsze reakcje mimiczne, w porównaniu do wcześniej stosowanych przeze mnie bodźców.

Ocena intensywności ekspresji emocjonalnych

W przeprowadzonych badaniach, w których stosowałam ekspresje złości i radości (Rymarczyk i in., 2010; Rymarczyk i in., 2011; Rymarczyk i in., 2016a) wykazałam także, że twarze prezentowane dynamicznie zostały ocenione jako bardziej intensywne pod względem zawartości emocji. Jest to znaczący wynik, jeśli dodatkowo uwzględnimy charakterystykę czasową wykorzystanych w badaniu bodźców, szczególnie morfów. W przypadku bodźców statycznych intensywność emocji nie ulega zmianom w czasie i jest stała przez cały czas prezentacji bodźca. Natomiast prezentacja bodźców dynamicznych rozpoczyna się od twarzy neutralnej, która następnie przechodzi w twarz wyrażającą emocję w pełnym natężeniu. Zatem pełne natężenie danej emocji w twarzy trwa krócej niż w przypadku bodźców statycznych. W związku z tym można powiedzieć, że rzeczywista intensywność ekspresji dynamicznych jest niższa niż ekspresji statycznych. Można by się więc spodziewać, że jeśli oceny osób badanych opierałyby się na obiektywnej intensywności, to twarze dynamiczne powinny być oceniane jako mniej intensywne. Wyniki przeprowadzonych badań pokazują jednak odmienny obraz - ekspresje dynamiczne zostały oceniane jako bardziej intensywne. Może to wiązać się z ich większą naturalnością niż w przypadku bodźców statycznych.

Rymarczyk, K., Biele, C., Grabowska, A. (2010). Różnice płciowe w ocenie intensywności ekspresji mimicznych: złości i radości. *Studia Psychologiczne*, 48 (4): 47-55.

Jak już wspomniałam, w przeprowadzonych badaniach EMG osoby badane proszone były także o ocenę intensywności prezentowanych ekspresji emocjonalnych. Uzyskane wyniki wskazują, że nie tylko dynamika, ale także inne czynniki, takie jak rodzaj emocji czy płeć osoby badanej istotnie wpływają na spostrzeganą intensywność bodźca. Zarówno dynamiczne jak i statyczne ekspresje złości zostały oceniane jako bardziej intensywne niż ekspresje radości (Rymarczyk i in., 2010). Wynik ten zdaje się odzwierciedlać różnorodne sytuacje, kiedy to uwaga każdego z nas w sposób automatyczny wędruje w kierunku bodźców negatywnych, stanowiących potencjalne zagrożenie. Horstmann i Ansorge (2009) wykazali, że w

zadaniu tzw. przeszukiwania wzrokowego, osoby badane szybciej reagują na twarze wyrażające złość niż radość, szczególnie na twarze prezentowane w sposób dynamiczny.

Na uzyskane wyniki można spojrzeć z perspektywy psychologii ewolucyjnej. Przecenianie intensywności ekspresji złości jest strategią zdecydowanie bardziej przystosowawczą niż jej niedocenianie. Jak wiadomo, złość jest ekspresją sygnalizującą intencje (Horstmann, 2003), ekspresją, która może być sygnałem zagrożenia ze strony spostrzeganej osoby. W związku z tym mniejsze koszty poniesie ktoś, kto przeceniając spostrzeganą złość, przygotuje się do ataku, który nie nastąpi, niż ktoś, kto nie będzie przygotowany do odparcia ataku, który okaże się realny. Natomiast w przypadku radości, błąd w oszacowaniu intensywności emocji niósłby za sobą znacznie mniejsze koszty. Co więcej, na uzyskane wyniki może mieć wpływ płeć obserwatorów. Wykazałam, że o ile dla kobiet informacja o ruchu jednakowo zwiększała spostrzeganą intensywność w przypadku obu emocji, to dla mężczyzn zależność między dynamiką a intensywnością pojawiła się tylko dla ekspresji złości. W ewolucyjnej historii człowieka mężczyźni byli częściej narażeni na ataki ze strony innych osobników, w związku z tym lepsza zdolność przewidzenia intencji na podstawie ekspresji emocji złości zwiększała ich szanse przetrwania. Za tą argumentacją przemawiają wyniki badań, w których mężczyźni osiągalni lepsze wyniki w rozpoznawaniu złości niż kobiety (Rotter i Rotter, 1988). Dane z literatury wskazują także, że mężczyźni przeżywają złość częściej niż kobiety (Biaggio, 1980), mniej się uśmiechają i są bardziej agresywni niż kobiety (Hall, 1984). W większości kultur mężczyźni popełniają więcej morderstw niż kobiety, a także częściej stają się ich ofiarami (Buss, 1999). Wyniki sondaży opinii społecznej utwierdzają w przekonaniu, że między kobietami a mężczyznami występują różnice dotyczące zapotrzebowania na drastyczność, brutalność i agresję; kobiety rzadziej deklarują taką potrzebę. Jest zatem prawdopodobne, że w codziennym życiu mężczyzn rywalizacja stanowi ważny element interakcji z innymi, a ekspresja złości może odgrywać istotną rolę w funkcjonowaniu jednostki. Nawiązując do wyników z badania EMG (Rymarczyk i in., 2016a) pokazujących, że kobiety silniej niż mężczyźni reagowały na twarze wyrażające radość, podczas gdy mężczyźni oceniali złość jako emocję bardziej intensywną niż radość (w przypadku kobiet nie stwierdzono różnic w ocenie intensywności emocji radości i złości), prawdopodobne jest, że oba eksperymenty angażowały odmienne procesy: bierna percepcja ekspresji emocjonalnych w badaniu EMG opierała się na automatycznych procesach, zaś zadanie oceny intensywności w większym stopniu na procesach poznawczych.

Percepcja mimicznej ekspresji strachu i wstrętu

Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2016b). Emotional empathy and facial mimicry for static and dynamic facial expressions of fear and disgust. *Frontiers in Psychology*, 7, 1853, doi: 10.3389/fpsyg.2016.01853

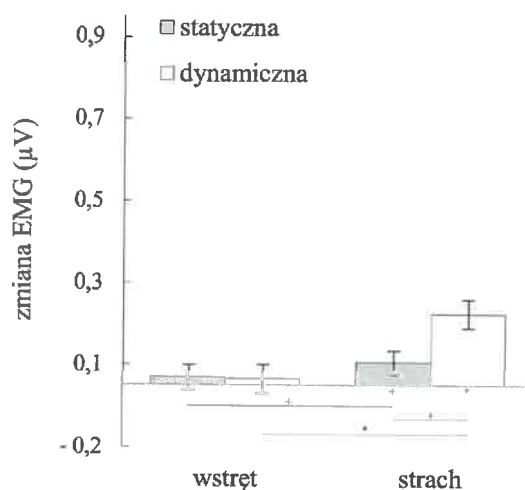
Badania nad reakcjami mimicznymi zwykle odnosiły się do radości i złości, emocji istotnych z punktu widzenia relacji społecznych. W ostatnich latach badacze postawili pytanie o występowanie reakcji mimicznych dla innych emocji - strachu i

wstrętu. Przyjmuje się, że ekspresji strachu towarzyszy aktywność mięśnia czołowego bocznego (ang. *lateral frontalis*) (Cacioppo, Tassinari i Berntson, 2007), jednak zmiany napięcia tego mięśnia wykazano tylko w jednym badaniu percepcji emocji (Lundquist i Dimberg, 1995). W przypadku ekspresji emocji wstrętu za typowy wzorzec aktywności mięśniowej uważa się skurcz dźwigacza wargi górnej (łac. *levator labii*) (Cacioppo, Tassinari i Berntson, 2007), choć tu także tylko nieliczne prace wskazują na aktywność tego mięśnia podczas percepcji ekspresji wstrętu (Lundquist i Dimberg, 1995). Należy pokreślić, że obie emocje tj. strach i wstręt angażują także mięsień marszczący brwi, którego aktywność, w świetle współczesnych badań (Murata i in., 2016) uważa się za niespecyficzną dla żadnej z tych emocji. W literaturze brakowało badania, w którym na jednej grupie osób dokonano pomiaru EMG z co najmniej trzech kluczowych dla emocji strachu i wstrętu mięśni twarzy. Dlatego w prezentowanym badaniu, którego głównym celem było określenie wzorca aktywności mięśniowej podczas percepcji mimicznych ekspresji strachu i wstrętu, rejestrowałam sygnał EMG z trzech mięśni twarzy: marszczącego brwi, dźwigacza wargi górnej oraz mięśnia bocznego czołowego (Rys.1). Podobnie jak w przypadku radości i złości, prześledziłam wpływ dynamiki bodźca na siłę reakcji mimicznych stosując statyczne i dynamiczne ekspresje emocjonalne. Bodźce pochodziły z autorskiej bazy ekspresji mimicznych.

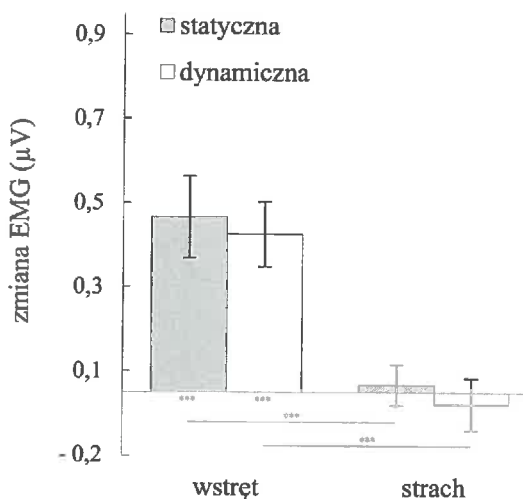
Dodatkowo w badaniu tym uwzględniłam poziom empatii emocjonalnej osób badanych⁹. Wcześniejsze, nieliczne badania dotyczące wpływu poziomu empatii emocjonalnej osób badanych na siłę reakcji mimicznych wskazywały, że wyższy poziom empatii sprzyja występowaniu silniejszych reakcji (Sonnby-Borgström, 2002). Dimberg i in., (2011) wykazali, że osoby o wysokim poziomie empatii emocjonalnej w porównaniu do osób o niskim poziomie empatii przejawiają silniejsze reakcje mimiczne w obrębie mięśnia marszczącego brwi i jarzmowego większego, w odpowiedzi na prezentowane ekspresje złości i radości.

Analiza danych EMG (Rymarczyk i in., 2016b) wskazała na niespecyficzny wzorzec aktywności mięśnia marszczącego brwi dla obu emocji. Tym samym potwierdziłam założenie o jego udziale w percepcji różnych emocji negatywnych. Jednocześnie wykazałam zróżnicowany wzorzec reakcji mimicznych dla emocji strachu i wstrętu: emocja strachu wywołała głównie aktywność mięśnia czołowego bocznego, podczas gdy emocja wstrętu - aktywność dźwigacza wargi górnej (Rys. 7a, 7b). W tym miejscu należy wspomnieć, że zgodnie z hipotezą ruchowego naśladowania (Hess i Fisher, 2013), naśladujemy znak emocji (pozytywny lub negatywny), a nie rodzaj emocji. Uzyskane przeze mnie wyniki nie potwierdzają tego założenia i dowodzą, że naśladujemy nie tylko ekspresje pozytywne czy negatywne, ale także konkretne emocje.

⁹ Przyjmuje się, że empatia to zdolność do współodczuwania oraz rozumienia stanu emocjonalnego oraz przekonań drugiego człowieka (Jankowiak-Siuda, Rymarczyk, Grabowska, 2011). W ujęciu emocjonalnym empatia oznacza zdolność do współodczuwania stanów emocjonalnych drugiego człowieka, natomiast z perspektywy poznawczej empatia to zdolność do rozumienia przekonań, uczuć i zamiarów innych (Decety i Ickes, 2011).



Rysunek 7a. Aktywność mięśnia czołowego bocznego w odpowiedzi na statyczne i dynamiczne ekspresje strachu i wstrętu; źródło: opracowanie własne



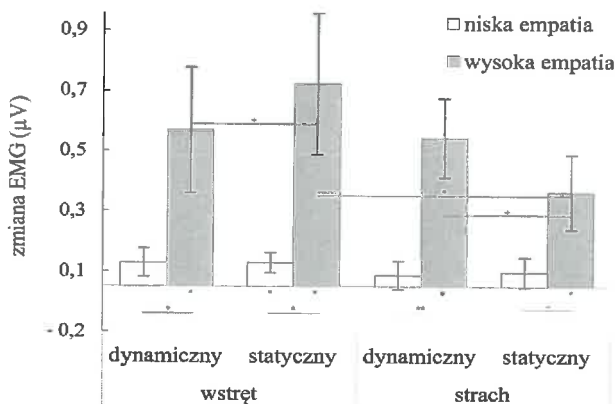
Rysunek 7b. Aktywność mięśnia dźwigacza wargi górnej w odpowiedzi na statyczne i dynamiczne ekspresje strachu i wstrętu; źródło: opracowanie własne.

Dla obu rysunków: symbole z podkreśleniami oznaczają istotne różnice między efektami prostymi w sygnale EMG: * $p < .05$; ** $p < .01$; symbole bez podkreśleń oznaczają istotne różnice względem aktywności spoczynkowej: * $p < .05$; ** $p < .01$.

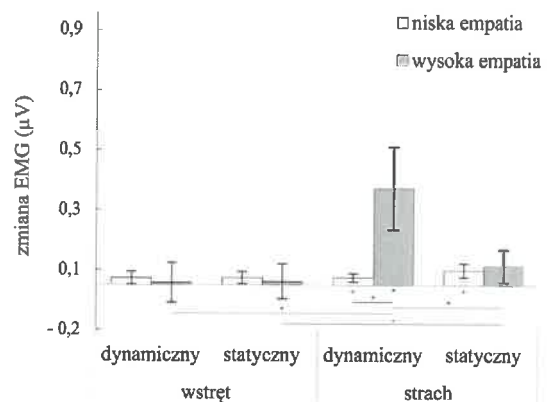
Co istotne, wykazałam, że siła sygnału EMG jest zróżnicowana ze względu na **poziom empatii emocjonalnej** osób badanych. Osoby o wysokim poziomie empatii przejawiały silniejsze reakcje mięśnia marszczącego brwi, tak dla emocji strachu jak i wstrętu, a efekt ten ujawnił się w przypadku bodźców prezentowanych w modalności dynamicznej (Rys. 8a). Podobnie, w przypadku aktywność mięśnia czołowego bocznego dla emocji strachu - jego odpowiedź była silniejsza w grupie osób o wysokim poziomie empatii (Rys. 8b). W przypadku dźwigacza wargi górnej czynnik dynamiki emocji wstrętu nieznacznie zwiększał siłę reakcji mięśniowej; dotyczyło to osób o wysokim poziomie empatii. W przypadku osób o niskim poziomie empatii siła reakcji mimicznych nie tylko nie była zróżnicowana ze względu na modalność bodźca, ale także reakcje te często nie występowały.

Podobne wyniki, odnoszące się do wpływu poziomu empatii emocjonalnej, otrzymałam w kolejnym badaniu (Rymarczyk i in., 2019), dotyczącym mózgowego podłoża reakcji mimicznych (opis tego badania przedstawiam w drugiej części osiągnięcia). Jedyną różnicą dotyczyła wpływu modalności bodźca tj. nie zaobserwowałam zwiększenia napięcia mierzonych mięśni (marszczącego brwi i dźwigacza wargi górnej) podczas percepcji bodźców prezentowanych dynamicznie.

KR



Rysunek 8a. Aktywność mięśnia marszczącego brwi w odpowiedzi na statyczne i dynamiczne ekspresje strachu i wstrętu, w grupie osób o wysokim i niskim poziomie empatii; źródło: opracowanie własne.



Rysunek 8b. Aktywność mięśnia czołowego bocznego w odpowiedzi na statyczne i dynamiczne ekspresje strachu i wstrętu, w grupie osób o wysokim i niskim poziomie empatii; źródło: opracowanie własne.

Dla obu rysunków: symbole z podkreśleniami oznaczają istotne różnice między efektami prostymi w sygnale EMG: * $p < .05$; ** $p < .01$; symbole bez podkreśleń oznaczają istotne różnice względem aktywności spoczynkowej: * $p < .05$; ** $p < .01$.

Podsumowując, w przeprowadzonych badaniach (Rymarczyk i in., 2016b, 2019) wykazałam, że siła reakcji mimicznych podczas percepcji emocji może być dobrym wskaźnikiem poziomu empatii emocjonalnej, a tym samym stanowić biologiczny wskaźnik zachodzących procesów związanych ze zdolnością do współodczuwania emocji z drugą osobą. Wyniki mojego badania (Rymarczyk i in., 2016b) wskazały także na zróżnicowaną rolę modalności bodźca tj. dynamika zwiększała siłę reakcji mimicznych, jednak tylko dla strachu, a więc emocji, która wywołuje reakcję walki lub ucieczki, a zatem aktywuje układ sympatyczny. W przypadku emocji wstrętu, która pobudza układ przywspółczulny, zmniejszając częstość akcji serca, ciśnienie krwi i oddychanie (Ekman, Levenson i Friesen, 1983) czynnik dynamiki zdaje się nie zwiększać siły reakcji jednostki. Wniosek ten wymaga jednak potwierdzenia w kolejnych badaniach.

Podsumowanie pierwszej części osiągnięcia

Zgodnie z hipotezą mimicznego sprzężenia zwrotnego reakcje mimiczne powstają dwuetapowo tj. w wyniku automatycznego i nieświadomego motorycznego naśladowania ekspresji emocjonalnych innych osób oraz w wyniku aktywacji stanu afektywnego zgodnego z obserwowaną ekspresją. Wyniki przeprowadzonych przeze mnie badań potwierdzają tę hipotezę.

1. Wykazałam, że reakcje mimiczne są z reguły spójne ze spostrzeganą ekspresją, tj. bodźce pozytywne wywołują silniejszą reakcję mięśnia jarzmowego większego (uczestniczącego w powstawaniu uśmiechu) oraz

mięśnia okrężnego oka (wskazującego na przeżywanie emocji radości) niż bodźce negatywne. Bodźce negatywne natomiast w większym stopniu niż pozytywne, powodują wzrost napięcia mięśnia marszczącego brwi (aktywnego w trakcie powstawania ekspresji złości, strachu czy wstrętu).

2. Wykazałam, że reakcje mimiczne pojawiają się nie tylko dla emocji istotnych z punktu widzenia relacji społecznych (radość i złość), ale także tych istotnych w kontekście biologicznego przetrwania jednostki, tj. wstrętu i strachu. Określiłam specyficzny wzorzec aktywności mięśni twarzy dla tych emocji tj. aktywność mięśnia czołowego bocznego dla emocji strachu oraz aktywność mięśnia dźwigacza wargi górnej dla emocji wstrętu. Tym samym wykazałam, że transfer afektywny nie dotyczy tylko znaku emocji, lecz także rodzaju emocji.
3. W moich badaniach zastosowałam naturalne emocjonalne bodźce dynamiczne. Wykazałam, że dynamika bodźca zwiększa siłę reakcji mimicznych oraz ocenianą intensywność ekspresji emocjonalnych. Tym samym dostarczyłam argumentów, które przemawiają za wykorzystywaniem bodźców dynamicznych (a nie statycznych) w badaniach dotyczących procesów emocjonalnych.
4. Wykazałam, że wpływ dynamiki bodźca jest zróżnicowany ze względu na rodzaj prezentowanej emocji. W przypadku emocji wstrętu prawdopodobnie nie odgrywa ona takiego znaczenia jak w przypadku innych emocji negatywnych (złości czy strachu). Tym samym potwierdziłam założenie, że emocje te angażują odmienne mechanizmy na poziomie fizjologicznym.
5. Wykazałam, że istnieje zróżnicowanie płciowe w sile reakcji mimicznej: kobiety przejawiały silniejsze reakcje, szczególnie w przypadku spostrzegania dynamicznie prezentowanej ekspresji radości. W moich badaniach jako pierwszych w literaturze pokazałam ten efekt wykorzystując naturalne ekspresje emocjonalne.
6. Wykazałam, że wyższy poziom empatii emocjonalnej przekłada się na silniejsze reakcje mimiczne dla innych emocji niż radość i złość, czyli wstrętu i strachu. Tym samym wskazałam, że istnieje zależność pomiędzy emocjonalnością osoby a jej zdolnością do „zarażania się” emocjami innych. A zatem potwierdziłam założenie, że emocjonalne reakcje mimiczne nie są tylko ruchowym odzwierciedleniem obserwowanej emocji, ale także powstają w wyniku zarażenia emocjonalnego

Druaga część osiągnięcia

Określenie mózgowego podłoża reakcji mimicznych - badania z zastosowaniem techniki jednoczesnego pomiaru sygnału elektromiografii powierzchniowej mięśni twarzy (EMG) oraz sygnału aktywności neuronalnej (BOLD) w warunkach rezonansu magnetycznego; wpływ czynników modulujących: rodzaju emocji, modalności bodźca oraz poziomu empatii osób badanych.

Jak wspomniałam wcześniej, wnioskowanie o neuronalnym podłożu emocjonalnych reakcji mimicznych w dużej mierze oparte było na wynikach badań neuroobrazowych dotyczących percepcji emocji. Brakowało badania, w którym pomiar aktywności mózgu podczas spostrzegania ekspresji mimicznych zostałby skorelowany z aktywnością mięśni mimicznych mierzoną w tym samym czasie. **Założyłam, że jednoczesny pomiar, tzn. w tym samym czasie zarówno sygnału EMG jak i sygnału BOLD, rejestrowanych u tej samej osoby pozwoli na określenie mózgowego podłoża emocjonalnych reakcji mimicznych oraz pozwoli odpowiedzieć na pytanie, czy emocjonalne reakcje mimiczne zawierają tylko komponent ruchowy czy komponent ruchowy i emocjonalny.**

Na realizację projektu, którego głównym celem było określenie neuronalnego podłoża reakcji mimicznych, z wykorzystaniem techniki jednoczesnego pomiaru aktywności mięśniowej i aktywności mózgu podczas percepcji ekspresji emocjonalnych otrzymałam grant badawczy **NCN (nr 2012/03/B/HS6/05161)**. Chciałabym podkreślić, że gdy planowałam swoje badania nie było żadnych prac opisujących technikę jednoczesnego pomiaru sygnału EMG i sygnału BOLD. Z tego względu, wraz z firmą Brain Products, opracowałam specjalny czepek z elektrodami EMG (BrainCap), umożliwiający pomiar sygnału EMG w środowisku skanera magnetycznego. W trakcie realizacji projektu, opublikowane zostało jedno badanie wykorzystujące technikę jednoczesnej rejestracji sygnału EMG i sygnału BOLD podczas percepcji mimicznych ekspresji radości, złości, smutku i ekspresji neutralnej (Likowski i in., 2012), jednak w badaniu tym zastosowano tylko dynamiczne ekspresje awatarów, rejestrację sygnału EMG przeprowadzono z dwóch mięśni twarzy (marszczącego brwi i jarzmowego większego) a osobami badanymi były wyłącznie kobiety. W swoich badaniach, przeprowadzonych z udziałem kobiet i mężczyzn, zastosowałam zarówno statyczne, jak i dynamiczne, naturalne ekspresje. Zdecydowałam się na wykorzystanie bodźców pochodzących z wystandaryzowanej bazy bodźców dynamicznych The Amsterdam Dynamic Facial Expression Set, ADFES (van der Schalk et al., 2011), ponieważ w badaniach fMRI została ona zweryfikowana pod kątem dynamiki (Furl i in., 2015). Wykorzystując technikę jednoczesnego pomiaru sygnału EMG i sygnału BOLD przeprowadziłam badanie percepcji emocji radości i złości (Rymarczyk i in., 2018), gdzie aktywność elektromiograficzną rejestrowałam z trzech mięśni. Zbadałam też percepcję emocji strachu i wstrętu (Rymarczyk i in., 2018), obejmując rejestracją EMG dwa mięśnie. Poniżej przedstawiłam otrzymane wyniki¹⁰.

¹⁰ Wyniki EMG zostały uwzględnione w opisie pierwszej części osiągnięcia.

Analiza danych neuroobrazowych przeprowadzona została dla całego mózgu (ang. *whole brain*) oraz w obszarach zainteresowania (ang. *region of interest, ROI*). Statystyki wykonane dla aktywności całego mózgu przedstawione zostały w materiałach uzupełniających w obu artykułach. Dyskusja dotyczy wybranych wyników neuroobrazowych uzyskanych w obu badaniach. Badania zostały zrealizowane w Pracowni Obrazowania Mózgu Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN w Warszawie.

Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2018).
**Neural Correlates of Facial Mimicry: EMG and fMRI Correlates of
 Dynamic Emotional Facial Expressions. *Frontiers in Psychology*, 9:52,
 doi: 10.3389/fpsyg.2018.00052**

W pierwszym z serii eksperymentów zastosowałam statyczne i dynamiczne naturalne ekspresje złości i radości oraz ekspresję neutralną. Do pomiaru sygnału EMG wykorzystałam trzy elektrody będące częścią czepka FaceCap, umieszczone w miejscach umożliwiających pomiar aktywności elektrycznej z następujących mięśni: marszczącego brwi, jarzmowego większego i okrężnego oka. Zadaniem 46 osób badanych (21 kobiet) była bierna percepcja bodźców. Badanie przeprowadzono w schemacie zdarzeniowym (Rys.10).

Analiza danych neuroobrazowych oraz analizy korelacyjne sygnału EMG i sygnału BOLD przeprowadzone zostały w obszarach zainteresowania (ROI), do których zaliczono struktury mózgu należące do **podstawowej sieci neuronów lustrzanych** zaangażowanej w naśladowanie ekspresji (kora przedruchowa / zakręt czołowy dolny, płacik ciemieniowy dolny, bruzda skroniowa górna), **rozszerzonej sieci neuronów lustrzanych** związanej z procesami emocjonalnymi i motywacyjnymi (ciało migdałowe, przednia część wyspy, jądra podstawy) a także struktury zaliczane do **neuralnej sieci percepcji twarzy** (bruzda skroniowa górna, środkowa okolica skroniowa). Wykazałam, że większość wyżej wymienionych obszarów uległa pobudzeniu podczas percepcji dynamicznych ekspresji emocjonalnych (Tab.1). Warto podkreślić, że percepcja statycznych ekspresji na ogół nie wywoływała aktywności analizowanych struktur. Okazało się także, że aktywność analizowanych struktur korelowała również z aktywnością mięśni twarzy, co może wskazywać, że obszary, które są zaangażowane w percepcję ekspresji reakcji mimicznych są też istotne dla *wykonywania* reakcji mimicznych odpowiadającym emocjom.

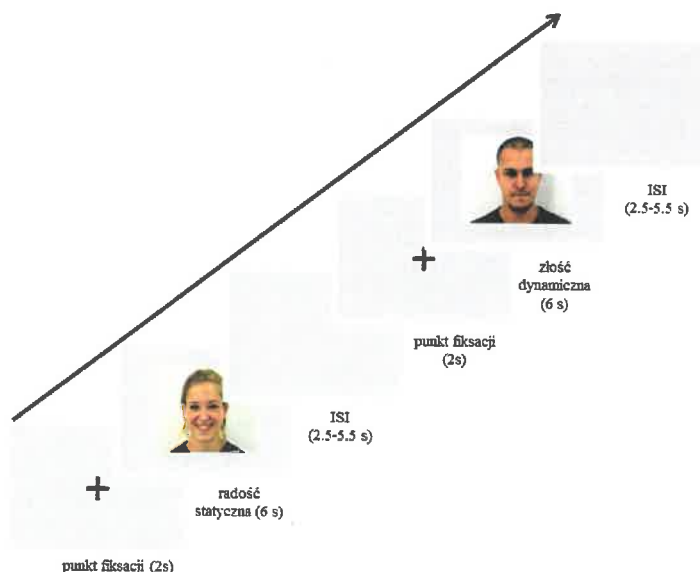


Tabela. 1. Statystyki opisowe aktywności mózgu wybranych obszarów dla kontrastu: *emocja dynamiczna > emocja statyczna*, dla emocji złości i radości. Symbole: statystyki *t* oznaczająca siłę aktywacji kontrastu, *p*-wartość prawdopodobieństwa korespondująca do statystyki *t*; źródło: opracowanie własne.

Prawa/lewa półkula	Obszar mózgu	System	Wartość <i>t</i>	<i>P</i>
P	Przed-dodatkowe pole ruchowe	Podstawowy MNS	5,35	< 0,001
P	Płacik ciemieniowy dolny	Podstawowy MNS	3,63	< 0,001
P	Zakręt czołowy dolny (BA44)	Podstawowy MNS	3,02	< 0,1
L			3,02	< 0,1
P	Zakręt czołowy dolny (BA45)	Podstawowy MNS	6,15	< 0,001
L			3,68	< 0,001
P	Ciało migdałowe	Rozszerzony MNS	5,48	< 0,001
L			4,45	< 0,001
P	Skorupa	Rozszerzony MNS	3,67	< 0,01
P	Gałka błada	Rozszerzony MNS	2,98	< 0,1
P	Bruzda skroniowa górna	Podstawowy MNS	16,6	< 0,001
L		Sieć percepcji twarzy	12,63	< 0,001
P	Środkowa okolica skroniowa	Sieć percepcji twarzy	13,7	< 0,001
L			11,33	< 0,001

Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2019). Empathy in facial mimicry of fear and disgust: simultaneous EMG-fMRI recordings during observation of static and dynamic facial expressions, *Frontiers in Psychology* 10:701, doi: 10.3389/fpsyg.2019.00701

W drugim eksperymencie z zastosowaniem tej samej techniki jednoczesnego pomiaru sygnału EMG i sygnału BOLD chciałam sprawdzić, czy w przypadku emocji istotnych z perspektywy biologicznego przetrwania jednostki tj. strachu i wstrętu, te same struktury mózgu zaliczane do podstawowej i rozszerzonej sieci neuronów lustrzanych będą uczestniczyć w powstawaniu reakcji mimicznych. Intersujące wydawało się również uwzględnienie w tym aspekcie poziomu empatii emocjonalnej osób badanych. Istniały ku temu co najmniej dwa powody. Po pierwsze, jak wykazałam w badaniu EMG (Rymarczyk i in., 2016b) osoby o wysokim poziomie empatii emocjonalnej, w porównaniu do osób o niskim poziomie empatii przejawiają silniejsze reakcje mimiczne podczas percepcji mimicznych ekspresji strachu i wstrętu. Po drugie, nieliczne dotąd badania neuroobrazowe wskazywały na silniejsze

pobudzenie struktur mózgu zaliczanych do podstawowej i rozszerzonej sieci neuronów lustrzanych u osób o wysokim poziomie empatii (Baird, Scheffer, Wilson, 2011; Iacoboni, 2009). Na podstawie dostępnej literatury założyłam, że u osób o wysokim poziomie empatii emocjonalnej ujawni się silniejszy związek pomiędzy aktywnością mięśni twarzy a aktywnością struktur mózgu stanowiących neuronalne podłoże reakcji mimicznych, szczególnie podczas percepcji bodźców dynamicznych. **Chciałabym podkreślić, że w literaturze brakowało badania, które pozwoliłoby na analizę związku pomiędzy poziomem empatii emocjonalnej, zdolnością do naśladowania ekspresji innych a aktywnością struktur zaliczanych do Systemu Neuronów Lustrzanych.** Podsumowując, celem drugiego badania z zastosowaniem jednoczesnego pomiaru sygnałów EMG mięśni twarzy i sygnału BOLD było określenie neuronalnego podłoża reakcji mimicznych podczas percepcji dynamicznych i statycznych ekspresji strachu i wstrętu, z uwzględnieniem poziomu empatii osoby badanej. Do pomiaru sygnału EMG wykorzystałam dwie elektrody będące częścią czepka FaceCap, za pomocą których zmierzyłam aktywność mięśni: marszczącego brwi oraz dźwigacza wargi górnej.

Tabela. 2. Statystyki opisowe aktywności mózgu wybranych obszarów dla kontrastu: *emocja dynamiczna > emocja statyczna*, dla emocji strachu i wstrętu. Symbole: statystyki t oznaczająca siłę aktywacji kontrastu, p-wartość prawdopodobieństwa korespondująca do statystyki t; źródło: opracowanie własne.

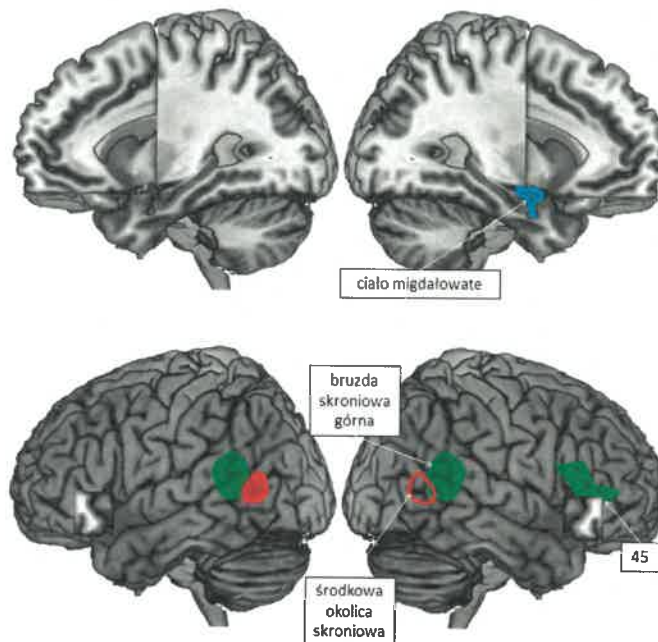
Prawa/lewa półkula	Obszar mózgu	System	Wartość t	p
P	Zakręt czołowy dolny (BA45)	Podstawowy MNS	3,62	< 0,05
P	Ciało migdałowe	Rozszerzony MNS	3,77	< 0,01
L			3,07	< 0,1
P	Przednia część wyspy	Rozszerzony MNS	3,38	< 0,05
L			3,65	< 0,05
P	Bruzda skroniowa górna	Podstawowy MNS	12,77	< 0,001
L		Sieć percepcji twarzy	9,32	< 0,001
P	Środkowa okolica skroniowa	Sieć percepcji twarzy	12,92	< 0,001
L			11,68	< 0,001

Do wyników analiz danych EMG odniosłam się w opisie pierwszej części osiągnięcia. Analiza danych neuroobrazowych percepcji emocji strachu i wstrętu dostarczyła wyników zbieżnych z wynikami pierwszego badania (Rymarczyk i in., 2018). Wykazałam że percepcja dynamicznych ekspresji strachu i wstrętu, chociaż w mniejszym zakresie niż percepcja dynamicznych ekspresji radości i złości, angażuje struktury mózgu zaliczane do podstawowej sieci neuronów lustrzanych, w tym zakręt

czołowy dolny (BA 45); rozszerzonej sieci neuronów lustrzanych, w tym ciało migdałowate oraz przednią część wyspy oraz struktury należące do neuronalnej sieci percepcji twarzy, w tym górną bruzdę skroniową oraz środkową okolicę skroniową (Tab. 2). Obszary te okazały się być głównie aktywne podczas percepcji ekspresji dynamicznych. Wykazałam także, że aktywność analizowanych struktur korelowała z aktywnością mięśni twarzy.

Dyskusja wybranych wyników otrzymanych w obu badaniach z zastosowaniem jednoczesnej rejestracji sygnału EMG oraz BOLD

Wyniki danych neuroobrazowych wskazują, że percepcja ekspresji emocjonalnych, niezależnie od rodzaju emocji, prowadzi do aktywacji tych samych obszarów mózgu. Na rysunku poniżej (Rys. 11) przedstawiono struktury, których aktywność wykazano w wyniku porównania *emocja dynamiczna*>*emocja statyczna*, w obu badaniach.



Rysunek. 11. Struktury, których aktywność wykazano w wyniku porównania *emocja dynamiczna* > *emocja statyczna*, w obu badaniach, podczas percepcji radości i złości oraz strachu i wstrętu; źródło: opracowanie własne.

Ze względu na dynamikę bodźca, szczególnie znacząca okazała się aktywność **środkowej okolicy skroniowej oraz bruzdy skroniowej górnej** w obu półkulach mózgu. Aktywacje w tych rejonach wykazałam w efekcie wszystkich możliwych porównań prezentacji dynamicznych ze statycznymi (również neutralnych ekspresji). Oznacza to, że obszary te są przede wszystkim zaangażowane w przetwarzanie informacji o ruchu (niezależnie od ich emocjonalnego zabarwienia), a ich szczególny udział w percepcji ekspresji emocjonalnych można obserwować wyłącznie w odniesieniu do bodźców prezentowanych dynamicznie. Uzyskane wyniki świadczące o silniejszej aktywacji środkowej okolicy skroniowej dla dynamicznych w porównaniu do statycznych ekspresji neutralnych i emocjonalnych są zgodne z literaturą (Kessler

i in., 2011; Kilts i in., 2003; Trautman, Ferh i Herrmann, 2009), gdzie przyjmuje się, że funkcją środkowej okolicy skroniowej jest przede wszystkim przetwarzanie informacji o ruchu (Bartels, Logothetis i Moutoussis, 2008; Bernstein i Yovel, 2015). Z kolei bruzda skroniowa górna wydaje się być odpowiedzialna za przetwarzanie informacji o ruchu szczególnie istotnego z perspektywy obserwatora (Haxby, Hoffman i Gobbini, 2000; Pelphrey i in., 2003), Ma to miejsce na przykład podczas obserwowania zmian mimiki (Arsalidou, Morris i Taylor, 2011) czy wykonywanych gestów. Uzyskane wyniki są spójne z modelem percepcji twarzy zaproponowanym przez Jamesa Haxby'ego i in. (2000), w którym tzw. system podstawowy (ang. *core system*) tj. zakręt potyliczny dolny odpowiada za wstępną analizę cech twarzy, boczna część zakrętu wrzecionowatego odpowiada za przetwarzanie informacji o niezmiennych cechach twarzy (rozpoznawanie tożsamości), zaś bruzda skroniowa górna przetwarza informacje o zmiennych cechach twarzy (kierunek patrzenia, ruch ust, ekspresje emocjonalne)¹¹.

Co istotne, w przeprowadzonym badaniu wykazałam również związki między aktywnością bruzdy skroniowej górnej a aktywnością mięśniową: dla emocji radości (ujemne z aktywnością mięśnia marszczącego brwi, dodatnie z aktywnością mięśnia jarzmowego większego); dla emocji złości (dodatnie z aktywnością mięśni okrężnych oka i marszczącego brwi), dla emocji wstrętu (dodatnie z aktywnością mięśnia marszczącego brwi). Wyniki te pozwalają sądzić, że obszar mózgu odpowiedzialny za percepcję ruchu biologicznego bierze także udział w *wykonywaniu* reakcji mimicznych dla badanych emocji. Patrząc na wyniki z perspektywy sieci neuronów lustrzanych można przyjąć, że rolą bruzdy skroniowej górnej może być dostarczanie i analizowanie wzrokowej informacji o obserwowanych zachowaniach, w tym ekspresjach mimicznych (Haxby i Gobbini, 2011). Według tej koncepcji informacja z bruzdy skroniowej górnej przekazywana jest do pozostałych elementów sieci neuronów lustrzanych (Haxby i Gobbini, 2011), czyli zakrętu czołowego dolnego oraz innych struktur, na przykład zakrętu wrzecionowatego i środkowej okolicy skroniowej (Sato, Kochiyama i Uono, 2015). Według tego modelu proces zarażania się zachowaniem za pośrednictwem drogi ruchowej rozpoczyna się od dostrzeżenia ruchów ciała nadawcy (w tym ekspresji emocjonalnych). Następnie informacje wzrokowe są wstępnie przetwarzane właśnie w bruzdzie skroniowej górnej. Można zatem przyjąć, że kluczowym elementem dla powstawania reakcji mimicznych jest dostrzeżenie ruchu ekspresji emocjonalnej nadawcy.

Także kolejna struktura zaliczana do podstawowej sieci neuronów lustrzanych tj. **zakręt czołowy dolny w prawej półkuli**, zwłaszcza jego część (**pole 45 BA**) aktywowała się specyficznie podczas spostrzegania dynamicznych bodźców

¹¹ W modelu wyróżniono także tzw. system rozszerzony percepcji twarzy, odpowiedzialny za inne niż wzrokowe przetwarzanie informacji. W jego skład wchodzi bruzda śródcieniowa, kora słuchowa, ciało migdałowe i inne części układu limbicznego, wyspa oraz przednia część kory skroniowej. Zakłada się, że działanie układu rozszerzonego opiera się na informacji opracowanej we wstępnej analizie przez układ podstawowy i przekłada się na bardziej specyficzne przetwarzanie informacji, prowadzące do rozumienia intencji czy zarażania się emocjami, za które odpowiedzialne są, zgodnie z modelem, ciało migdałowe i wyspa (Haxby, Hoffman i Gobbini, 2000).

emocjonalnych, niezależnie od rodzaju emocji. Korelacje sygnału EMG z sygnałem BOLD wykazały, że obszar ten należy także do neuronalnych korelatów wykonywania reakcji mimicznych, np.: dla dynamicznej radości (pozytywna (pole BA 44) korelacja z aktywnością mięśnia jarzmowego większego i negatywna (pole BA 45) z aktywnością mięśnia marszczącego brwi), dla statycznej i dynamicznej złości (pozytywna (pole BA 44) korelacja z aktywnością mięśnia marszczącego brwi oraz pozytywna (pole BA 45) z aktywnością mięśnia okrężnego oka) oraz dla statycznego wstrętu (pozytywna (pole BA 45) z aktywnością dźwigacza wargi górnej), dla statycznego strachu (pozytywna (pole BA 44) z aktywnością mięśnia marszczącego brwi). Wyniki te znajdują potwierdzenie w literaturze. Aktywność zakrętu czołowego dolnego utożsamiana jest zarówno z ruchowym naśladowaniem obserwowanych akcji (Gallese i in., 1996; Koski i in., 2002) jak i ekspresji emocjonalnych (Carr i in., 2003; Leslie, Johnson-Frey i Grafton, 2004). Uważa się, że wspólna aktywność zakrętu czołowego dolnego oraz płacika ciemieniowego dolnego prowadzi do powstania reprezentacji symulacji ruchu, co umożliwia dokładne odwzorowanie obserwowanego ruchu, w tym także rzetelne odwzorowanie ekspresji emocjonalnej (Jabbi i Keysers, 2008; van der Gaag, Minderaa i Keysers, 2007a). Dodatkowym dowodem na poparcie założenia o istotnej roli dolnego zakrętu czołowego w powstawaniu reakcji mimicznych są wyniki nieopublikowanego badania z wykorzystaniem przezczaszkowej stymulacji magnetycznie (ang. *transcranial magnetic stimulation*, TMS), które niedawno przeprowadziłam we współpracy z prof. dr hab. Małgorzatą Kossut z Instytutu Biologii Doświadczalnej. Okazało się, że stymulacja hamująca (rTMS, o częstotliwości 1 Hz) podczas obserwacji emocjonalnych ekspresji mimicznych obniża zarówno zdolność ich rozpoznawania, jak i subiektywną ocenę zarażania się prezentowaną emocją.

W kontekście podstawowej sieci neuronów lustrzanych należy zwrócić uwagę na jeszcze jedną strukturę mózgu - **płacik ciemieniowy dolny**. Aktywację prawego płacika ciemieniowego obserwowałam tylko wtedy, gdy porównałam spostrzeganie dynamicznie prezentowanej radości z prezentacjami statycznymi (radości i neutralnej ekspresji). W przypadku tego obszaru wykazałam także korelacje sygnału BOLD z sygnałem EMG, tj. negatywny związek z aktywnością mięśnia marszczącego brwi podczas percepcji dynamicznej radości, pozytywny związek podczas percepcji statycznej złości oraz pozytywny (lewego płacika ciemieniowego) podczas percepcji statycznego wstrętu. Dane te wskazują na udział płacika ciemieniowego dolnego w wykonywaniu reakcji mimicznych dla badanych emocji. Aktywność płacika ciemieniowego łączona jest z dokładnym kodowaniem i integracją informacji o obserwowanym ruchu (Carri in., 2003; Sarkheil i in., 2013). Obszar ten jest też uznawany za element sieci neuronów lustrzanych, którego rola polega na symulacji ruchu.

Podsumowując, zebrane dane sugerują, że do procesu afektywnego transferu konieczne jest ruchowe odwzorowanie obserwowanej ekspresji emocjonalnej. Uzyskane wyniki wskazują, że proces ten zachodzi w oparciu o struktury mózgu zaliczane do podstawowej sieci neuronów lustrzanych.

Wyniki analiz neuroobrazowych wykazały, że percepcja bodźców emocjonalnych (radości, złości i strachu) w porównaniu do percepcji bodźców statycznych angażuje

także struktury związane z procesami emocjonalnymi, tj. ciało migdałowe i przednią część wyspy. Udział **ciała migdałowego** podczas spostrzegania negatywnych emocji jest dobrze udokumentowany (na przykład Fusar-Poli i in., 2009). Wyniki badań neuroobrazowych potwierdzają jego szczególny udział w przetwarzaniu informacji o strachu (Adolphs, 2002), co jest zgodne z wynikami badań klinicznych, w których wykazano, że uszkodzenie ciała migdałowego zaburza zdolność rozpoznawania emocji strachu z twarzy (Adolphs i in. 2005; Calder i in. 1996). Współcześnie przyjmuje się, że aktywność ciała migdałowego może być związana nie tylko z percepcją emocji strachu, ale raczej z ogólną, automatyczną reakcją organizmu na bodźce o dużym stopniu pobudzenia (*ang. arousal*) (Styliadis i in., 2014). Prawdopodobnie stąd też wynika wykazana przez niektórych badaczy aktywność ciała migdałowego, szczególnie lewego, podczas percepcji emocji o pozytywnym znaku (van der Gaag, Minderaa i Keyzers, 2007b). W przeprowadzonym badaniu wykazałam, że istotne związki aktywności ciała migdałowego z aktywnością mięśni dotyczyły tylko emocji negatywnych (na przykład pozytywna korelacja z aktywnością mięśnia okrężnego oka podczas percepcji dynamicznej złości, pozytywna korelacja z aktywnością mięśnia marszczącego brwi podczas percepcji statycznego strachu). Uzyskane wyniki świadczą o tym, że chociaż uczestniczy ono w percepcji pozytywnych jak i negatywnych emocji, to bierze udział w *wykonywaniu* reakcji mimicznych tylko negatywnych emocji.

W przypadku **przedniej części wyspy** jej udział okazał się znaczący szczególnie podczas percepcji emocji strachu i wstrętu. Jak już wspomniałam, część autorów uważa, że o ile klasyczna sieć neuronów lustrzanych odpowiada za naśladowanie ekspresji, to aktywność ciała migdałowego i przedniej części wyspy odzwierciedla doświadczanie emocji podczas naśladowania ekspresji emocjonalnej (Carr i in., 2003; van der Gaag, Minderaa i Keyzers, 2007a; Wicker i in., 2003). Aktywność przedniej części wyspy najczęściej obserwuje się podczas percepcji wstrętu (praca przeglądowa Rymarczyk i Sobczak, 2018). Należy jednak podkreślić, że przednia część wyspy jest zaangażowana nie tylko w przetwarzanie emocji wstrętu, lecz także w świadomość doznań cielesnych (Craig, 2002). Wykazano na przykład, że aktywność przedniej części wyspy występuje zarówno podczas obserwacji ekspresji wstrętu jak i podczas odczucia wstrętu wywołanego przez nieprzyjemny zapach (Wicker i in., 2003). Wykazany przeze mnie związek aktywności przedniej części wyspy i aktywności mięśnia dźwigacza wargi górnej podczas percepcji wstrętu zdaje się potwierdzać założenie o jej udziale w świadomości doznań cielesnych. Z drugiej strony, udział przedniej części wyspy wykazałam także w przypadku reakcji mimicznych radości. Wynik ten pozostaje w zgodzie z badaniem (Pohl i in., 2013), w którym wykazano, że struktura ta aktywuje się w większym stopniu podczas świadomego naśladowania ekspresji radości niż podczas biernej percepcji tej emocji. Według Autorów aktywność ta może odzwierciedlać zwiększoną uwagę osoby badanej na informacje płynące z ciała (*ang. bodily awareness*).

Powyższe wyniki wskazują, że **przednia część wyspy** bierze udział w *wykonywaniu* mimicznych reakcji zarówno o pozytywnym i negatywnym znaku, a **ciało migdałowe** – wyłącznie o znaku negatywnym.

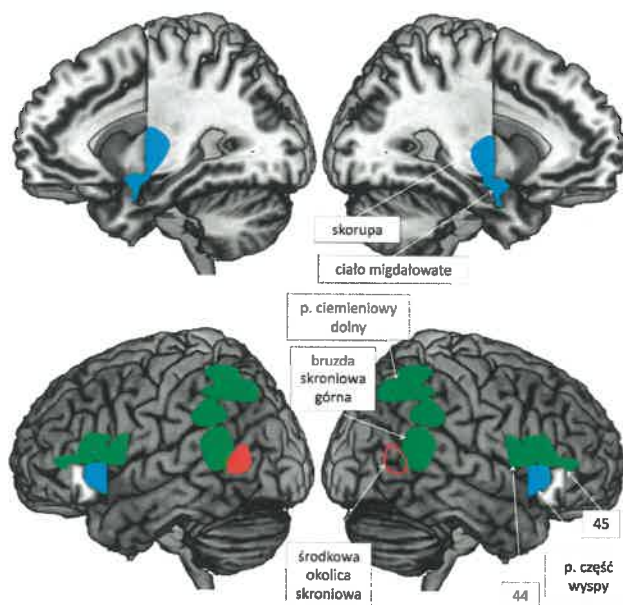
Udział struktur mózgu, które mogą uczestniczyć w wykonywaniu reakcji mimicznych strachu i wstrętu, ujawnił się szczególnie podczas analiz korelacji aktywności mózgu i aktywności mięśni, w których uwzględniono **poziom empatii emocjonalnej** osób badanych. Chociaż w przypadku grupy o niskim poziomie empatii, aktywność znacznie mniejszej liczby struktur mózgu korelowała z aktywnością mięśniową, to jednak struktury mózgu zaliczane do **rozszerzonego układu neuronów lustrzanych** okazały się także korelować z aktywnością mięśni. Jest to zrozumiałe, gdyż badane osoby charakteryzował niski poziom empatii, a nie jej brak. Na uzyskane wyniki można spojrzeć w kontekście mózgowego podłoża empatii, rozumianej jako zdolność do współodczuwania stanu emocjonalnego drugiego człowieka (Preston i de Waal, 2002). Aktywność **ciała migdałowego** wiąże się z tzw. afektywnym odzwierciedlaniem (Marsh i in., 2013). Na przykład wykazano, że osoby o wysokim natężeniu cechy psychopatii, w porównaniu do osób o niskim nasileniu tej cechy przejawiają obniżoną aktywność ciała migdałowego w zadaniu przyjmowania emocjonalnej perspektywy innych (Seara-Cardoso i in., 2013). Z kolei **przednia częśći wyspy** uważana jest za kluczową strukturę zwłaszcza w odniesieniu do empatii bólu (Jankowiak-Siuda, Rymarczyk i Grabowska, 2011; Singer i in., 2004). Jej aktywność wykazano zarówno w sytuacji, gdy osoba badana sama doświadczała bólu, jak również wtedy, gdy obserwowała ból innych (Singer i in., 2004). Wyniki dostępnych badań wskazują, że wyższa aktywność wyspy zwykle współwystępuje z wyższym poziomem empatii emocjonalnej (Jankowiak-Siuda, Rymarczyk i Grabowska, 2011). Uzyskane przeze mnie wyniki wskazują na udział przedniej części wyspy i ciała migdałowego w *wykonywaniu* reakcji mimicznych dla strachu i wstrętu, tak w grupie osób o niskim, jak i wysokim poziomie empatii.

Intersujący wydaje się wynik, że tylko w przypadku grupy osób o wysokim poziomie empatii obserwowałam związki aktywności mięśni z aktywnością **kory somatosensorycznej**. Uzyskane wyniki nawiązują do teorii ucieleśniania emocjonalnego (ang. *embodiment emotion*), według której percepcja emocji wiąże się z jej somatycznym i motorycznym doświadczeniem (Korb i in., 2015; Niedenthal, 2007). W przypadku kory somatosensorycznej, jej aktywność utożsamiana jest z odbieraniem wrażeń o dotyku, tak własnego jak i podczas obserwowania gdy ktoś inny jest dotykany (Blakemore, Bristow i Bird, 2005). Podsumowując, można powiedzieć, że w procesie empatyzowania aktywują się dokładnie te same struktury mózgu, które aktywują się podczas doświadczenia przez osobę badaną emocji. Wykazane przeze mnie korelacje aktywności kory somatosensorycznej z aktywnością mięśni mimicznych podczas *wykonywania* emocjonalnych reakcji mimicznych świadczą o tym, że osoby badane niejako cieleśnie doświadczały obserwowanych emocji. Warto podkreślić, że aktywność kory motorycznej wykazywana jest raczej podczas świadomego naśladowania obserwowanych ekspresji (Lii i in., 2006), a nie wtedy, gdy reakcje mimiczne pojawiają się spontanicznie podczas pasywnej obserwacji emocji wyrażanych na twarzy (Carr i in., 2003), co miało miejsce w przeprowadzonych przeze mnie badaniach.

Kolejna grupa struktur, której aktywność korelowała z aktywnością mięśniową, szczególnie w grupie osób o wysokim poziomie empatii, to **jądra podstawy** (ang. *basal ganglia*). Podstawowe funkcje jąder podstawy, a szczególnie skorupy (ang.

putamen) związane są głównie z planowaniem, koordynacją i wykonaniem ruchu (Marchand i in., 2008). Uzyskane przeze mnie wyniki zdają się wskazywać również na ich udział w *wykonywaniu* automatycznych reakcji mimicznych dla badanych emocji. Zgodnie z drugim nurtem badań jądra podstawy, a szczególnie skorupa bierze udział w doświadczaniu negatywnych emocji, takich jak wstręt (Sprengelmeyer i in., 1998; Surguladze i in., 2003), strach (Surguladze i in., 2003), czy złość (Muhlberger i in., 2011), a jej uszkodzenie może prowadzić do wybiórczej utraty umiejętności rozpoznawania negatywnych emocji (Kipps i in., 2007). Wydaje się zatem, że w grupie osób o wysokim poziomie empatii silniejsze reakcje mimiczne dla emocji strachu i wstrętu i ich związek z aktywnością jąder podstawy wynikać mogą w dużej mierze z ruchowego naśladowania obserwowanych ekspresji.

Podsumowując, na podstawie wyników badania aktywności mózgu wykazałam, że *percepcja* dynamicznych ekspresji emocjonalnych angażuje struktury mózgu zaliczane do podstawowej oraz rozszerzonej sieci neuronów lustrzanych, jak również struktury należącej do neuronalnej sieci przetwarzania twarzy. Wykazałam także związek między aktywnością mięśniową i aktywnością mózgu w obszarach odpowiedzialnych za naśladowanie ruchowe ekspresji, wskazując, że obszary te (zakręt czołowy dolny, dolny płacik ciemieniowy, bruzda skroniowa górna) biorą udział w *percepcji i wykonywaniu* ekspresji mimicznych. Wykazałam także związek między aktywnością mięśniową i aktywnością mózgu w obszarach mózgu utożsamianych z przetwarzaniem informacji o charakterze emocjonalnym, wskazując, że przednia część wyspy bierze udział w *wykonywaniu* mimicznych reakcji zarówno o pozytywnym i negatywnym znaku, a ciało migdałowe – wyłącznie o znaku negatywnym. Struktury, których aktywność najczęściej korelowała z aktywnością mięśniową podczas percepcji badanych emocji: radości, złości, strachu i wstrętu przedstawia rysunek poniżej (Rys.12).



Rysunek. 12. Struktury, których aktywność najczęściej korelowała z aktywnością mięśniową podczas percepcji radości, złości, strachu i wstrętu; źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie drugiej części osiągnięcia

Na podstawie obu przeprowadzonych badań, w których zastosowałam jednoczesną rejestrację sygnału EMG i sygnału BOLD w środowisku skanera magnetycznego określiłam neuronalne podłoże reakcji mimicznych podczas percepcji statycznych i dynamicznych mimicznych ekspresji.

1. Wykazałam, że obszary mózgu zaliczane do podstawowej sieci neuronów lustrzanych zaangażowanej w naśladowania ekspresji, rozszerzonej sieci neuronów lustrzanych związanej z procesami emocjonalnymi oraz neuronalnej sieci przetwarzania twarzy, biorą udział w *wykonywaniu* emocjonalnych reakcji mimicznych. Tym samym udowodniłam empirycznie, że system neuronów lustrzanych stanowi mózgowe podłoże emocjonalnych reakcji mimicznych.
2. Wykazałam, że aktywność struktur uczestniczących w *wykonywaniu* emocjonalnych reakcji mimicznych jest zależna od modalności bodźca. Dynamiczny charakter ekspresji emocjonalnej przekładał się na silniejsze aktywacje w obszarach związanych z percepcją twarzy, podstawową a także z rozszerzoną siecią neuronów lustrzanych.
3. Wykazałam, że zarówno u osób o wysokim jak i niskim poziomie empatii aktywność struktur utożsamianych z procesami emocjonalnymi tj. przedniej części kory wyspy oraz ciała migdałowatego odgrywa istotną rolę w powstawaniu reakcji mimicznych. Jednocześnie tylko u osób o wysokim poziomie empatii *wykonywaniu* reakcji mimicznych towarzyszy aktywność kory somatosensorycznej.

Podsumowanie i przyszłe kierunki badań

Przystawione badania własne stanowią zarówno teoretyczny jak i empiryczny wkład w dziedzinę psychologii podstawowej. Wyniki przeprowadzonych przeze mnie badań wskazują, że automatyczne reakcje mimiczne badane w warunkach biernej percepcji emocjonalnych ekspresji mimicznych podlegają modulacji. Zarówno dynamiczna modalność bodźca jak i wyższy poziom empatii emocjonalnej osób badanych przekładają się na silniejsze reakcje mimiczne. Wykazałam, że reakcje te są zgodne z obserwowaną emocją, a charakterystyczny dla każdej z emocji wzorzec aktywności mimicznej wskazuje, że podczas spostrzegania emocji zachodzi nie tylko transfer nastroju pozytywnego i/lub negatywnego, lecz ma miejsce afektywne odwzorowanie rodzaju emocji. Określiłam mózgowe podłoże automatycznych reakcji mimicznych. Odwołując się do hipotezy mimicznego sprzężenia zwrotnego, wykazałam, że pierwszy etap transferu stanów afektywnych, polegający na nieświadomym, ruchowym naśladowaniu obserwowanej ekspresji emocjonalnej, zachodzi w obszarach mózgu należących do podstawowej sieci neuronów lustrzanych (m.in. w zakręcie czołowym dolnym). Uwzględniając wyniki badań własnych i innych badań neuroobrazowych (Sato, Kochiyama i Uono i 2015) można przyjąć, że informacja o obserwowanych ekspresjach z brzozy skroniowej górnej

przekazywana jest do zakrętu czołowego dolnego oraz płacika ciemieniowego dolnego, gdzie powstaje ruchowa reprezentacja spostrzeganej ekspresji.

Wykazałam, że drugi etap transferu emocji, polegający na aktywacji u odbiorcy stanu emocjonalnego zgodnego z obserwowanym, w oparciu o tzw. sprzężenie zwrotne, zachodzi w strukturach mózgu zaliczanych do rozszerzonej sieci neuronów lustrzanych. W przypadku tego procesu, kluczową strukturą okazała się być przednia część wyspy, której aktywność utożsamiana jest ze stanem wzbudzenia emocjonalnego. Uważa się też, że struktura ta może łączyć sieć neuronów lustrzanych (zakręt czołowy dolny) z siecią odpowiedzialną za doświadczanie emocji (Prochazkova i Kret, 2017). Wskazują na to jej połączenia anatomiczne i funkcjonalne z układem limbicznym, w szczególności z ciałem migdałowatym.

Wyniki moich badań zdają się też wspierać koncepcję percepcji emocji, odnoszącą się do relacji pomiędzy aktywnością dolnego zakrętu czołowego a przednią częścią wyspy (Jabbi i Keyser, 2008). Wykorzystując analizę efektywnych połączeń w mózgu (ang. *effective connectivity*), wykazano, że percepcja emocjonalnych ekspresji w pierwszej kolejności aktywuje dolny zakręt czołowy (tzw. „zimna symulacja”; ang. *cold simulation*), dopiero po tej aktywacji pojawia się aktywność w okolicy przedniej części wyspy (tzw. „gorąca symulacja”; ang. *hot simulation*). Co istotne, w badaniu tym (Jabbi i Keyser, 2008), percepcja neutralnych ekspresji twarzy wiązała się tylko z procesem „zimnej” symulacji. W świetle powyższych danych uzyskane przeze mnie wyniki analiz korelacji aktywności mięśni i aktywności mózgu podczas spostrzegania ekspresji emocjonalnych wskazują, że reakcje mimiczne wiążą się zarówno z procesem „zimnej”, jak i „gorącej” symulacji. Innymi słowy, możemy przyjąć, że reakcje te nie są wynikiem wyłącznie ruchowego naśladowania, lecz także afektywnego odwzorowania. Założenie to wydaje się być zasadne szczególnie w kontekście percepcji naturalnych (dynamicznych) ekspresji emocjonalnych oraz w badaniu osób o wysokim poziomie empatii emocjonalnej, które cechuje wrażliwość na emocje innych. Weryfikację założenia o występowaniu procesu „zimnej”, „gorącej” symulacji planuję przeprowadzić w odniesieniu do zebranych wyników własnych, obu badań łącznie (Rymarczyk i in., 2018, 2019), wykorzystując analizę efektywnych połączeń w mózgu.

W moich przyszłych badaniach planuję kontynuację badań nad automatycznymi reakcjami mimicznymi, jednak tym razem z uwzględnieniem kontekstu społecznego. W 2018 roku rozpoczęłam współpracę z prof. Wataru Sato z Uniwersytetu z Kioto, z którym przeprowadziłam międzykulturowe badanie dotyczące nieświadomych procesów afektywnych w odniesieniu do preferencji żywieniowych; obecnie trwają prace nad przygotowaniem publikacji.

Literatura cytowana

- Adolphs, R. (2002). Neural systems for recognizing emotion. *Current Opinion in Neurobiology*, 12(2), 169–177. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(02\)00301-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(02)00301-X)
- Adolphs, R., Gosselin, F., Buchanan, T.W., Tranel, D., Schyns, P., Damasio, A. (2005). A mechanism for impaired fear recognition after amygdala damage. *Nature*, 433, 68–72.
- Ambadar, Z., Schooler, J. W., Cohn, J. F. (2005). Deciphering the Enigmatic Face: The Importance of Facial Dynamics in Interpreting Subtle Facial Expressions. *Psychological Science*, 16(5), 403–410. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2005.01548.x>
- Arsalidou, M., Morris, D., Taylor, M. J. (2011). Converging evidence for the advantage of dynamic facial expressions. *Brain Topography*, 24(2), 149–163. <https://doi.org/10.1007/s10548-011-0171-4>

- Baird, A. D., Scheffer, I. E., Wilson, S. J. (2011). Mirror neuron system involvement in empathy: a critical look at the evidence. *Soc. Neurosci.* 6, 327–335. doi: 10.1080/17470919.2010.547085
- Barr, C. L., Kleck, R. (1995). Self-other perception of the intensity of facial expression of emotions: Do we know what we show? *Journal of Personality and Social Psychology*, 68, 608–618.
- Bastiaansen, J. A. C. J., Thioux, M., Keysers, C. (2009). Evidence for mirror systems in emotions. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci.* 364, 2391–2404. doi: 10.1098/rstb.2009.0058
- Beaupré, M.G., Hess, U. (2005). Cross-cultural emotion recognition among Canadian ethnic groups. *Journal of Cross-cultural Psychology*, 36, 3, 355–370.
- Bartels, A., Logothetis, N. K., Moutoussis, K. (2008). fMRI and its interpretations: an illustration on directional selectivity in area V5/MT. *Trends in Neurosciences*, 31(9), 444–453. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.06.004>
- Bernstein, M., Yovel, G. (2015). Two neural pathways of face processing: A critical evaluation of current models. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 55, 536–546. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.06.010>
- Biaggio, M. K. (1980). Assessment of anger arousal. *Journal of Personality Assessment*, 44, 289–298.
- Blairy, S., Herrera, P., Hess, U. (1999). Mimicry and the Judgement of Emotional Facial Expressions. *Journal of Nonverbal Behavior*, 23(1), 5–41. <https://doi.org/10.1023/A:1021370825283>
- Blakemore, S.J., Bristow, D., Bird, G. (2005). Somatosensory activations during the observation of touch and a case of vision-touch synaesthesia. *Brain*, 128: 1571–1583.
- Brett, M., Anton, J. L., Valabregue, R., Poline, J. B. (2002). Region of interest analysis using an SPM toolbox. In *NeuroImage*. Sendai, Japan: 8th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain.
- Bourgeois, P., Hess, U. (2008). The impact of social context on mimicry. *Biol Psychol.* 77: 343–352.
- Buss, D., M. (1999) Evolutionary psychology: the new science of the mind. Allyn and Bacon, Boston
- Cacioppo, J. T., Petty, R. E., Losch, M. E., Kim, H. S. (1986). Electromyographic activity over facial muscle regions can differentiate the valence and intensity of affective reactions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50(2), 260–268. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.50.2.260>
- Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., Berntson, G. G. (2007). "Psychophysiological science: interdisciplinary approaches to classic questions about the mind," in *Handbook of Psychophysiology*, eds J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, and G. Berntson (Cambridge: Cambridge University Press), 1–17. doi: 10.1017/CBO9780511546396
- Calder, A.J., Young, A.W., Rewland, D., Perrett, D.I., Hodges, J.R., Etcoff, N.L. (1996). Facial emotion recognition after bilateral amygdala damage: differentially severe impairment of fear. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 699–745.
- Carr, Iacoboni, Dubeau, Mazziotta, Lenzi. (2003). Neural mechanisms of empathy in humans: A relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(9), 5497–5502. <https://doi.org/10.1073/pnas.0935845100>
- Chartrand, T. L., Bargh, J. A. (1999). The chameleon effect: The perception-behavior link and social interaction. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76(6), 893–910. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.76.6.893>
- Decety, J., Ickes, W. (2011). The social neuroscience of empathy: MIT Press.
- de Waard, D. (1996). *The measurement of drivers' mental workload*. Traffic Research Centre, University of Groningen.
- Dimberg, U. (1982). Facial Reactions to Facial Expressions. *Psychophysiology*, 19(6), 643–647. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1982.tb02516.x>
- Dimberg, U., Andréasson, P., Thunberg, M. (2011). Emotional empathy and facial reactions to facial expressions. *Journal of Psychophysiology*, 25(1), 26–31. <https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000029>
- Dimberg, U., Lundquist, L. O. (1990). Gender differences in facial reactions to facial expressions. *Biological Psychology*, 30(2), 151–159. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(90\)90024-Q](https://doi.org/10.1016/0301-0511(90)90024-Q)
- Dimberg, U., Thunberg, M. (1998). Rapid facial reactions to emotional facial expressions. *Scandinavian Journal of Psychology*, 39(1), 39–45. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00054>
- Dimberg, U., Thunberg, M., Elmehed, K. (2000). Unconscious facial reactions to emotional facial expressions. *Psychological Science: A Journal of the American Psychological Society / APS*, 11(1), 86–89. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00221>
- Dimberg, U., Thunberg, M., Grunedal, S. (2002). Facial reactions to emotional stimuli: Automatically controlled emotional responses. *Cognition and Emotion*, 16(4), 449–471. <https://doi.org/10.1080/02699930143000356>
- Ekman, P., Davidson, R. J., Friesen, W. V. (1990). The Duchenne smile: emotional expression and brain physiology. II. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2), 342–353.

- Ekman, P., Friesen, W. V. (1976). *Pictures of Facial Affect. Emotion*. Consulting psychologists Press. <https://doi.org/citeulike:4270156>
- Ekman, P., Friesen, W. V. (1982). Felt, false, and miserable smiles. *Journal of Nonverbal Behavior*, 6(4), 238–252. <https://doi.org/10.1007/BF00987191>
- Ekman, P., Levenson, R. W., Friesen, W. V. (1983). Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science* 221, 1208–1210. doi: 10.1126/science.6612338
- Furl, N., Henson, R. N., Friston, K. J., Calder, A. J. (2015). Network interactions explain sensitivity to dynamic faces in the superior temporal sulcus. *Cereb. Cortex* 25, 2876–2882. doi: 10.1093/cercor/bhu083
- Fusar-Poli, P., Placentino, A., Carletti, F., Allen, P., Landi, P., Abbamonte, M., ... Politi, P. L. (2009). Laterality effect on emotional faces processing: ALE meta-analysis of evidence. *Neuroscience Letters*, 452(3), 262–267. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.01.065>
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain: A Journal of Neurology*, 119 (Pt 2), 593–609.
- Hall, J.A. (1984). *Nonverbal sex differences: Communication accuracy and expressive style*. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.
- Hatfield, E., Cacioppo, J. T., Rapson, R. L. (1992). Primitive emotional contagion. In M. S. Clark (Ed.), *Emotion and social behavior* (pp. 151–177). Sage Publications.
- Hatfield, E., Cacioppo, J. T., Rapson, R. L. (1994). *Emotional contagion*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Haxby, J. V., Gobbini, M. I. (2011). *Distributed Neural Systems for Face Perception*. *Oxford Handbook of Face Perception*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199559053.013.0006>
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223–233. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01482-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01482-0)
- Hess, U., Fischer, A. (2013). Emotional Mimicry as Social Regulation. *Personality and Social Psychology Review*, 17(2), 142–157. <https://doi.org/10.1177/1088868312472607>
- Hess, U., Fischer, A. (2014). Emotional mimicry: why and when we mimic emotions. *Soc. Pers. Psychol. Compass* 8, 45–57. doi: 10.1111/spc3.12083
- Hess, U., Philippot, P., Blairy, S. (1998). Facial Reactions to Emotional Facial Expressions: Affect or Cognition? *Cognition and Emotion*, 12(4), 509–531. <https://doi.org/10.1080/026999398379547>
- Horstmann, G., Ansorge U. (2009). Visual Search for Facial Expressions of Emotions: A Comparison of Dynamic and Static Faces. *Emotion*, 9, 29–38.
- Iacoboni, M. (2009). Imitation, Empathy, and Mirror Neurons. *Annual Review of Psychology*, 60(1), 653–670. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.60.110707.163604>
- Jabbi, M., Keysers, C. (2008). Inferior frontal gyrus activity triggers anterior insula response to emotional facial expressions. *Emotion*, 8(6), 775–780. <https://doi.org/10.1037/a0014194>
- Jankowiak-Siuda, K., Rymarczyk, K., Grabowska, A. (2011). How we empathize with others: a neurobiological perspective. *Medical Science Monitor*, 17 (1), 18–24
- Kamachi, M., Bruce, V., Mukaida, S., Gyoba, J., Yoshikawa, S., Akamatsu, S. (2001). Dynamic properties influence the perception of facial expressions. *Perception*, 30, 875–887.
- Kessler, H., Doyen-Waldeck, C., Hofer, C., Hoffmann, H., Traue, H. C., Abler, B. (2011). Neural correlates of the perception of dynamic versus static facial expressions of emotion. *Psycho-Social Medicine*, 8, 8. <https://doi.org/10.3205/psm000072>
- Kilts, C. D., Egan, G., Gideon, D. a, Ely, T. D., Hoffman, J. M. (2003). Dissociable Neural Pathways Are Involved in the Recognition of Emotion in Static and Dynamic Facial Expressions. *NeuroImage*, 18(1), 156–168. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1323>
- Kipps, C. M., Duggins, A. J., McCusker, E. A., Calder, A. J. (2007). Disgust and Happiness Recognition Correlate with Anteroventral Insula and Amygdala Volume Respectively in Preclinical Huntington's Disease. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(7), 1206–1217. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.7.1206>
- Korb, S., Grandjean, D., Scherer, K. R. (2010). Timing and voluntary suppression of facial mimicry to smiling faces in a Go/NoGo task—An EMG study. *Biological Psychology*, 85(2), 347–349. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.07.012>
- Korb, S., Malsert, J., Rochas, V., Rihs, T. A., Rieger, S. W., Schwab, S., ... Grandjean, D. (2015). Gender differences in the neural network of facial mimicry of smiles – An rTMS study. *Cortex*, 70(July), 101–114. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.06.025>
- Koski, L., Wohlschläger, A., Bekkering, H., Woods, R. P., Dubeau, M.-C., Mazziotta, J. C., Iacoboni, M. (2002). Modulation of Motor and Premotor Activity during Imitation of Target-directed Actions.

- Cerebral Cortex*, 12(8), 847–855. <https://doi.org/10.1093/cercor/12.8.847>
- Kring, A. M. Gorgon, A. H. (1998). Sex differences in emotion: expression, experience, and physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 686–703.
- Krumhuber, E. G., Kappas, A., Manstead, A. S. R. (2013). Effects of Dynamic Aspects of Facial Expressions: A Review. *Emotion Review*, 5(1), 41–46. <https://doi.org/10.1177/1754073912451349>
- LaFrance, M., Hecht, M. a, Paluck, E. L. (2003). The contingent smile: A meta-analysis of sex differences in smiling. *Psychological Bulletin*, 129(2), 305–334. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.129.2.305>
- Lee, T.-W., Josephs, O., Dolan, R. J., Critchley, H. D. (2006). Imitating expressions: emotion-specific neural substrates in facial mimicry. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1(2), 122–135. <https://doi.org/10.1093/scan/nsi012>
- Leslie, K. R., Johnson-Frey, S. H., Grafton, S. T. (2004). Functional imaging of face and hand imitation: towards a motor theory of empathy. *NeuroImage*, 21(2), 601–607. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.09.038>
- Light SN, Moran ZD, Swander L, Le V, Cage B, Burghy C, I in.. (2015). Electromyographically assessed empathic concern and empathic happiness predict increased prosocial behavior in adults. *Biol Psychol. Elsevier B.V.*: 104: 116–29. doi: 10.1016/j.biopsycho.2014.11.015
- Likowski, K. U., Mühlberger, A., Gerdes, A. B. M., Wieser, M. J., Pauli, P., Weyers, P. (2012). Facial mimicry and the mirror neuron system: simultaneous acquisition of facial electromyography and functional magnetic resonance imaging. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(July), 214. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00214>
- Lundquist, L. O., Dimberg, U. (1995). Facial expressions are contagious. *J. Psychophysiol.* 9, 203–211.
- Marchand, W. R., Lee, J. N., Thatcher, J. W., Hsu, E. W., Rashkin, E., Suchy, Y., ... Barbera, S. S. (2008). Putamen coactivation during motor task execution. *NeuroReport*, 19(9), 957–960. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e328302c873>
- Messinger, D. S., Fogel, A., Dickson, K. L. (2001). All smiles are positive, but some smiles are more positive than others. *Developmental Psychology*, 37(5), 642–653. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.5.642>
- Mühlberger, A., Wieser, M. J., Gerdes, A. B. M., Frey, M. C. M., Weyers, P., Pauli, P. (2011). Stop looking angry and smile, please: start and stop of the very same facial expression differentially activate threat- and reward-related brain networks. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 6(3), 321–329. <https://doi.org/10.1093/scan/nsq039>
- Mukamel, R., Ekstrom, A. D., Kaplan, J., Iacoboni, M., Fried, I. (2010). Single-Neuron Responses in Humans during Execution and Observation of Actions. *Current Biology*, 20(8), 750–756. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.02.045>
- Murata, A., Saito, H., Schug, J., Ogawa, K., Kameda, T. (2016). Spontaneous Facial Mimicry Is Enhanced by the Goal of Inferring Emotional States: Evidence for Moderation of “Automatic” Mimicry by Higher Cognitive Processes. *PLOS ONE*, 11(4), e0153128. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153128>
- Niedenthal, P. M. (2007). Embodying emotion. *Science*, 316, 1002–1005
- Nowicki, S. J. R. Hartigan M. (1988). Accuracy of facial affect recognition as a function of locus of control orientation and anticipated interpersonal interaction. *Journal of Social Psychology*, 128, 363–372.
- Pelphrey, K. a, Mitchell, T. V., McKeown, M. J., Goldstein, J., Allison, T., McCarthy, G. (2003). Brain activity evoked by the perception of human walking: controlling for meaningful coherent motion. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 23(17), 6819–6825.
- Pohl, A., Anders, S., Schulte-Rüther, M., Mathiak, K., Kircher, T. (2013). Positive facial affect – an fMRI study on the involvement of insula and amygdala. *PLoS One* 8:e69886. doi: 10.1371/journal.pone.0069886
- Preston, S. D., de Waal, F. B. M. (2002). Empathy: its ultimate and proximate bases. *Behav. Brain Sci.* 25, 1–20; discussion 20–71.
- Prochazkova, E., Kret, M. E. (2017). Connecting minds and sharing emotions through mimicry: A neurocognitive model of emotional contagion. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 80(October 2016), 99–114. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.05.013>
- Rizzolatti, G., Craighero, L. (2004). The Mirror-Neuron System. *Annual Review of Neuroscience*, 27(1), 169–192. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor

- actions. *Cognitive Brain Research*, 3(2), 131–141. [https://doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00038-0](https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)00038-0)
- Rotter, N. G., Rotter G. S. (1988). Sex differences in encoding and decoding of negative facial emotion. *Journal of Nonverbal Behaviour*, 12, 139–148.
- Rymarczyk, K., Biele, C., Grabowska A. (2010). Różnice płciowe w ocenie intensywności mimicznych ekspresji: złości i radości. *Studia Psychologiczne*, 48 (4): 47–55
- Rymarczyk, K., Grabowska A. (2007). Sex differences in brain control of prosody. *Neuropsychologia*, 45: 921–930.
- Rymarczyk, K., Biele, C., Grabowska, A., Majczynski, H. (2011). EMG activity in response to static and dynamic facial expressions. *International Journal of Psychophysiology*, 79(2), 330–333. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.11.001>
- Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2016a). Do Dynamic Compared to Static Facial Expressions of Happiness and Anger Reveal Enhanced Facial Mimicry? *PLOS ONE*, 11(7), 15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158534>
- Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2016b). Emotional Empathy and Facial Mimicry for Static and Dynamic Facial Expressions of Fear and Disgust. *Frontiers in Psychology*, 7(November), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01853>
- Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2018). Neural Correlates of Facial Mimicry: Simultaneous Measurements of EMG and BOLD Responses during Perception of Dynamic Compared to Static Facial Expressions. *Frontiers in Psychology*, 9(February), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00052>
- Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., Szatkowska, I. (2019). Empathy in facial mimicry of fear and disgust: simultaneous EMG-fMRI recordings during observation of static and dynamic facial expressions, *Frontiers in Psychology* 10:701, doi: 10.3389/fpsyg.2019.00701
- Seara-Cardoso, A., Dolberg, H., Neumann, C., Roiser, J., Viding, E. (2013). Empathy, morality and psychopathic traits in women. *Pers. Individ. Dif.* 55, 328–333. doi: 10.1016/j.paid.2013.03.011
- Sarkheil, P., Goebe, R., Schneider, F., Mathiak, K. (2013). Emotion unfolded by motion: A role for parietal lobe in decoding dynamic facial expressions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(8), 950–957. <https://doi.org/10.1093/scan/nss092>
- Sato, W., Fujimura, T., Suzuki, N. (2008). Enhanced facial EMG activity in response to dynamic facial expressions. *International Journal of Psychophysiology*, 70(1), 70–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.06.001>
- Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S. (2015). Spatiotemporal neural network dynamics for the processing of dynamic facial expressions. *Scientific Reports*, 5(1), 12432. <https://doi.org/10.1038/srep12432>
- Schneider, F., Gur, R. C., Gur, R. E., Muenz, L. R. (1994). Standardized mood induction with happy and sad facial expressions. *Psychiatry Research*, 51(1), 19–31.
- Seibt, B., Mühlberger, A., Likowski, K. U., Weyers, P. (2015). Facial mimicry in its social setting. *Frontiers in Psychology*, 6(August), 1122. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01122>
- Sims, T. B., Van Reekum, C. M., Johnstone, T., Chakrabarti, B. (2012). How reward modulates mimicry: EMG evidence of greater facial mimicry of more rewarding happy faces. *Psychophysiology*, 49(7), 998–1004. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01377.x>
- Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J., Kaube, H., J. Dolan, R., Frith, C. D. (2004). Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain, 303(FEBRUARY), 1157–1163. <https://doi.org/10.1126/science.1093535>
- Sonnby-Borgström, M. (2002). Automatic mimicry reactions as related to differences in emotional empathy. *Scandinavian Journal of Psychology*, 43(5), 433–443. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00312>
- Sprengelmeyer, R., Rausch, M., Eysel, U. T., Przuntek, H. (1998). Neural structures associated with recognition of facial expressions of basic emotions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 265(1409), 1927–1931. <https://doi.org/10.1098/rspb.1998.0522>
- Styliadis, C., Ioannides, A. A., Bamidis, P. D., Papadelis, C. (2014). Amygdala responses to valence and its interaction by arousal revealed by MEG. *International Journal of Psychophysiology*, 93(1), 121–133. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.05.006>
- Surguladze, S. A., Brammer, M. J., Young, A. W., Andrew, C., Travis, M. J., Williams, S. C. R., Phillips, M. L. (2003). A preferential increase in the extrastriate response to signals of danger. *NeuroImage*, 19(4), 1317–1328. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00085-5](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00085-5)
- Thayer, J. F. Johnsen B. H. (2000). Sex differences in judgement of facial affect: A multivariate analysis of recognition errors. *Scandinavian Journal of Psychology*, 41, 243–246.
- Trautmann, S. A., Fehr, T., Herrmann, M. (2009). Emotions in motion: dynamic compared to static facial expressions of disgust and happiness reveal more widespread emotion-specific activations. *Brain Research*, 1284, 100–115. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.05.075>

- Van, Boxtel, A. Jessurun, M. (1993). Amplitude and bilateral coherency of facial and jaw-elevator EMG activity as an index of effort during a two-choice serial reaction task. *Psychophysiology*, 30, 589-604.
- van der Gaag, C., Minderaa, R. B., Keysers, C. (2007a). Facial expressions: What the mirror neuron system can and cannot tell us. *Social Neuroscience*, 2(3-4), 179-222. <https://doi.org/10.1080/17470910701376878>
- Van der Gaag, C., Minderaa, R. B., Keysers, C. (2007b). The BOLD signal in the amygdala does not differentiate between dynamic facial expressions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2(2), 93-103. <https://doi.org/10.1093/scan/nsm002>
- van der Schalk, J., Hawk, S. T., Fischer, A. H., Doosje, B. (2011). Moving faces, looking places: Validation of the Amsterdam Dynamic Facial Expression Set (ADFES). *Emotion*, 11(4), 907-920. <https://doi.org/10.1037/a0023853>
- Weyers, P., Muhlberger, A., Hefele, C., Pauli, P. (2006). Electromyographic responses to static and dynamic avatar emotional facial expressions. *Psychophysiology*, 43(5), 450-453. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00451.x>
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J. P., Gallese, V., Rizzolatti, G. (2003). Both of us disgusted in My insula: The common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*, 40(3), 655-664. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00679-2](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00679-2)
- Wróbel, M. (2008). O transferze emocji i nastrojów między ludźmi – mechanizm i psychologiczne wyznaczniki zarażenia afektywnego *Psychologia Społeczna* 3 (8) 210-230.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

W tej sekcji przedstawiam inne, wybrane dokonania związane z moją aktywnością naukowo-badawczą.

• Badania kliniczne

W czasie mojej pracy zawodowej zawsze interesowały mnie zagadnienia kliniczne, w tym wpływ uszkodzeń mózgu na funkcjonowanie pacjentów. Odzwierciedleniem tych zainteresowań jest mój udział w przeprowadzonych badaniach klinicznych, jak również prowadzona przeze mnie przez lata, terapia neuropsychologiczna pacjentów w Poradni Klinicznej dla Chorych z Afazją (Centralny Szpital Kliniczny, Warszawa).

Neuronalne podłoże funkcji wykonawczych

Celem badań było określenie, które komponenty funkcji wykonawczych tj. pamięć robocza, hamowanie reakcji czy przełączanie uwagi ulegną zaburzeniu w przypadku uszkodzeń czołowych, a które będą łączyć się z dysfunkcją sieci czołowo-ciemieniowo-prążkowiowych u pacjentów z chorobą Parkinsona. Wykazaliśmy, że tylna-przyśrodkowa część brzusznej prawej kory przedczołowej jest kluczowa dla procesu hamowania, zaś struktury położone lewostronnie odgrywają rolę w procesach przełączania uwagi między bodźcami. Wyniki tego badania opublikowane zostały w artykule:

1. Szatkowska, I., Szymańska, O., Marchewka, A., Soluch, P., Rymarczyk, K. (2011). Dissociable contributions of the left and right posterior medial orbitofrontal cortex in motivational control of goal-directed behavior. *Neurobiology of Learning and Memory*, 96 (2): 385-391.

Badanie neuroobrazowe pacjentów z chorobą Parkinsona wskazało, że neuronalne korelaty zaburzeń poszczególnych komponentów funkcji wykonawczych są w dużym stopniu odrębne. Jednocześnie wszystkie one okazały się być związane z aktywnością sieci czołowo-ciemieniowo-prążkowiowych. Wyniki tego badania opublikowane zostały w artykule:

2. Gawryś, L., Falkiewicz, M., Pilaciński, A., Riegel, M., Piątkowska-Janko, E., Bogorodzki, P., Wolak, T., Andrysiak, R., Królicki, L., Kuliński, L., Koziorowski, D., Janik, P., **Rymarczyk, K.**, Grabowska, A., Kaczmarek, L., Szatkowska, I. (2014). The Neural Correlates of Specific Executive Dysfunctions in Parkinson's Disease. *Acta Neurobiologiae Experimentalis* 74 (4): 465-478.

Mój wkład w przygotowanie obu publikacji polegał głównie na przeprowadzeniu analiz statystycznych wybranych testów neuropsychologicznych.

Funkcjonowanie emocjonalne i poznawcze pacjentów psychiatrycznej opieki zdrowotnej

Celem badania z udziałem pacjentów z chorobą Alzheimera była ocena zdolności rozpoznawania zapachów oraz ustalenie związku między deficytami węchowymi a zaburzeniami poznawczymi. Zaproponowana przez nas nowa procedura badawcza polegająca na podaniu nazwy zapachu (ang. *absolute identification*) w porównaniu do standardowej procedury polegającej na wyborze nazwy z listy (ang. *forced choice*) okazała się być przydatnym narzędziem przesiewowym do diagnozy choroby Alzheimera. Wyniki tego badania opublikowane zostały w artykule, w którym jestem autorem korespondencyjnym:

1. Makowska, I., Kłoszewska, I., Grabowska, A., Szatkowska, I., **Rymarczyk, K.** (2011). Olfactory deficits in normal aging and Alzheimer's disease in the Polish elderly population. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 26: 270–279.

W kolejnym badaniu, w którym wzięli udział pacjenci ze schizofrenią ocenialiśmy stopień ich wzbudzenia emocjonalnego podczas spostrzegania emocjonalnych bodźców. Tej tematyce poświęciliśmy również pracę przeglądową:

2. **Rymarczyk, K.**, Makowska, I., Pluta, A. (2013). Ocena wzbudzenia emocjonalnego w schizofrenii. *Studia Psychologiczne*, 51 (2): 17-28
3. Makowska, I., **Rymarczyk, K.**, Kłoszewska I. (2008). Procesy emocjonalne w schizofrenii. *Psychiatria i Psychologia Kliniczna*, 3: 164-169.

Tematyka dotycząca funkcjonowania pacjentów psychiatrycznej opieki zdrowotnej została także ujęta w pracy przeglądowej dotyczącej mechanizmów plastyczności mózgowej, m.in. w kontekście procesów neurogenezy:

4. **Rymarczyk, K.**, Makowska, I., Pałka-Szafraniec, K. (2015). Plastyczność dorosłej kory mózgowej. *Aktualności Neurologiczne*, 15 (2): 80-87.

We wszystkich ww. publikacjach mój wkład w ich przygotowanie polegał na współudziale w przygotowaniu manuskryptu.

Celem kolejnej pracy z udziałem grupy klinicznej, pacjentów uzależnionych od benzodiazepin, było sprawdzenie, czy oprócz powszechnie notowanych deficytów w zakresie funkcjonowania poznawczego, wystąpią u nich także deficyty w zakresie zdolności rozpoznawania emocji z twarzy oraz zdolności empatyzowania. Przeprowadzone badanie pokazało, że deficyty rozpoznawania emocji z twarzy, szczególnie negatywnych nie wynikały z obniżonego poziomu empatii. Co więcej obserwowane deficyty okazały się być niezależne od fazy detoksykacji pacjentów. Wyniki tego badania opublikowane zostały w artykule:

5. Żurowska, N., Kałwa, A., **Rymarczyk, K.**, Habrat, B. (2018). Recognition of emotional facial expressions in benzodiazepine dependence and detoxification. *Cognitive Neuropsychiatry*, 1-14.

Mój wkład w przygotowanie publikacji polegał na współudziale w przygotowaniu manuskryptu, jak również na przeprowadzeniu analiz statystycznych.

Mózgowe podłoże emocji

Zagadnienie dotyczące wpływu uszkodzenia mózgu na funkcjonowanie pacjentów, w tym na zdolność rozpoznawania emocji z twarzy scharakteryzowałam w opracowaniu teoretycznym:

1. **Rymarczyk, K.**, Sobczak, P. (2018). Neurofizjologiczny składnik emocji – mózgowe podłoże emocji oraz strategie pomiaru (s.130-170). W: Gasiul H (red.): *Metody badania emocji i motywacji*. Wyd. Difin.
 - Mój wkład w powstanie tej publikacji polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, zebraniu literatury oraz napisaniu manuskryptu pracy.

• Charakterystyka procesów empatycznych

W trakcie mojej pracy zawodowej nawiązałam współpracę z dr Kamilą Jankowiak-Siudą z Uniwersytetu SWPS, specjalistą w zakresie zagadnienia empatii bólu. Wynikiem tej współpracy są następujące publikacje:

Praca przeglądowa na temat mózgowego podłoża empatii i czynników modyfikujących tę reakcję:

1. Jankowiak-Siuda, K., **Rymarczyk, K.**, Grabowska, A. (2011). How we empathize with others: a neurobiological perspective. *Medical Science Monitor*, 17 (1), 18–24.

Mój wkład w przygotowanie publikacji polegał na przygotowaniu części dotyczącej mechanizmu neuronów lustrzanych.

W kolejnym badaniu dotyczącym określenia neuronalnego podłoża reakcji empatycznej na ból, z uwzględnieniem czynnika płci i atrakcyjności fizycznej

aktora, brałam udział w przygotowaniu bazy filmów. Uczestniczyłam w nagraniach i pierwszych etapach walidacji bazy. Obecnie, przygotowana baza filmów może być wykorzystywana w badaniach dotyczących empatii bólu. Wyniki badania potwierdziły, że jest to baza, użycie której będzie prowadzić do wywołania aktywności struktur mózgowych związanych z empatią. Wyniki tego badania opublikowane zostały w artykule :

2. Jankowiak-Siuda, K., **Rymarczyk, K.**, Żurawski, L., Jednoróg, K., Marchewka, A. (2015). Physical attractiveness and sex as modulatory factors of empathic brain responses to pain. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 9(236). <http://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00236>

W kolejnym badaniu, tym razem z zastosowaniem techniki EMG wykorzystaliśmy wcześniej przygotowaną bazę filmów obrazujących reakcję na ból. Po raz pierwszy w literaturze wskazałyśmy na udział czynników modulujących reakcję empatyczną dla bólu już na etapie reakcji mimicznej. Wyniki tego badania opublikowane zostały w artykule:

3. Jankowiak-Siuda, K., Duszyk, A., Bujwid, K., Dopierała, A., **Rymarczyk, K.**, Grabowska, A. (2019). Empathic responses for pain in facial muscles are modulated by actor's attractiveness and sex, and perspective taken by observer, *Frontiers in Psychology* 10:624. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00624

W ww. pracach uczestniczyłam głównie w dyskusji na temat wyników i opracowywaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów do manuskryptów.

Wspólnie z dr Kamilą Jankowiak-Siudą oraz innymi współautorami przygotowaliśmy adaptację narzędzia: Testu do identyfikacji stanów emocjonalnych na podstawie oczu - Reading in Mind Test (RMET). Wskaźniki rzetelności i trafności teoretycznej pozwalają sądzić, że będzie to narzędzie powszechnie stosowane do badania empatii poznawczej.

4. Jankowiak-Siuda, K., Baron-Cohen, S., Białaszek, W., Dopierała, A., Kozłowska, A., **Rymarczyk, K.** (2016). Psychometric evaluation of the "Reading the mind in the eyes" test with samples of different ages from a Polish population. *Studia Psychologica*, 58(1), 18–31.

W ramach adaptacji brałam udział w opracowaniu wyników oraz opracowywaniu polskiej wersji językowej na etapie tłumaczenia.

- **Mózgowa reprezentacja ręczności**

Kolejny obszar mojej działalności naukowej dotyczy neuronalnego podłoża ręczności. Pierwsza z publikacji omawia organizację mózgu osób dorosłych i konsekwentnie praworęcznych, zaś druga zestawia wzorce aktywacji mózgu uzyskane podczas ruchów prostych i złożonych prawej i lewej ręki zarówno dorosłych osób praworęcznych, jak i silnie i konsekwentnie leworęcznych, ale przede wszystkim – przedstawionych w dzieciństwie z leworęczności na praworęczność. Oba badanie przeprowadzone zostały z wykorzystaniem funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI). Wykazaliśmy, że zmiany w preferencji i sprawności ręki

(lateralizacji behawioralnej) idą w parze z lateralizacją na poziomie mózgu. Uzyskane wyniki zostały opublikowane w dwóch artykułach:

1. Gut M., Urbanik A., Forsberg L., Binder M., **Rymarczyk K.**, Sobiecka B., Kozub J., Grabowska A. (2007). Brain correlates of right-handedness. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 67: 43-51.
2. Grabowska, A., Gut, M., Binder, M., Forsberg, L., **Rymarczyk, K.**, Urbanik, A. (2012) .Switching handedness: fMRI study of hand motor control in right-handers, left-handers and converted left-handers. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 72 (4): 439–451.

W przypadku obu artykułów brałam udział w przygotowaniu manuskryptów.

Neurobiologia rozwoju

W czasie mojej aktywności naukowej interesowała mnie także tematyka neurofizjologicznego rozwoju dziecka, w tym wpływ doświadczenia na rozwój układu nerwowego, jak również mózgowe podłoże zaburzeń neurorozwojowych. Wielokrotnie wygłaszałam wykłady poświęcone tej tematyce, jak również przygotowałam następujące opracowania teoretyczne:

1. **Rymarczyk, K.** (2015). Neurofizjologiczne uwarunkowania rozwoju dziecka – wpływ doświadczenia na rozwój układu nerwowego (str. 80-109). W: R. Piotrowicz (red.). *Interdyscyplinarne uwarunkowania rozwoju małego dziecka. Wybrane zagadnienia* Warszawa: Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej.
2. **Rymarczyk, K.** (2016). Co się dzieje w głowie małego dziecka- o wpływie doświadczeń na rozwój mózgu. aktywność ruchowa a mózg (str. 52-71). W: R. Piotrowicz (red.). *Małe dziecko- dużo pomysłów. wybrane obszary wspomagania rozwoju*. Warszawa: Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej.
3. Piotrowicz, R., **Rymarczyk, K.** (2016). Niepełnosprawność intelektualna- neurofizjologiczne zaburzenia rozwoju (str. 155-177). W: A. Rozetti, F. Rybakowski (red.). *Spektrum autyzmu – neurorozwojowe zaburzenia współwystępujące*. Łódź-Warszawa: Krajowe Towarzystwo Autyzmu.

Dwa pierwsze z tej serii artykuły przygotowałam samodzielnie; w drugim mój wkład polegał na opracowaniu części dotyczącej mózgowego podłoża zespołu Downa i zespołu łamliwego chromosomu.