

Warszawa, 28 luty 2018

Łukasz Okruszek
Instytut Psychologii
Polskiej Akademii Nauk
lukasz.okruszek@psych.pan.pl

AUTOREFERAT

1. Imię i Nazwisko: Łukasz Okruszek

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

- Uniwersytet Warszawski, Wydział Psychologii. Stacjonarne studia doktoranckie z psychologii. Tytuł pracy doktorskiej: „Ocena wpływu pobudzenia emocjonalnego na funkcjonowanie poznawcze chorych na schizofrenię z uwzględnieniem wskaźników neurofizjologicznych i neuropsychologicznych.” (2012-2016). Zakończone uzyskaniem stopnia **doktora psychologii** (16.11.2016).

- Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk o Wychowaniu. Studia magisterskie z psychologii. Zakończone uzyskaniem tytułu **magistra psychologii** (2006-2012).

- Politechnika Łódzka, Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej. Studia magisterskie z matematyki. Zakończone uzyskaniem tytułu **magistra matematyki** z wyróżnieniem (2005-2010).

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

- 02.2018 – obecnie – Wykładowca, Wydział Psychologii, Uniwersytet Warszawski
- 12.2016 – obecnie – Adiunkt, Instytut Psychologii Polskiej Akademii Nauk
- 09.2016-11.2016 – Asystent, Instytut Psychologii Polskiej Akademii Nauk

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

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 16 ust. 2 wskazuję cykl badań pt.

„Przetwarzanie interakcji komunikacyjnych w schizofrenii w kontekście automatycznego i wolicjonalnego poznania społecznego.”



b) [autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy].

W skład cyklu badań wchodzi następujących sześć publikacji:

1. **Okruszek, Ł., Pilecka, I.** (2017). Biological motion processing in schizophrenia – Systematic review and meta-analysis. *Schizophrenia Research*, 190, 3-10; **IF=3,986**; 40 pkt. MNiSW
2. **Okruszek, Ł.** (2018). It is not just in faces! Processing of emotion and intention from biological motion in psychiatric disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*. DOI: 10.3389/fnhum.2018.0004; **IF=3,209**; 35 pkt. MNiSW
3. **Okruszek, Ł., Wordecha, M., Jarkiewicz, M., Kossowski, B., Lee, J., Marchewka, A.** (2017). Brain correlates of recognition of communicative interactions from biological motion in schizophrenia. *Psychological Medicine*. DOI: 10.1017/S0033291717003385; **IF=5,23**; 45 pkt. MNiSW
4. **Okruszek, Ł., Piejka, A., Wysokiński, A., Szczepocka, E., Manera, V.** (2018). Biological motion sensitivity, but not interpersonal predictive coding is impaired in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*. DOI: 10.1037/abn0000335; **IF=4,133**; 45 pkt. MNiSW
5. **Okruszek, Ł., Piejka, A., Wysokiński, A., Szczepocka, E., Manera, V.** (2017). The second agent effect: Interpersonal Predictive Coding in people with schizophrenia. *Social Neuroscience*. DOI: 10.1080/17470919.2017.1415969; **IF=2,255**; 35 pkt. MNiSW
6. **Okruszek, Ł., Piejka, A., Szczepocka, E., Wysokiński, A., Pluta, A.** (2017). Affective and cognitive verbal Theory of Mind in schizophrenia – results from a novel paradigm. *Journal of International Neuropsychological Society*. DOI: 10.1017/S1355617717000960; **IF=2,633**; 35 pkt. MNiSW

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

Behawioralne i neuronalne korelaty przetwarzania interakcji komunikacyjnych

Leżący na styku neuropsychologii, psychologii społecznej i neurobiologii obszar tzw. „neuronauki społecznej”, z uwagi na swój dynamiczny rozwój wskazywany jest jako jedno z głównych źródeł metod, które pozwolić mogą na zrozumienie problemów, doświadczanych na co dzień przez pacjentów z wieloma zaburzeniami psychicznymi, których wspólnym mianownikiem jest obniżenie poziomu funkcjonowania w sferze

społecznej (Cacioppo, Cacioppo, Dulawa, Palmer, 2014; Fett, Shergill, Krabbendam, 2015; Ibáñez i in., 2016). Aktualnie, podkreśla się fakt, że mechanizmy związane z przetwarzaniem informacji społecznych (tzw. poznanie społeczne) stanowią specyficzną domenę ludzkiej aktywności poznawczej, i nie da się jej sprowadzić wyłącznie do podstawowych procesów poznawczych takich jak uwaga, pamięć, czy funkcje wykonawcze (Billeke i Aboitiz, 2013).

Jak wskazują Couture i Penn (2013) o specyficzności tej grupy procesów świadczyć mogą: (i) różnice w zakresie zdolności związanych z poznaniem społecznym i nie-społecznym w szeregu populacji klinicznych; (ii) analizy czynnikowe wyników badań psychometrycznych sugerujące istnienie odrębnych czynników związanych ze zdolnościami poznania społecznego i nie-społecznego; (iii) dane świadczące o specyficznym związku pomiędzy poziomem poznania społecznego a funkcjonowaniem społecznym osób z populacji psychiatrycznych, jak również (iv) obserwacje, wskazujące na specyficzną aktywność sieci neuronalnych w trakcie przetwarzania informacji społecznych. Jednocześnie, jak zwracają uwagę Happe, Cook i Bird (2017), podsumowując aktualny stan wiedzy na ten temat, natura organizacji poznania społecznego wciąż pozostaje przedmiotem żywej dyskusji na polu psychologii i neuronauki, zaś poszczególni autorzy wskazują na istnienie od trzech do czternastu kluczowych domen poznania społecznego. Niezależnie od powyższych różnic w zakresie konceptualizacji poszczególnych domen poznania społecznego, zarówno na polu psychologii społecznej (Lundberg, 2013), neuronauki społecznej (Lieberman, 2007), jak i badań nad schizofrenią (Frith, 2004) postuluje się dualną organizację mechanizmów poznania społecznego. Zgodnie z powyższą sugestią, podobnie jak w przypadku wielu innych sfer funkcjonowania, rozumienie intencji i działań innych osób związane jest z jednej strony z działaniem mechanizmów automatycznych, nieświadomych i szybkich, z drugiej zaś z aktywnością procesów wolicjonalnych, świadomych i wolnych (Frith i Frith, 2012). Pierwsza z powyższych grup obejmuje głównie mechanizmy niezbędne są do przetworzenia działań drugiej osoby, podczas gdy druga z nich związana jest z atrybucją emocji i szerokiego spektrum stanów mentalnych innym osobom. Procesy te, zachodząc w różnych skalach czasowych, dostarczają komplementarnych informacji na temat obserwowanych osób, choć sugeruje się, że z uwagi na wysoką autonomiczność mogą one działać w dużym stopniu niezależnie od siebie (Hari, Henriksson, Malinen, Parkkonen, 2015; van Overwalle i Baetens, 2009).



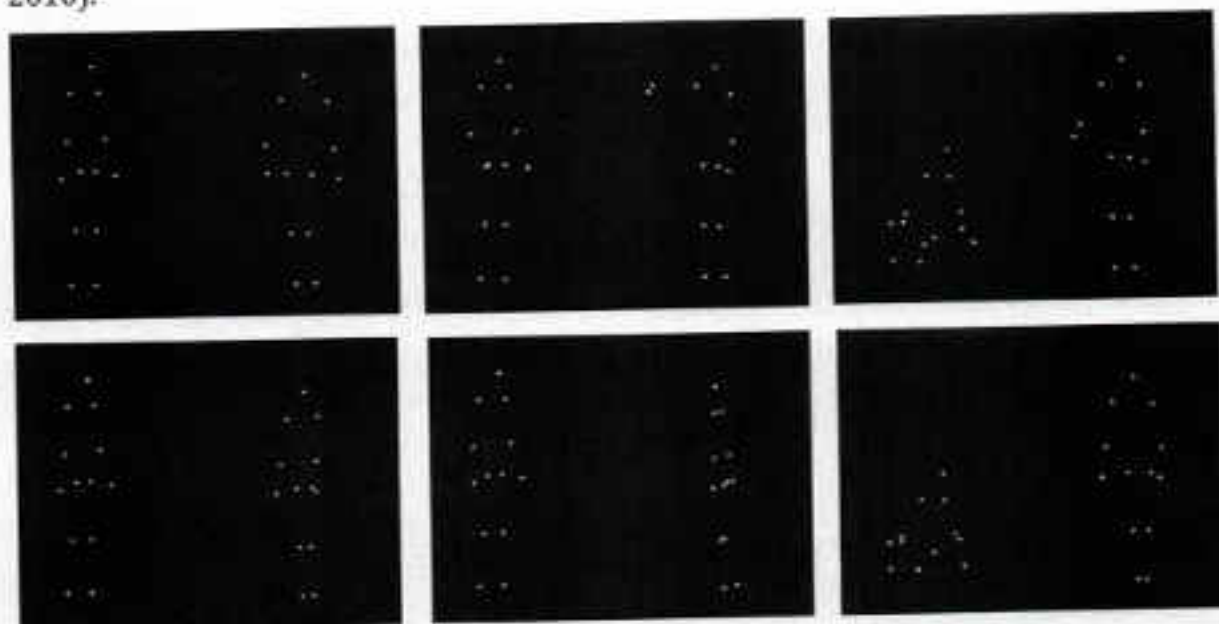
Podobnie jak w przypadku organizacji poznania społecznego, brak jest również konsensusu odnośnie dokładnego schematu funkcjonowania „mózgu społecznego” i kluczowych sieci neuronalnych wchodzących w jego skład. Jednocześnie, większość autorów wskazuje na aktywność trzech-czterech głównych sieci neuronalnych związanych z analizą informacji społecznych [Green, Horan, Lee, 2015; Hari i in., 2015; Kennedy i Adolphs, 2012; Quadflieg i Koldewyn, 2017; Van Overwalle, 2009; na Ryc. 1 ukazano organizację głównych sieci neuronalnych, pośredniczących w przetwarzaniu interakcji społecznych zgodnie z Quadflieg i Koldewyn (2017)]. Pierwsza z nich (sieć percepcji społecznej; *social perception network*; SPN; panel A na Ryc. 1) związana jest z przetwarzaniem podstawowych informacji wzrokowych na temat innych osób, i obejmuje struktury związane z analizą danych dotyczących twarzy (zakręt wrzecionowaty; FFA; obszar potyliczny wrażliwy na twarze; OFA), oraz ciała (pozaprzędkowy obszar ciała; EBA; tylna część bruzdy skroniowej górnej; pSTS). Procesy automatyczne, związane z przetwarzaniem informacji o działaniach innych osób związane są aktywnością sieci obserwacji czynności (*action observation network*; AON; panel B na Ryc. 1), w skład której wchodzi bruzda śródciemieniowa (IaPS), dolny zakręt czołowy (IFG) oraz kora przedruchowa (PM). Leżące w spektrum wolicjonalnego poznania społecznego procesy związane z wnioskowaniem na temat intencji, przekonań, motywów, poglądów, oraz cech osobowości innych osób związane są natomiast z aktywnością tzw. sieci teorii umysłu (*mentalizing network*; MNT; panel C na Ryc. 1), do której zalicza się przyśrodkową korę przedczołową (mPFC), skrzyżowania ciemieniowo-skroniowe (TPJ), przedklinek (PrC) oraz bieguny skroniowe (aTL). Dodatkowo, w przypadku procesów związanych z wnioskowaniem na temat stanu afektywnego innych osób istotną rolę pełnią struktury sieci przetwarzania emocji (ciało migdałowe; AMY, wyspa; INS; kora nadoczodołowa; OFC). Jednocześnie, w ramach każdej z wymienionych powyżej sieci wyszczególnić można struktury związane ze specyficznymi zadaniami – np. aktywność TPJ związana jest z atrybucją chwilowych stanów innych osób, podczas gdy zwiększona aktywność mPFC towarzyszy wnioskowaniu na temat stałych cech danej osoby (Van Overwalle, 2009). Co więcej, jak wskazują autorzy meta-analizy badań z użyciem metod neuroobrazowania, której celem było opracowanie map aktywności towarzyszącej specyficznym zadaniom związanym z teorią umysłu, dla każdego z sześciu typów analizowanych zadań obok aktywności podstawowej sieci związanej z teorią umysłu (mPFC i obustronnie TPJ) obserwować można specyficzną aktywność szeregu innych struktur mózgu (Schurz,

automatycznymi i wolicjonalnymi w trakcie przetwarzania informacji społecznych jest, podkreślający istotną rolę mechanizmów kodowania predykcyjnego, model bayesowski (Kilner, Friston, Frith, 2007). Model ten wskazuje, że sprawne funkcjonowanie w zmiennym i niepewnym środowisku, opiera się wykorzystaniu modeli probabilistycznych otaczającego świata, które tworzone są na podstawie wcześniejszego doświadczenia i są aktualizowane na bieżąco na podstawie dostępnych informacji sensorycznych. Kodowanie predykcyjne związane jest z wielopoziomową interakcją pomiędzy sieciami neuronalnymi, w ramach której obszary wyższego rzędu generują przewidywania na temat potencjalnie nadchodzących zdarzeń, które transferowane są do obszarów niższego rzędu. W razie niezgodności pomiędzy oczekiwanymi a rzeczywistymi informacjami sensorycznymi, obszary niższego rzędu przekazują w odpowiedzi sygnał o pojawieniu się tzw. „błędu przewidywań”, w odpowiedzi na który model jest korygowany przez struktury wyższego rzędu. Proces ten powtarzany jest do momentu, aż stworzony zostanie model minimalizujący „błąd przewidywań”. Podkreśla się, że mechanizmy kodowania predykcyjnego pozwalają uczestnikom interakcji społecznych nie tylko na bierną obserwację innych osób ale również na antycypację ich działań w oparciu o dostępną wiedzę i kontekst sytuacyjny (Brown i Brüne, 2012).

Mechanizmy te, mogą mieć szczególne znaczenie w przypadku procesów związanych z przetwarzaniem interakcji komunikacyjnych pomiędzy innymi osobami. Rozpoznawanie i prawidłowa interpretacja interakcji pomiędzy innymi osobami stanowi umiejętność, która jest niezbędna do prawidłowej nawigacji w złożonym świecie relacji społecznych. Co więcej sugeruje się, iż jednym z czynników, które leżały u podstaw intensywnego rozwoju ludzkiego mózgu w toku ewolucji była konieczność rozumienia relacji zachodzących pomiędzy członkami grupy (MacLean i in., 2012). Jednocześnie, jak zaznaczają Quadflieg i Koldewyn (2017) podsumowując dostępną wiedzę na temat neuronalnych korelatów przetwarzania interakcji komunikacyjnych między innymi osobami, znakomita większość badań na gruncie neuronauki społecznej skupiała się na procesach związanych z percepcją i interpretacją działań jednostek. Wskazuje się, że interakcje komunikacyjne pomiędzy innymi osobami są identyfikowane na podstawie zewnętrznych wskaźników zachowania już przez 6-miesięczne niemowlęta (Augusti, Melinder, Gredebäck, 2010). O preferencyjnym przetwarzaniu interakcji społecznych świadczyć mogą również wyniki badań z użyciem metody rywalizacji obuocnej, w których zaobserwowano, iż prezentacja interakcji komunikacyjnych ma priorytetowy



dostęp do świadomości percepcyjnej w porównaniu z indywidualnymi działaniami dwóch osób (Su, van Boxtel, Lu, 2016). Dodatkowo, osoby zdrowe są w stanie z wysoką skutecznością określić czy dwie osoby komunikowały się (np. jedna osoba wykonuje ręką gest 'wstawaj', druga osoba wstaje), czy też wykonywały indywidualne, niezależne działania (np. jedna osoba kuca, druga osoba wstaje), nawet w sytuacji, gdy ich widoczność ograniczona została do poziomu tzw. „ruchu punktów świetlnych”, tj. każda z osób przedstawiona jest wyłącznie przy użyciu kilkunastu punktów reprezentujących głowę, kończyny oraz główne stawy ciała (*point-light displays*; PLD; Ryc. 2) (Centelles, Assalante, Nazarian, Anton, Schmitz, 2011; Manera, Schouten, Becchio, Bara, Verfaillie, 2010).



Ryc. 2. Górny rząd: Przykład interakcji opierającej się na geście komunikacyjnym jednej ze stron z *Communicative Interaction Database*; osoba A (prawa strona) wykonuje gest 'kucnij'; osoba B kuca. Dolny rząd: Przykład indywidualnych działań dwóch osób – osoba A (prawa strona) obraca się, osoba B kuca.

Wyniki te znalazły potwierdzenie w ramach wcześniejszego projektu badawczego z udziałem 140 osób zdrowych (Manera i in., 2015). Projekt ten, realizowany we współpracy z zespołami z pięciu innych krajów, miał na celu walidację równoległych wersji językowych zadania *Communicative Interaction Database 5-Action Forced-Choice Task* (CID-5; Manera i in., 2015). W ramach CID-5 uczestnik ogląda dwukrotnie 21 bodźców [14 interakcji komunikacyjnych z baterii *Communicative Interaction Database* (Manera i in., 2010) oraz 7 sytuacji, w których obie osoby działają niezależnie od siebie] i, niezwłocznie po drugiej prezentacji każdego bodźca, proszony jest o 1/ określenie czy

osoby komunikowały się lub też wykonywały indywidualne czynności oraz 2/ wybranie, spośród pięciu alternatyw, opcji, która najbardziej trafnie opisuje przedstawioną sytuację. Niezależnie od wersji językowej (siedem wersji: angielska, chińska, francuska, holenderska, niemiecka, polska, włoska) obserwowano bardzo wysoki poziom poprawności klasyfikacji bodźców (88-92% w zależności od wersji językowej) oraz identyfikacji specyficznych czynności (71-81%). Co więcej, tylko dla dwóch spośród 21 sytuacji stwierdzono specyficzne dla poszczególnych języków różnice w zakresie poziomu rozpoznawalności bodźca, co wskazywać może na uniwersalność mechanizmów związanych z przetwarzaniem interakcji komunikacyjnych, których prezentacja zredukowana została do poziomu ruchu całego ciała obu osób. Opracowane w ten sposób narzędzie, pozwalające na analizę procesów związanych z interpretacją przedstawionych *explicite* interakcji komunikacyjnych pomiędzy innymi osobami, udostępnione zostało we wszystkich wersjach językowych w ramach platformy *open-access* (Manera i in., 2015).

Podkreśla się również, iż u osób zdrowych przetwarzaniu interakcji komunikacyjnych obserwować można tzw. „interpersonalne kodowanie predykcyjne”, które związane jest z użyciem informacji na temat działania jednej z osób (np. gest komunikacyjny) do przewidzenia czynności wykonywanych przez drugą z prezentowanych osób (Manera, Becchio, Schouten, Bara, Verfaillie, 2011; Neri, Luu, Levi, 2006). Powyższe wyniki behawioralne połączyć można z rezultatami badań z użyciem metod neuroobrazowania wskazującymi, że przetwarzanie interakcji komunikacyjnych łączy się z istotnie większą aktywnością sieci obserwacji czynności i sieci teorii umysłu w porównaniu z analizą indywidualnych działań dwóch osób (Centelles i in., 2011). Co więcej, podkreśla się, że w każdej z głównych sieci „mózgu społecznego” znaleźć można struktury, których aktywność wzrasta w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych w porównaniu z indywidualnymi działaniami dwóch lub więcej osób (Quadflieg i Koldewyn, 2017).

Wprowadzenie do cyklu badań

Eksploracja mechanizmów związanych z rozumieniem interakcji komunikacyjnych może być kluczowa dla zrozumienia natury problemów doświadczanych w ramach codziennego funkcjonowania przez pacjentów chorych na schizofrenię. Choroba ta stanowi trzecią, co do częstości, przyczynę trwałej niepełnosprawności osób w okresie wczesnej dorosłości (Sayers, 2001), zaś wyłącznie w Polsce ponad sto tysięcy osób uznawanych jest z jej powodu za osoby niepełnosprawne

(Kiejna, Piotrowski, Adamowski, 2013). Wśród głównych czynników, które w największym stopniu wpływają na długofalowe funkcjonowanie pacjentów wskazuje się problemy w sferze społecznej – wyniki badania prospektywnego, w ramach którego monitorowano pacjentów z zaburzeniami psychicznymi występującymi w przebiegu różnych chorób, wykazały, iż ciężkie i utrwalone obniżenie funkcjonowania obserwowano w trakcie trwania badania u istotnie większego odsetka pacjentów chorych na schizofrenię (75% pacjentów) niż u pacjentów z zaburzeniami psychicznymi w przebiegu zaburzeń depresyjnych nawracających (35%) oraz choroby afektywnej dwubiegunowej (18%) (Velthorst i in., 2017). Od momentu wprowadzenia do powszechnego użytku leków przeciwpsychotycznych w drugiej połowie XX wieku, głównym celem badań nad mechanizmami schizofrenii i związanych z nimi interwencji przestało być wyłącznie zmniejszenie nasilenia objawów wytwórczych u osób chorych, a stała się nim pełna rehabilitacja psychospołeczna i zawodowa pacjentów (Billeke i Aboitiz, 2013). W związku z tym, problem zaburzeń poznania społecznego, które, obok objawów ubytkowych, należą do głównych predyktorów funkcjonowania pacjentów w sferze społecznej, stał się jednym z kluczowych problemów w badaniach nad schizofrenią (Green i in., 2017).

Meta-analiza 112 badań z udziałem łącznie 3908 pacjentów i 3570 osób zdrowych na obecność znacznych (g Hedges'a $> 0,8$) deficytów, które obserwować można dla każdej z domen wolucjonalnego poznania społecznego (percepcja społeczna: $g=1,0$; percepcja i przetwarzanie emocji: $g=0,9$; teoria umysłu: $g=1,0$; Savla, Vella, Armstrong, Penn, Twamley, 2013). Co więcej, wyniki meta-analizy 52 badań z udziałem 2692 pacjentów sugerują, iż zdolność codziennego funkcjonowania pacjentów jest w większym stopniu powiązana z poziomem procesów poznania społecznego, niż poziom funkcjonowania w zakresie procesów poznawczych niespecyficznych dla sfery społecznej (np. pamięć, uwaga; Fett i in., 2011). Wśród głównych mechanizmów neuronalnych związanych z deficytami poznania społecznego u osób chorych wymienia się zaburzenia aktywności ciała migdałowatego w odpowiedzi na bodźce emocjonalne, oraz zmniejszoną aktywność sieci teorii umysłu w trakcie wykonywania zadań związanych z atrybucją stanów mentalnych innym osobom (Green i in., 2015).

Jednocześnie, wskazuje się, iż niezależnie od powyższych zaburzeń, osoby chore na schizofrenię prezentować mogą podobny poziom automatycznych procesów związanych z reakcją na bodźce emocjonalne (Llerena, Strauss, Cohen, 2012) czy też

obserwacją działania innych osób (Andrews, Enticott, Hoy, Thomson, Fitzgerald, 2015; Horan, Pineda, Wynn, Iacoboni, Green, 2014; Horan, Iacoboni, i in., 2014) co osoby zdrowe. Green i wsp. (2015) dokonując podsumowania aktualnego stanu wiedzy na temat mechanizmów zaburzeń poznania społecznego u osób chorych na schizofrenię, stwierdzili, iż domeny poznania społecznego, w których u pacjentów występują zaburzenia związane są z przetwarzaniem wolicjonalnym, natomiast procesy, które nie różnicują pacjentów od osób zdrowych, lub też stwierdza się w odniesieniu do nich wyłącznie subtelne deficyty, wpisują się w domenę automatycznego poznania społecznego.

Powyższe wnioski zgodne są z wynikami wstępnego badania, w ramach którego przeanalizowano zdolności związane z rozpoznawaniem prezentowanych *explicite* w ramach CID-5 interakcji komunikacyjnych u osób zdrowych ($n=18$) i u pacjentów chorych na schizofrenię ($n=18$) (Okruszek i in., 2015). W jego ramach stwierdzono, iż u pacjentów obserwować można obniżenie zdolności klasyfikacji bodźców jako interakcji komunikacyjnych lub indywidualnych działań obu osób (SCZ: $75\% \pm 9\%$ vs. HC: $86\% \pm 14\%$; $p < .05$), jak również identyfikacji specyficznych czynności wykonywanych przez obie osoby (SCZ: $57\% \pm 18\%$ vs HC: $72\% \pm 11\%$; $p < .05$). Wyniki te, sugerujące istotne obniżenie zdolności związanych z przetwarzaniem interakcji komunikacyjnych u osób chorych na schizofrenię stanowiły punkt wyjścia do podjęcia badań opisanych w ramach niniejszego cyklu.

Konstrukcja cyklu badań

W skład omawianej w ramach niniejszego autoreferatu serii publikacji wchodzi sześć artykułów, których celem było opracowanie modelu przetwarzania interakcji społecznych u osób chorych na schizofrenię:

- **Praca #1 (Okruszek i Pilecka, 2017)** – celem pierwszej części cyklu było podsumowanie dotychczasowego stanu wiedzy na temat procesów związanych z przetwarzaniem ruchu biologicznego u osób chorych na schizofrenię. Wyniki systematycznego przeglądu literatury połączonego z meta-analizą badań wskazały, iż prezentacja bodźców społecznych ograniczonych do poziomu ruchu biologicznego przedstawionych osób pozwala na minimalizację czynników mogących zaburzać pomiar procesów związanych z analizą informacji społecznych u osób chorych na schizofrenię



- **Praca #2 (Okruszek, 2018)** - wyniki opisane w Pracy #1 leżały u podstaw Pracy #2, w ramach której próbowałem odpowiedzieć na pytanie czy zaburzenia psychiczne wpływają na zdolność rozpoznawania emocji i intencji na podstawie ruchu biologicznego. Dokonany w jej ramach przegląd literatury wskazał, iż przetwarzanie emocji i intencji na podstawie ruchu biologicznego różnicuje pacjentów z zaburzeniami psychiatrycznymi w mniejszym stopniu od osób zdrowych niż przetwarzanie powyższych informacji w oparciu o prezentowane w sposób naturalistyczny bodźce społeczne. Jednocześnie użycie bodźców prezentujących ruch biologiczny jest wystarczające by wywołać specyficzne dla poszczególnych chorób efekty związane z poznaniem społecznym
- **Praca #3 (Okruszek i in., 2017)** - wnioski z Pracy #1 oraz #2, wskazujące na zalety użycia metody „ruchu punktów świetlnych” do badania złożonych procesów poznania społecznego u osób z zaburzeniami psychicznymi, leżały u podstaw badania mającego na celu analizę behawioralnych i neuronalnych korelatów przetwarzania interakcji komunikacyjnych, które prezentowane są *explicite* przy użyciu „ruchu punktów świetlnych” u osób chorych na schizofrenię. Wyniki badania wskazały, iż u pacjentów obserwować można: (i) obniżenie zdolności rozpoznawania interakcji komunikacyjnych na poziomie behawioralnym; (ii) obniżenie aktywności i łączności funkcjonalnej kluczowego węzła sieci percepcji społecznej (tylna część bruzdy skroniowej górnej) oraz (iii) podobną aktywność sieci obserwacji czynności, co u osób zdrowych w trakcie przetwarzania interakcji społecznych.
- **Praca #4 (Okruszek, Piejka, Wysokiński, Szczepocka, Manera, 2018)** - wyniki opisane w Pracy #3, świadczące o istotnych różnicach w zakresie aktywności sieci percepcji społecznej przy podobnej odpowiedzi sieci obserwacji czynności w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych u osób zdrowych i chorych na schizofrenię, leżały u podstaw kolejnego badania, w ramach którego mierzono procesy związane zarówno ze świadomymi, jak i automatycznymi mechanizmami poznania społecznego towarzyszące przetwarzaniu interakcji komunikacyjnych w obu grupach. W ramach badania u pacjentów stwierdzono zaburzenia przetwarzania ruchu biologicznego i problemy w zakresie rozpoznawania interakcji komunikacyjnych przedstawionych *explicite*. Jednocześnie poziom „interpersonalnego kodowania predykcyjnego” w trakcie prezentacji interakcji

komunikacyjnych w sposób *implicite* podczas zadania maskowania wzrokowego nie różnicował pacjentów od osób zdrowych.

- **Praca #5 (Okruszek, Piejka, Wysokiński, Szczepocka, Manera, 2017)** - rozszerzeniem wyników Pracy #4, wskazujących na podobny poziom procesów związanych z automatycznym poznaniem społecznym u osób zdrowych i chorych na schizofrenię była Praca #5, w ramach której stwierdzono, iż u pacjentów obserwować można podobny poziom podatności na „złudzenie drugiej osoby”, co u osób zdrowych. Efekt ten tłumaczony jest w kontekście wpływu interpersonalnego kodowania predykcyjnego na procesy percepcji, w związku z czym efekty opisane w ramach Pracy #5 dodatkowo wskazywać mogą na podobną organizację automatycznego poznania społecznego podczas przetwarzania interakcji komunikacyjnych w obu grupach.
- **Praca #6 (Okruszek, Piejka, Szczepocka, Wysokiński, Pluta, 2017)** - celem ostatniego z badań cyklu było określenie czy rozbieżność pomiędzy procesami bardziej i mniej automatycznymi przy przetwarzaniu interakcji komunikacyjnych obserwować można również w przypadku złożonych komponentów teorii umysłu. Zgodnie z wcześniejszymi wynikami, w trakcie interpretowania złożonych interakcji komunikacyjnych, dla cechującej się większym stopniem automatyzacji afektywnej teorii umysłu stwierdzono mniejszą skalę zaburzeń u pacjentów niż dla będącej procesem wysoce wolicjonalnym poznawczej teorii umysłu.

W przypadku każdej z prezentowanych prac byłem odpowiedzialny za kluczowe koncepcyjne, merytoryczne i metodologiczne aspekty badania, tj. przygotowanie koncepcji pracy, zaplanowanie badań i wybór metodyki, obróbkę zebranych danych i ich analizę statystyczną, interpretację wyników, jak również przygotowanie pierwszej wersji pracy oraz kolejnych jej poprawek w ramach procesu recenzji (od 1 do 3 serii poprawek). Odzwierciedleniem mojego wiodącego wkładu w powstanie cyklu badawczego jest rola pierwszego oraz korespondencyjnego autora, którą pełnię w przypadku każdej z sześciu prac. W kolejnych podrozdziałach opisano szczegółowo wyniki opisane w kolejnych częściach cyklu.

Przetwarzanie ruchu biologicznego w zaburzeniach psychiatrycznych (Praca #1 i

Praca #2)

Jednym z głównych ograniczeń, na które wskazuje się przy omawianiu badań nad mechanizmami przetwarzania interakcji społecznych, jest fakt, iż większość tego typu

badania oparta jest na złożonych bodźcach, prezentujących (i) statyczne zdjęcia interakcji (Quadflieg, Gentile, Rossion, 2015), (ii) nagrania obejmujące działania wielu osób (Dziobek i in., 2006; McDonald, Flanagan, Rollins, Kinch, 2003), czy też (iii) opisy werbalne sytuacji, w których osoby wchodzi ze sobą w interakcje (Baron-Cohen, O'Riordan, Stone, Jones, Plaisted, 1999; Corcoran, Mercer, Frith, 1995). Jednocześnie prawidłowa interpretacja tego typu bodźców zależna jest od szeregu czynników, które należy uwzględnić w trakcie ich przetwarzania. Przykład stanowić może w tym przypadku test The Awareness of Social Inference Test (TASIT; McDonald i in., 2003), który rekomendowany jest jako narzędzie do oceny procesów związanych z teorią umysłu w schizofrenii (Pinkham, Harvey, Penn, 2017). Zrozumienie natury relacji dwóch osób, które przedstawione są w ramach TASIT wymaga interpretacji zarówno treści wskazówek werbalnych (wypowiedzi bohaterów), jak również szeregu informacji niewerbalnych (wyraz twarzy i kierunek patrzenia bohaterów, prozodia werbalna, gesty wykonywane przez bohaterów, proksemika oraz dynamika ruchu bohaterów) związanych z prezentowanym materiałem. W związku z tym, deficyty obserwowane u pacjentów w TASIT związane mogą być z zaburzeniem któregośkolwiek z wymienionych procesów. Biorąc pod uwagę fakt, iż u pacjentów udokumentowano obniżoną zdolność interpretacji wyrazu twarzy (Kohler, Walker, Martin, Healey, Moberg, 2010), prozodii werbalnej (Hoekert, Kahn, Pijnenborg, Aleman, 2007), czy też gestów niewerbalnych (Walther i in., 2016), deficyty obserwowane u pacjentów w zadaniach opierających się na pełnej prezentacji aktorów w naturalistycznych sytuacjach (Backasch i in., 2013; Rocca i in., 2016; Savla i in., 2013; Walter i in., 2009) związane mogą być więc z szeregiem czynników niższego rzędu utrudniających pacjentom prawidłową interpretację przedstawionych działań.

Jednym ze sposobów, dzięki którym ograniczyć można wpływ dodatkowych czynników na procesy związane z rozumieniem działań obserwowanych osób jest użycie bodźców opierających się na prezentacji tzw. „ruchu punktów świetlnych” (*point-light displays; PLD*). Użycie tego typu metodologii pozwala na ograniczenie ilości informacji wzrokowych na temat przedstawionych osób do poziomu, w którym są one prezentowane wyłącznie za pomocą kilkunastu punktów odpowiadających głowie, kończyńom i głównym stawom ciała, co pozwala na analizę procesów związanych z przetwarzaniem działań przedstawionych osób wyłącznie na podstawie ruchu ich ciała. Jednocześnie, od momentu wprowadzenia do metodologii badań w psychologii

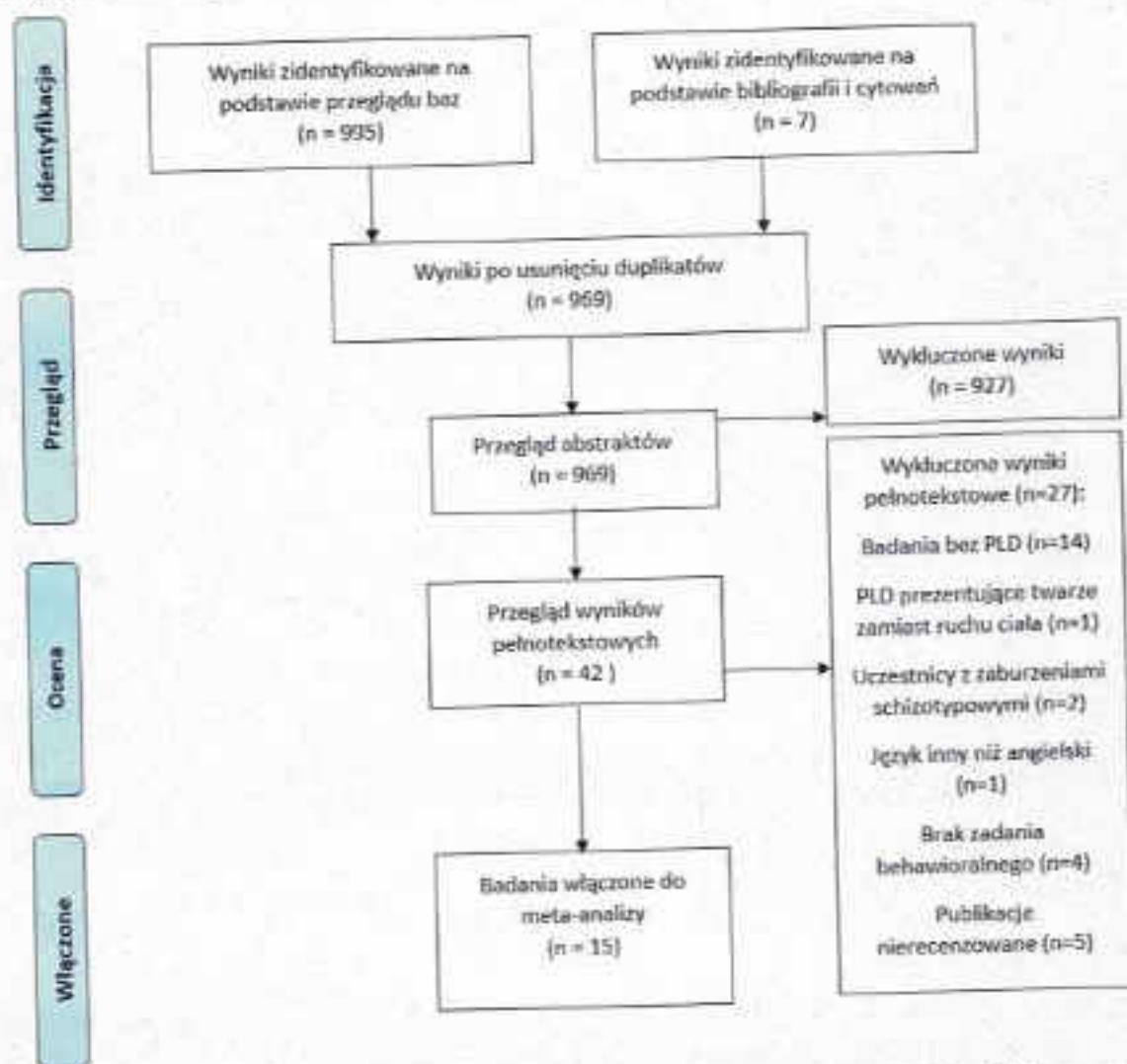
eksperymentalnej przez szwedzkiego psychologa Gunnara Johanssona (Johansson, 1973), w licznych badaniach udokumentowano, iż mimo skrajnego ograniczenia ilości dostępnych danych, osoby zdrowe są w stanie na podstawie PLD prawidłowo rozpoznać szereg cech fizycznych obserwowanych osób (np. wiek, płeć, waga), jak również określić ich stan afektywny czy intencje (Troje, 2013). Wskazuje się również, iż użycie PLD pozwala zminimalizować wpływ poziomu czynników związanych z poziomem sympatii do prezentowanych osób, ich atrakcyjnością czy kulturowymi uwarunkowaniami w zakresie norm społecznych, które mogą istotnie oddziaływać na procesy związane z przetwarzaniem informacji społecznych w oparciu o pełne demonstracje aktorów w naturalistycznych sytuacjach (Mehta, Thirthalli, Gangadhar, Keshavan, 2011; Pica, Jackson, Blake, Troje, 2011).

Powyższe obserwacje sugerują, iż użycie PLD pozwolić może na rozszerzenie dotychczasowej wiedzy o mechanizmach przetwarzania informacji społecznych u w różnych populacji klinicznych, która opiera się głównie na wynikach zebranych przy użyciu paradygmatów wykorzystujących standardowe metody przedstawiania bodźców społecznych (statyczne lub dynamiczne pełne demonstracje osób; opis werbalny). Wniosek ten stanowił punkt wyjścia do podjęcia tematyki dwóch pierwszych prac opisanych w ramach niniejszego cyklu, których celem była odpowiedź na podstawie dostępnej literatury na pytanie, jakie mechanizmy towarzyszą przetwarzaniu PLD u osób chorych na schizofrenię (Praca #1) oraz, jakie mechanizmy towarzyszą przetwarzaniu emocji i intencji na podstawie PLD u osób z zaburzeniami psychicznymi (Praca #2).

W celu odpowiedzi na pierwsze z postawionych pytań dokonałem systematycznego przeglądu literatury i meta-analizy wyników badań, które analizowały przetwarzanie PLD w grupie osób chorych na schizofrenię. Schemat systematycznego przeglądu literatury przygotowany został w oparciu o wytyczne Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA; Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, PRISMA Group, 2009). Celem przeglądu było zidentyfikowanie badań, w których: (a) użyto zadań behawioralnych, mających na celu analizę procesów związanych z rozpoznawaniem (różnicowanie ruchu biologicznego i nie-biologicznego), wykrywaniem (rozpoznanie zamaskowanego przy użyciu dodatkowych punktów ruchu biologicznego) lub też ekstrakcją dodatkowych informacji (np. dotyczących stanu emocjonalnego lub intencji osoby) na podstawie ruchu całego ciała prezentowanego przy użyciu metody punktów świetlnych; (b) brały udział osoby z rozpoznaniem schizofrenii



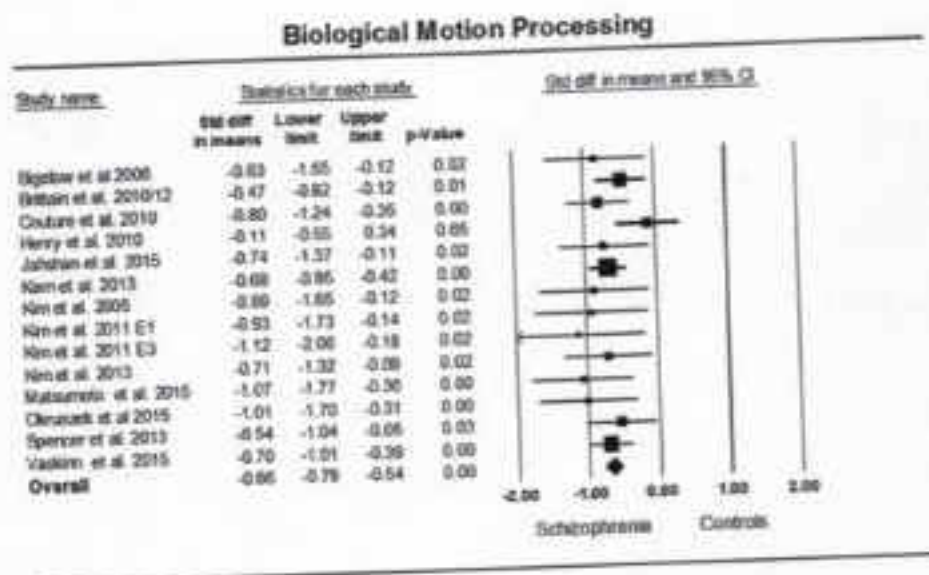
i/lub zaburzeń schizofrenicznych; (c) obejmowały badanie grupy kontrolnej złożonej z osób zdrowych. Dodatkowo, w przeglądzie uwzględniano wyłącznie badania, których wyniki opisane zostały w sposób pozwalający na obliczenie wielkości efektów i opublikowane zostały w recenzowanych czasopiśmie naukowych w języku angielskim. W celu identyfikacji badań, użyto następującej sekwencji słów w trakcie przeszukiwania baz Google Scholar oraz PubMed: „(biological motion” OR „point-light displays”) AND (schizo* OR psychosis)”. Dodatkowe wpisy zidentyfikowano na podstawie (i) analizy list bibliograficznych artykułów zidentyfikowanych w ramach pierwotnej kwerendy oraz (ii) analizy listy artykułów cytujących badanie, w którym przedstawiono zadania Emotion in Biological Motion (Heberlein, Adolphs, Tranel, Damasio, 2004).



Ryc. 3. Diagram sekwencji działań zgodnie z algorytmem PRISMA. [Tłumaczenie; oryginalna rycina z Pracy #1]

[Signature]

Na podstawie powyższych działań zidentyfikowano łącznie 969 publikacji, z których po wstępnym przeglądzie tytułów i abstraktów wyłoniono 42 prace w celu analizy pełnych tekstów artykułów pod kątem kryteriów włączenia do meta-analizy. Spośród nich, 27 artykułów zostało wykluczonych z dalszej analizy z powodu niespełnienia, co najmniej jednego z kryteriów wymienionych w powyższym akapicie (Ryc. 3 – Diagram sekwencji działań zgodnie z algorytmem PRISMA). Ostatecznie więc, w meta-analizie uwzględniono opisane w 15 publikacjach wyniki 14 badań z udziałem łącznie 571 pacjentów oraz 482 osób zdrowych. Grupy, na których przeprowadzono meta-analizę były porównywalne pod kątem wieku (38,8 lat w obu grupach) oraz płci (osoby zdrowe: 60% mężczyzn; pacjenci: 67% mężczyzn), jednocześnie pacjenci byli gorzej wykształceni (średnio 13,1 lat edukacji) niż osoby zdrowe (średnio 14,4 lat wykształcenia).



Ryc. 4. Wielkość efektów obliczona dla poszczególnych badań uwzględnionych w meta-analizie. [Oryginalna rycina z Pracy #1]

Wyniki głównej meta-analizy wykazały, iż u pacjentów, w porównaniu do osób zdrowych obserwować można deficyty w zakresie przetwarzania ruchu biologicznego, dla których wielkość efektu mieści się w przedziale pomiędzy umiarkowanym a dużym ($SMD = -0,66 [-0,79; -0,54]$; $p < 0,001$; Ryc. 4). Podobną wielkość efektu stwierdzono w meta-analizach badań, w których użyto specyficznych narzędzi pozwalających na ocenę rozpoznawania ruchu biologicznego (Basic Biological Motion; BBM; Kim, Doop, Blake, Park, 2005: 5 badań: $SMD = -0,72 [-0,94; -0,51]$) oraz rozpoznawanie emocji na podstawie PLD (Emotion in Biological Motion; EBM; Heberlein i in., 2004: 6 badań: $SMD = 0,61 [-0,79;$

-0,43]), których właściwości psychometryczne oceniano w ramach projektu „Social Cognition and Functioning in Schizophrenia” (Kern i in., 2013). Jak wykazały wyniki meta-regresji żaden z czynników, których uwzględnienie możliwe było na podstawie dostępnych danych (wiek, płeć, wykształcenie, pacjenci hospitalizowani vs. ambulatoryjni) nie wpływał na poziom zdolności przetwarzania ruchu biologicznego u pacjentów. Dodatkowo, w ramach analizy wrażliwości modelu wykluczaliśmy również możliwość, iż obserwacja różnic pomiędzy grupami związana jest ze „zniekształceniem publikacyjnym”.

Systematyczny przegląd literatury wskazał dodatkowo, iż przetwarzanie ruchu biologicznego u osób chorych na schizofrenię w małym stopniu powiązane jest z aktualnym natężeniem objawów choroby (Bigelow i in., 2006; Brittain, Ffytche, McKendrick, Surguladze, 2010; Kim i in., 2005; Kim, Park, Blake, 2011; Olbert i in., 2013; Vaskinn i in., 2015), jednocześnie może być ono powiązane z funkcjonowaniem pacjentów w sferze społecznej (Kim i in., 2005; Olbert i in., 2013). Dodatkowo, percepcja ruchu biologicznego u pacjentów jest istotnie zarówno z niespecyficznymi zdolnościami wzrokowo-przestrzennymi (Brittain i in., 2010; Kim, Norton, McBain, Ongur, Chen, 2013; Spencer, Sekuler, Bennett, Christensen, 2013), jak i szeregiem zdolności poznania społecznego, w tym percepcją społeczną (Brittain i in., 2010; Brittain, Ffytche, Surguladze, 2012), rozpoznawaniem emocji na podstawie wyrazu twarzy (Olbert i in., 2013), czy też teorią umysłu (Kim i in., 2013). Badania z użyciem metod obrazowania aktywności mózgu, w których prezentowano pojedyncze animacje, wskazały na obniżenie aktywności tylnej części bruzdy skroniowej górnej (pSTS) oraz struktur czołowych (prawa kora przedruchowa, lewy dolny zakręt czołowy; Kim i in., 2011; 2014), jak również zmniejszenie amplitudy późnego dodatniego potencjału (LPP; Jahshan, Wynn, Mathis, Green, 2015) w trakcie różnicowania ruchu biologicznego i nie-biologicznego u pacjentów w porównaniu z osobami zdrowymi. W trakcie badania, prezentującego półminutowe bloki obejmujące ruch biologiczny i nie-biologiczny stwierdzono również zmniejszenie aktywności lewej mPFC, lewym TPJ jak również przedklinku i środkowej części kory zakrętu obręczy w grupie pacjentów (Hashimoto i in., 2014). Obniżenie zdolności przetwarzania ruchu biologicznego u pacjentów wiązano również ze zmniejszoną supresją rytmu μ (Singh, Pineda, Cadenhead, 2011) oraz nieprawidłowościami w zakresie ruchu gałek ocznych w trakcie obserwacji bodźców (Matsumoto, Takahashi, Mura, Takahashi, 2015).



Podsumowanie wyników systematycznego przeglądu literatury połączonego z meta-analizą badań dotyczących przetwarzania PLD w schizofrenii wskazało na obecność istotnych deficytów w tym zakresie u pacjentów, które nie są moderowane przez zmienne demograficzne czy też kliniczne, ani też typ wykonywanego zadania. Powyższe wnioski, jak również fakt, iż nieprawidłowości w zakresie przetwarzania PLD obserwować można w zaburzeniach ze spektrum schizofrenii (Hur i in., 2016), pozwoliły sformułować sugestię, iż z uwagi na wcześniejszy rozwój onto- i filogenetyczny umiejętności związanych z tą domeną względem innych procesów poznania społecznego (Troje, 2013), nieprawidłowości w zakresie przetwarzania ruchu biologicznego stanowić mogą potencjalny marker endofenotypowy dla rozwoju deficytów poznania społecznego w schizofrenii.

Jednocześnie wielkość efektów obserwowanych w meta-analizie ($SMD = -0,66$) była mniejsza niż w przypadku badań, w których rozpoznawanie emocji ($g = 0,89$; Kohler i in., 2010; Savla i in., 2013) czy teorię umysłu ($g = 1,04$; Savla i in., 2013) mierzono w oparciu o standardowe metody prezentacji bodźców społecznych. Wniosek ten skłonił mnie do przeglądu badań, dotyczących przetwarzania emocji i intencji na podstawie ruchu biologicznego w innych populacjach psychiatrycznych, który opierał się na kwerendzie bazy PubMed *[("biological motion" OR "point-light motion") AND ("emotion" OR "intention")]*. Dodatkowe źródła zidentyfikowane zostały na podstawie bibliografii analizowanych artykułów. Zebrany w ten sposób materiał obejmował badania z udziałem pacjentów z zaburzeniami neurodegeneracyjnymi, psychotycznymi, afektywnymi, lękowymi, odżywiania oraz osobowości.

Najliczniejsza grupa spośród analizowanych badań obejmowała wyniki dotyczące przetwarzania emocji na podstawie PLD u osób chorych na schizofrenię, które uwzględnione zostały w omawianej powyżej meta-analizie. W dwóch badaniach (Kaletsch, Pilgramm, i in., 2014; Loi, Vaidya, Paradiso, 2013) analizowano rozpoznawanie emocji na podstawie PLD u pacjentów z zaburzeniami depresyjnymi i nie wykazano znaczących różnic pomiędzy pacjentami z tej grupy a osobami zdrowymi. Jednocześnie, podobnie jak w badaniach opartych na standardowych metodach prezentacji bodźców społecznych [np. zdjęcia twarzy (Bourke, Douglas, Porter, 2010); nagrania głosu (Péron i in., 2011)], u pacjentów przy rozpoznawaniu emocji na podstawie PLD stwierdzono tzw. „efekt negatywnej inklinacji”, związany z ocenianiem bodźców negatywnych jako bardziej negatywnych i bardziej intensywnych niż osoby zdrowe (Kaletsch, Pilgramm

i in., 2014). Dodatkowo, pacjenci z zaburzeniami depresyjnymi prezentowali specyficzne deficyty w zakresie rozpoznawania radości, ale nie negatywnych stanów emocjonalnych w porównaniu z osobami zdrowymi i pacjentami z zaburzeniami depresyjnymi w stanie remisji (Loi i in., 2013). Zaburzenia w zakresie rozpoznawania emocji na podstawie PLD obserwowano natomiast u pacjentów z chorobą afektywną dwubiegunową (Vaskinn i in., 2017), oraz u osób z cechami schizotypii (Blain, Peterman, Park, 2017), lecz nie u pacjentów z zaburzeniami osobowości z pogranicza (Kaletsch, Krüger, i in., 2014).

W przypadku pacjentów z zaburzeniami odżywiania, istotna część badań poświęcona była zaburzeniom percepcji ciała osób prezentowanych przy użyciu PLD (anoreksja: Phillipou i in., 2016; bulimia: Vocks, Legenbauer, Rüdell, Troje, 2007). Badania dotyczące przetwarzania emocji na podstawie PLD wskazały na obniżoną zdolność rozpoznawania specyficznych emocji (złość i smutek: Zucker i in., 2013); smutek: Lang i in., 2015) u pacjentek z anoreksją w porównaniu z osobami zdrowymi oraz osobami z diagnozą anoreksji, u których waga utrzymywała się w normie powyżej 12 miesięcy przed badaniem. Dapelo i in. (2017) porównali zdolność rozpoznawania emocji na podstawie twarzy i PLD u osób z anoreksją i bulimią. Wyniki wykazały obecność deficytów w zakresie rozpoznawania emocji na podstawie wyrazu twarzy u osób z zaburzeniami odżywiania z obu grup w porównaniu z osobami zdrowymi, przy jednoczesnym braku różnic pomiędzy grupami w zakresie rozpoznawania emocji na podstawie PLD. Również u osób z zaburzeniami neurodegeneracyjnymi stwierdzono różnice w poziomie rozpoznawania emocji w zależności od sposobu prezentacji bodźca – Henry i in. (2012) wskazał, że o ile zaburzenia w zakresie rozpoznawania emocji na podstawie wyrazu twarzy obserwować można zarówno u pacjentów z chorobą Alzheimera, jak i u osób z łagodnymi zaburzeniami poznawczymi, które poprzedzać mogą rozwój choroby otępiennej, problemy z przetwarzaniem emocji na podstawie PLD występują tylko u osób z diagnozą choroby Alzheimera.

W innej grupie badań, związanych z atrybucją intencji, analizowano tzw. „efekt kierowania do obserwatora” (*facing-the-viewer-bias*) u osób z wysokim poziomem lęku. Efekt ten związany z tendencją do interpretacji ruchu jako kierowanego w stronę widza w sytuacji gdy PLD pozbawiony jest informacji pozwalających określić jednoznacznie kierunek ruchu prezentowanej osoby (Vanrie, Dekeyser, Verfaillie, 2004). Jako źródło tego efektu wskazuje się potencjalnie ryzykowne skutki omyłkowego uznania, że ktoś zbliżający się do nas, oddala się (Vanrie i in., 2004). Wśród czynników, które wpływać

mogą na podatność na „efekt kierowania do obserwatora” wymienia się poziom lęku u osób badanych (Heenan i Troje, 2014; Van de Cruys, Schouten, Wagemans, 2013). Dodatkowo, dostępne są wyniki świadczące o redukcji podatności na omawiany efekt, że pod wpływem interwencji nakierowanych na obniżenie poziomu lęku (Heenan i Troje, 2014). Inna linia badań z użyciem PLD, dotyczyła przetwarzania intencji komunikacyjnych na podstawie PLD w chorobie Parkinsona: u pacjentów zaobserwowano ogólnie obniżoną wrażliwość na ruch biologiczny (Jaywant, Shiffrar, Roy, Cronin-Golomb, 2016) i zdolność rozpoznawania czynności prezentowanych przy użyciu PLD, które związane są z użyciem przedmiotów (Jaywant, Wasserman, Kemppainen, Nearing, Cronin-Golomb, 2016). Jednocześnie nie stwierdzono różnic w zakresie rozpoznawania gestów komunikacyjnych pomiędzy pacjentami z chorobą Parkinsona i osobami zdrowymi (Jaywant, Wasserman, i in., 2016).

Wyniki powyższego przeglądu pozwoliły sformułować dwa podstawowe wnioski dotyczące przetwarzania emocji i intencji na podstawie PLD u pacjentów z zaburzeniami psychicznymi. Po pierwsze, choć w większości z analizowanych grup klinicznych występują deficyty w tym zakresie, ich skala jest mniejsza niż w przypadku użycia standardowych metod przedstawiania bodźców społecznych (np. twarz, głos, pełna prezentacja osoby: SCZ: Okruszek i Pilecka, 2017; BD: Vaskinn i in., 2017; AN/BN: Dapelo i in., 2017; BPD: Kaletsch, Krüger, i in., 2014). Wynik ten interpretować można w kontekście szeregu badań, wskazujących, iż w warunkach słabej widoczności, lub też w przypadku obserwacji osób, które są oddalone od widza, ruch biologiczny używany jest jako główne źródło informacji na temat osoby (Yovel i O'Toole, 2016). Prawidłowa identyfikacja stanu afektywnego oraz intencji osoby zanim znajdzie się ona w odległości pozwalającej na bezpośredni kontakt mogła być umiejętnością kluczową dla przetrwania, dlatego też ekstrakcja tego typu informacji na podstawie ruchu biologicznego stanowić może jeden z podstawowych i pierwotnych ontogenetycznie mechanizmów poznania społecznego (Troje, 2013). Biorąc również pod uwagę szeroką sieć struktur, które biorą udział w przetwarzaniu ludzkiej twarzy (Haxby, Hofman, Gobbini, 2000), przetwarzanie informacji na podstawie PLD może być również w mniejszym stopniu podatne na nieprawidłowości w zakresie aktywności sieci neuronalnych, które obserwowane są u pacjentów z zaburzeniami psychicznymi. Sugestia ta znajduje potwierdzenie w opisach przypadków z zakresu neuropsychologii klinicznej, wskazujących na dysocjację pomiędzy zaburzonym rozpoznawaniem emocji na podstawie wyrazu twarzy, przy zachowanej

zdolności rozpoznawania emocji na podstawie PLD u osób z uszkodzeniami układu limbicznego (Atkinson, Heberlein, Adolphs, 2007; Sprengelmeyer i in., 2010). Dalszego wsparcia dla powyższej sugestii dostarczają również wyniki świadczące o tym, że rozpoznawanie emocji na podstawie wyrazu twarzy jest procesem bardziej wrażliwym na zmiany o charakterze neurodegeneracyjnym niż przetwarzanie emocji na podstawie PLD (Henry i in., 2012).

Drugim istotnym wnioskiem z przeprowadzonego przeglądu badań jest to, że pomimo istotnego ograniczenia ilości dostępnych informacji na temat obserwowanych osób, użycie PLD pozwala wywołać specyficzne efekty związane z poznaniem społecznym, które wcześniej dokumentowane były przy użyciu standardowych metod prezentacji bodźców społecznych (np. „efekt negatywnej inklinacji” u osób z zaburzeniami depresyjnymi, podwyższona percepcję zagrożenia u osób z wysokim poziomem lęku, nieprawidłowa percepcja wielkości ciała w zaburzeniach odżywiania). Łącznie, powyższe wnioski sugerują, iż użycie paradygmatów opierających się na PLD może dostarczyć komplementarnych, względem standardowych paradygmatów, informacji na temat mechanizmów przetwarzania bodźców społecznych w chorobach psychiatrycznych, również w przypadku emocji i intencji.

Neuronalne korelaty przetwarzania interakcji komunikacyjnych w schizofrenii

(Praca #3)

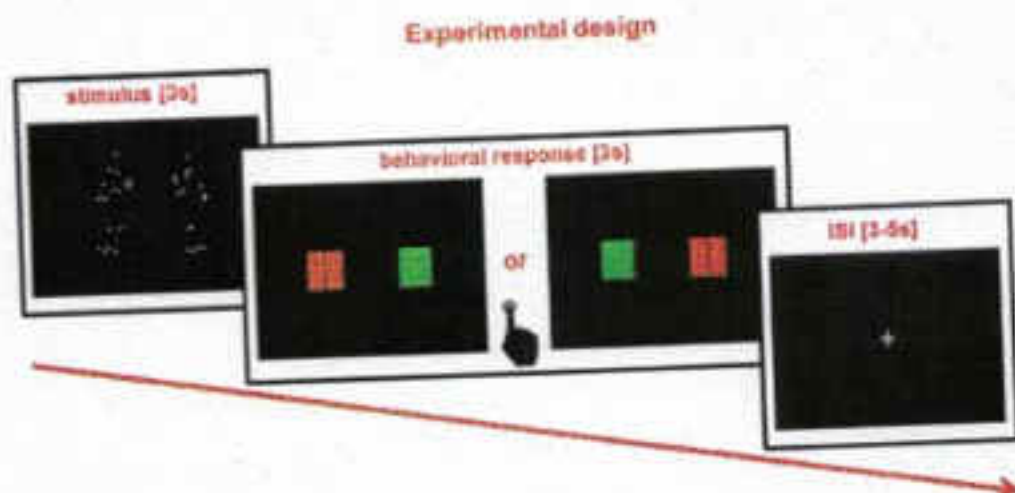
Wcześniejsze badania, dotyczące przetwarzania intencji na podstawie ruchu osób (White, Borgan, Ralley, Shergill, 2016), czy też interpretacji interakcji pomiędzy osobami (Montag i in., 2011; Rocca i in., 2016; Scherzer, Leveillé, Achim, Boisseau, Stip, 2012) u osób chorych na schizofrenię, opierały się na bodźcach przedstawiających w sposób naturalistyczny aktorów. Również badania wskazujące na zaburzenia aktywności sieci neuronalnych u osób chorych na schizofrenię w trakcie przetwarzania kooperatywnych działań dwóch osób (Backasch i in., 2013) czy też intencji komunikacyjnych innych osób (Walter i in., 2009) prowadzone były przy użyciu tego typu bodźców, przez co podatne były na szereg czynników, które mogły wpływać na zdolność pacjentów do interpretacji działań prezentowanych w sposób naturalistyczny aktorów. Stwierdzone we wcześniejszym badaniu (Okruszek i in., 2015) różnice w zakresie behawioralnych korelatów przetwarzania interakcji komunikacyjnych w schizofrenii, jak również rezultaty badań omawianych w ramach Pracy #1 i Pracy #2, skłoniły mnie więc do poszukiwania odpowiedzi na pytanie, czy pomiędzy pacjentami i osobami zdrowymi



obserwować można różnice w zakresie aktywności neuronalnej związanej z przetwarzaniem interakcji komunikacyjnych, które przedstawione są przy użyciu PLD.

W tym celu we współpracy z Pracownią Obrazowania Mózgu Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego w Warszawie przeprowadzono badanie z użyciem funkcjonalnego rezonansu magnetycznego, w którym udział wzięło dwudziestu pięciu praworęcznych, pełnoletnich pacjentów chorych na schizofrenię (wiek: 36 ± 7 lat; płeć: 13M/12K) oraz dwadzieścia sześć dobranych pod kątem demograficznym (wiek: 35 ± 7 lat; płeć: 14M/12K) osób zdrowych. W trakcie badania uczestnikom prezentowano 112 trzysekundowych animacji, ukazujących działania dwóch aktorów przedstawionych przy użyciu PLD, które stworzone zostały na potrzeby badania Centelles i in. (2011). W przypadku połowy bodźców (bodźce COM) przedstawiono sytuacje opierające się na użyciu gestów komunikacyjnych (np. jedna osoba wykonuje gest 'siada', druga osoba siada), jak również prezentacje sytuacji emocjonalnych (np. dwie osoby zaczynają skakać razem z radości) czy też aktywności dwóch osób związanej z tańcem lub uprawianiem sportu, które związane były z interakcją pomiędzy osobami. W trakcie warunku przedstawiającego indywidualne działania osób (IND), obie osoby wykonywały ćwiczenia fizyczne (np. podskoki, przysiady) nie wpływając wzajemnie na siebie. Zadaniem uczestników było określenie czy obie osoby komunikowały się ze sobą. By zminimalizować ryzyko, że procesy związane z przygotowaniem motorycznym do odpowiedzi wpłyną na aktywność sieci obserwacji czynności w trakcie zadania, po zakończeniu każdej z animacji wyświetlane były dwie figury geometryczne, zaś uczestnicy udzielali odpowiedzi poprzez wciśnięcie przycisku odpowiadającego stronie ekranu, na której pojawił się zielony kwadrat (interakcja komunikacyjna) lub dwa czerwone prostokąty (indywidualne działania) (Ryc. 5). Procedura badania poprzedzona była treningiem, w ramach którego prezentowano poza skanerem rezonansu 24 animacje, które nie zostały użyte w głównym zadaniu.



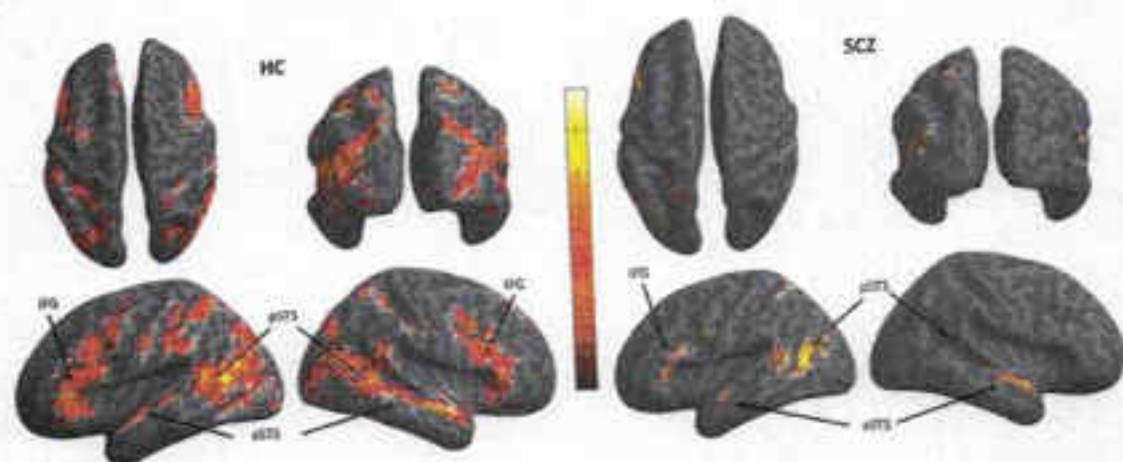


Ryc. 5. Schemat zadania wykonywanego przez badanych. [Oryginalna rycina z Pracy #3]

Na poziomie behawioralnym, w badaniu obserwowano efekt grupy, z ogólnie obniżonym poziomem trafności klasyfikacji bodźców u pacjentów w porównaniu z osobami zdrowymi (HC: $99\% \pm 1\%$ vs. SCZ: $96\% \pm 4\%$; $F(1, 47) = 8,2$, $p < 0,01$) oraz efekt warunku, który związany był z ogólnie niższym poziomem klasyfikacji dla bodźców COM w porównaniu z bodźcami IND (COM: $97\% \pm 4\%$ v. IND: $98\% \pm 3\%$; $F(1, 47) = 5,9$, $p < 0,05$). Nie stwierdzono jednak interakcji między czynnikami ($F(1, 47) = 2,9$, n.i.). Obserwacja ogólnie obniżonej zdolności interpretacji bodźców prezentujących interakcje komunikacyjne i indywidualne działania dwóch osób u pacjentów chorych na schizofrenię jest zgodna z wnioskami wcześniejszego badania, które opierało się na CID-5 (Okruszek i in., 2015). Skuteczność klasyfikacji bodźców w trakcie zadania była istotnie związana z poziomem funkcjonowania pacjentów mierzonym przy użyciu skali SOFAS ($p = 0,61$, $p < 0,01$), co odzwierciedla wcześniejsze wyniki wskazujące na związek pomiędzy efektywnością rozpoznawania emocji na podstawie ruchu biologicznego a poziomem codziennego funkcjonowania osób chorych na schizofrenię (Olbert i in., 2013). Dodatkowo, liczba błędów w trakcie przetwarzania indywidualnych działań prezentowanych osób powiązana była z natężeniem objawów ubytkowych u pacjentów.

Na pierwszym poziomie analiz danych obrazowych, dla każdego badanego stworzona została mapy związana z kontrastem aktywności obserwowanej w przypadku prawidłowo zakwalifikowanych bodźców COM i prawidłowo zakwalifikowanych bodźców IND (COM>IND). Drugi poziom analiz obejmował porównanie map aktywności neuronalnej pomiędzy grupami na przy użyciu testu t na podstawie map COM>IND przygotowanych w ramach pierwszego poziomu analiz. By zminimalizować poziom błędu

pierwszego rodzaju użyto poprawki FWE (min. 26 wokseli przy $p=0,0001$) by uzyskać poziom istotności $p=0,05$ uwzględniając wielokrotne porównania. Rezultaty powyższej analizy, wskazujące struktury, których aktywność była istotnie większa podczas przetwarzania interakcji komunikacyjnych w porównaniu indywidualnymi działaniami obu osób przedstawiono na Ryc. 6. i Ryc. 7.

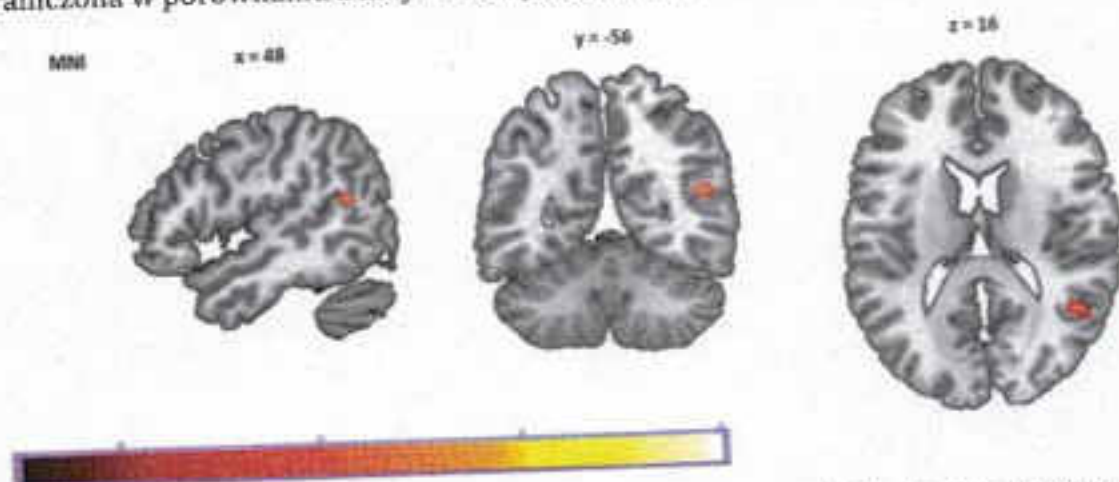


Ryc. 6. Struktury, których aktywność obserwowano dla kontrastu COM>IND przy poprawce FWEc ($p=0,05$) u osób zdrowych (HC: lewa strona wykresu) i pacjentów (SCZ: prawa strona). [Oryginalna rycina z Pracy #3]

U osób zdrowych, zgodnie z wynikami wcześniejszego badania przy użyciu tego samego paradygmatu (Centelles i in., 2011) w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych w porównaniu z indywidualnymi czynnościami dwóch osób zaobserwowano aktywność szerokiego spektrum struktur neuronalnych (Ryc. 6). Struktury te powiązane były z siecią percepcji społecznej (obustronnie pSTS, obustronnie zakręt wrzecionowaty), siecią teorii umysłu [lewa przyśrodkowa kora przedczołowa (mPFC), obustronnie skrzyżowania ciemieniowo-skroniowe i bieguny skroniowe], jak również siecią obserwacji czynności [obustronnie bruzda śródciemieniowa (IaPS), obustronnie zakręt czołowy dolny (IFG), lewa kora przedruchowa (PMC), prawe dodatkowe pole ruchowe (SMA), prawa kora somatosensoryczna (SC)].

Wzorzec aktywności zarejestrowany u osób chorych na schizofrenię w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych w porównaniu z indywidualnymi czynnościami dwóch osób odpowiadał temu, który obserwowany był w grupie osób zdrowych i obejmował aktywność struktur związanych z sieciami percepcji społecznej (obustronnie pSTS), teorii umysłu [lewy TP], prawy biegun skroniowy] i obserwacji czynności [lewy IFG, lewa kora przedruchowa i lewa bruzda śródciemieniowa].

Jednocześnie aktywność neuronalna w tej grupie w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych w porównaniu z indywidualnymi działaniami dwóch osób była istotnie ograniczona w porównaniu z aktywnością neuronalną obserwowaną u osób zdrowych.



Ryc. 7. Obszar pSTS (MNI: $x=48, y=-56, z=16$) którego aktywność dla kontrastu COM>IND była większa u osób zdrowych w porównaniu z pacjentami (FWEc; $p=0,05$). [Oryginalna rycina z Pracy #3]

Co więcej, bezpośrednie porównanie związanej z zadaniem aktywności sieci neuronalnych w obu grupach wskazało na obecność obszaru w prawej pSTS (Ryc. 7), który był w większym stopniu aktywny u osób zdrowych niż u osób chorych na schizofrenię w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych w porównaniu z indywidualnymi działaniami dwóch osób. Dalsza analiza zmian aktywności w tym obszarze (*region-of-interest analysis*; ROI) wykazała istotną interakcję pomiędzy grupą a warunkiem zadania dla obserwowanego w tym obszarze poziomu sygnału ($F(1, 47) = 30,4, p < 0,001$): u osób zdrowych stwierdzono istotny wzrost aktywności neuronalnej w odpowiedzi na bodźce COM (COM: $2,8 \pm 2,0$ v. IND: $1,9 \pm 1,7, p < 0,001$), efekt ten nie był jednak obecny u osób chorych na schizofrenię (COM: $1,4 \pm 2,3$ v. IND: $1,4 \pm 2,2, n.s.$). Jednocześnie, w żadnym z obszarów nie stwierdzono zwiększonej odpowiedzi u osób chorych na schizofrenię w porównaniu ze zdrowymi dla kontrastu COM>IND.

W kolejnym kroku analizy przeanalizowano wzorzec związanej ze zdarzeniem łączności funkcjonalnej dla obszaru pSTS, którego aktywność różnicowała obie grupy zidentyfikowanego w ramach analizy GLM. W tym celu użyto go jako źródła (*seed*) w analizie przy użyciu modelu interakcji psychofizjologicznej (gPPI; poziom $p=0,05$; poprawka FWE na poziomie klastra). Jej rezultaty wykazały, iż u osób zdrowych przetwarzaniu interakcji komunikacyjnych towarzyszy zwiększoną łączność

funkcjonalna pomiędzy prawą pSTS a lewym IFG i lewym zakrętem czołowym środkowym (MFG), jak również lewą pSTS. Podobnych zmian w łączności funkcjonalnej z prawą pSTS nie zarejestrowano dla żadnej ze struktur neuronalnych w grupie pacjentów. Dodatkowo, u pacjentów stwierdzono zmniejszenie łączności pomiędzy prawą pSTS a prawą Odnogą Drugą mózdzku (Crus II) w porównaniu z osobami zdrowymi.

Powyższe wyniki wskazują, iż w obu grupach przetwarzaniu interakcji społecznych towarzyszy zwiększone zaangażowanie sieci percepcji społecznej, teorii umysłu oraz obserwacji czynności w porównaniu z analizą indywidualnych działań dwóch osób. Jednocześnie u osób zdrowych, w porównaniu z pacjentami, proces ten związany jest z większą aktywnością w obszarze leżącym w prawej pSTS. Obszar prawej pSTS wskazywany jest jako struktura kluczowa dla szeregu działań związanych z podstawowymi aspektami przetwarzania informacji społecznych, np. percepcją dynamicznych aspektów ludzkiej twarzy (Haxby i in., 2000), czy też przetwarzaniem ruchu biologicznego (Grosbras, Beaton, Eickhoff, 2012). Choć we wcześniejszych badaniach obserwowano zmniejszenie aktywności pSTS w trakcie różnicowania ruchu biologicznego i nie-biologicznego u osób chorych na schizofrenię (Kim i in., 2011), użyte w ramach niniejszego badania bodźce COM i IND były identyczne pod kątem kompleksowości prezentowanego ruchu biologicznego, dlatego też zaburzeń aktywności pSTS w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych nie da się wyjaśnić wyłącznie w kontekście zaburzeń przetwarzania ruchu biologicznego u osób chorych na schizofrenię. Na podstawie wcześniejszych wyników wskazujących na rolę prawej pSTS dla szeregu funkcji, które niezbędne są by prawidłowo przetworzyć złożone sytuacje społeczne (np. wykrywanie podmiotów ożywionych (Schultz, Friston, O'Doherty, Wolpert, Frith, 2005), detekcja intencjonalności działań (Saxe, Xiao, Kovacs, Perrett, Kanwisher, 2004)), zwiększona aktywność pSTS w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych we wcześniejszym badaniu z użyciem tego samego zadania połączona została z wykrywaniem zależności pomiędzy działaniami prezentowanych osób (Centelles i in., 2011). Jak wskazują autorzy opublikowanego niedawno przeglądu badań dotyczących procesów neuronalnych towarzyszących przetwarzaniu interakcji pomiędzy innymi osobami „kluczowa rola pSTS w (tym) zakresie nie jest zaskakująca. Region (ten) nie tylko pośredniczy we wzrokowej analizie osobników tego samego gatunku, ale



również pełni istotną rolę w interpretowaniu ich działań i wewnętrznych stanów mentalnych" (Quadflieg i Koldewyn, 2017; str. 7).

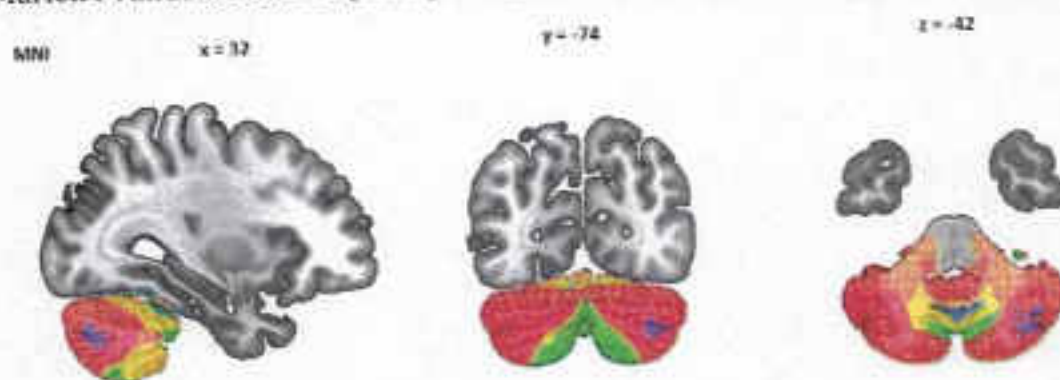
Różnice w aktywności pSTS stwierdzano pomiędzy osobami zdrowymi i chorymi na schizofrenię nie tylko w badaniach analizujących podstawowe procesy percepcji społecznej (Kim i in., 2011), ale również w trakcie rozpoznawania emocji (Taylor i in., 2012), w szeregu zadań oceniających teorię umysłu (Ciaramidaro i in., 2015; Das, Calhoun, Malhi, 2012), czy też w trakcie obserwacji (Shin i in., 2015), czy też symulowanego uczestnictwa w interakcji społecznej (Lee i in., 2014). Jednocześnie zwraca się uwagę na fakt, iż w obrębie pSTS wyodrębnić można szereg obszarów odpowiadających na bodźce specyficzne różnego typu: Deen, Koldewyn, Kanwisher i Saxe (2015) wskazali, iż obszary związane z percepcją dynamicznych aspektów twarzy, przetwarzaniem ruchu biologicznego oraz teorią umysłu położone są w pSTS zgodnie z gradientem przód-tył. Wynik ten może pozwolić wytłumaczyć obserwację, iż obok obszaru, którego aktywność różnicowała obie grupy, u pacjentów w innej części obszaru pSTS podobnie jak u osób zdrowych stwierdzono w niniejszym badaniu wzrost aktywności w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych (współrzędne tego obszaru w największym stopniu korespondowały z opisanym przez Deen i in. (2015) obszarem pSTS wrażliwym na twarze).

Jednocześnie, sugeruje się, iż rola pSTS w zakresie przetwarzania interakcji komunikacyjnych wykraczać może poza analizę specyficznych typów bodźców społecznych i z uwagi na bogatą sieć połączeń z innymi sieciami neuronalnymi, obszar ten może być kluczowy dla integracji sygnałów z sieci „mózgu społecznego”. Analizując dostępne dane na temat zaangażowania pSTS w procesy związane z percepcją społeczną, teorią umysłu i obserwacją czynności, Yang, Rosenblau, Keifer i Pelphrey (2015) sformułowali zintegrowany model przetwarzania bodźców społecznych w pSTS, wskazujący, iż dzięki bogatej sieci połączeń funkcjonalnych pSTS stanowić może kluczowy węzeł wszystkich trzech sieci, w którym informacje ze struktur związanych z percepcją społeczną i obserwacją czynności integrowane są dla celów atrybucji stanów umysłowych. Wyniki badania, w którym użyto analiz opartych na miarach teorii grafów, wskazały, że prawa pSTS jest obszarem charakteryzującym się najgęstszą siecią połączeń funkcjonalnych z innymi strukturami „mózgu społecznego” podczas prezentacji bodźców społecznych, niezależnie od sposobu ich przedstawienia (zdjęcia twarzy, ruch punktów świetlnych, animacje społeczne), przez co obszar ten określony został mianem głównego



„węzeł mózgu społecznego” (*hub of the social brain*) (Dasgupta, Tyler, Wicks, Srinivasan, Grossman, 2017). Zgodnie z powyższymi sugestiami, analizy związanej z zadaniem łączności funkcjonalnej pSTS wskazały na zwiększoną łączność funkcjonalną pomiędzy prawą pSTS, a strukturami sieci percepcji społecznej (lewy pSTS) oraz sieci obserwacji czynności (lewy IFG) w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych u osób zdrowych. Wynik ten zgodny jest z sugestią, iż prawa pSTS służyć może jako węzeł, w którym następuje integracja informacji niezbędnych do prawidłowego przetworzenia interakcji komunikacyjnych.

Podobnych efektów nie stwierdzono u pacjentów, zaś bezpośrednie porównanie związanej z zadaniem łączności funkcjonalnej w obu grupach wykazało obniżenie łączności pomiędzy prawą pSTS a prawą Odnogą Drugą mózdzku u pacjentów w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych w porównaniu z indywidualnymi działaniami dwóch osób. Analiza powyższego wyniku względem mapy funkcjonalnej mózdzku opracowanej przez Bucknera, Krienen, Castellanos, Diaz i Yeo (2011) wykazała, iż wszystkie spośród obszarów charakteryzujących się zmniejszoną łącznością funkcjonalną z prawą pSTS u pacjentów należą do opisaną przez Van Overwalle, Baetens, Mariën i Vandekerckhove (2015) tzw. „sieci teorii umysłu mózdzku” (Ryc. 8).



Ryc. 8. Obszary mózdzku, dla których zaobserwowano u pacjentów zmniejszenie łączności funkcjonalnej z prawą pSTS dla kontrastu COM>IND (kolor niebieski) nałożone na parcelację mózdzku w oparciu o łączność funkcjonalną z głównymi sieciami mózgu (Buckner i in., 2011). Obszary „sieci teorii umysłu mózdzku” zaznaczono na czerwono. [Oryginalna rycina z Pracy #3]

Sugeruje się, iż łączność funkcjonalna pomiędzy obszarami „sieci teorii umysłu mózdzku” położonymi w prawej tylnej części mózdzku a siecią teorii umysłu może być kluczowa dla łączenia danych pochodzących ze świata zewnętrznego z informacjami

pochodzącymi z wewnętrznych procesów predykcyjnych generowanych w mózdku (Van Overwalle i Mariën, 2015). Zmniejszenie łączności funkcjonalnej pomiędzy prawą STS i obszarami „słeci teorii umysłu mózdku” może więc wpływać na zdolność pacjentów do użycia informacji generowanej w mózdku, np. podczas analizy sekwencji działań zachodzących w trakcie interakcji komunikacyjnych. Co więcej, obserwacja, iż wzmożona łączność funkcjonalna pomiędzy prawą pSTS a strukturami AON (lewy IFG) zachodzić może u osób zdrowych, lecz nie u pacjentów wskazywać może na fakt, iż sygnały generowane w AON nie są efektywnie wykorzystywane do celów związanych z interpretacją interakcji komunikacyjnych u osób chorych na schizofrenię. Wyniki te wpisują się również we wcześniejsze obserwacje zmniejszonej łączności funkcjonalnej pomiędzy prawą pSTS a strukturami „mózgu społecznego” (Ciaramidaro i in., 2015; Mier i in., 2016) w trakcie wykonywania zadań związanych z poznaniem społecznym u osób chorych na schizofrenię.

Wyniki niniejszego badania pozwoliły poszerzyć wiedzę na temat behawioralnych i neuronalnych korelatów przetwarzania interakcji komunikacyjnych u osób chorych na schizofrenię, wskazując, iż zmniejszenie aktywności i łączności funkcjonalnej prawej pSTS może leżeć u podstaw szeregu zaburzeń, które udokumentowano u pacjentów w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych.

Interpersonalne kodowanie predykcyjne u osób chorych na schizofrenię (Praca #4 i Praca #5)

Opisane w poprzednich rozdziałach wyniki wskazały na szereg zjawisk towarzyszących przetwarzaniu interakcji społecznych na podstawie ruchu całego ciała u pacjentów chorych na schizofrenię. Jednocześnie, zarówno metodologia badania opisanego w Pracy #3, jak również wcześniejszego badania behawioralnego w tym obszarze (Okruszek i in., 2015) opierała się w pełni na zadaniach prezentujących bodźce *explicite* i mierzących głównie wolicjonalne poznanie społeczne. Jednocześnie, sugeruje się, że u pacjentów chorych na schizofrenię procesy związane z automatycznym poznaniem społecznym mogą być na podobnym poziomie co u osób zdrowych, nawet pomimo zaburzeń wolicjonalnego poznania społecznego (Green i in., 2015). Z tego też powodu kolejne badanie miało na celu odpowiedź na pytanie czy między pacjentami i osobami zdrowymi obserwować można różnice w poziomie procesów automatycznego poznania społecznego związanych z przetwarzaniem interakcji komunikacyjnych przedstawionych przy użyciu PLD.



W badaniu Neri i współpracowników (2006) pierwszy raz wykazano, iż informacja wzrokowa dotycząca czynności wykonywanej przez jedną może być efektywnie wykorzystana by przewidzieć działania drugiej osoby, pod warunkiem jednak, iż czynności obu osób powiązane są ze sobą pod kątem przestrzennym i czasowym – np. dwie osoby tańczą ze sobą czy wykonują sekwencje ruchów sztuk walki. Rozszerzeniem powyższych obserwacji były badania Manery, Becchio i in. (2011), w których wykazano, iż gest komunikacyjny jednej z prezentowanych osób prowadzić może w warunkach maskowania wzrokowego do bardziej efektywnego wykrywania osoby, która na ów gest odpowiada („interpersonalne kodowanie predykcyjne”; *interpersonal predictive coding*; IPC). Co więcej, stwierdzono również, iż mechanizmy związane z IPC są na tyle silne, że mogą wywołać wrażenie prezentacji drugiej osoby, która odpowiada na gest komunikacyjny, nawet w sytuacji, gdy nie jest ona wyświetlana (tzw. „złudzenie drugiej osoby”; Manera, Del Giudice, Bara, Verfaillie, Becchio, 2011)

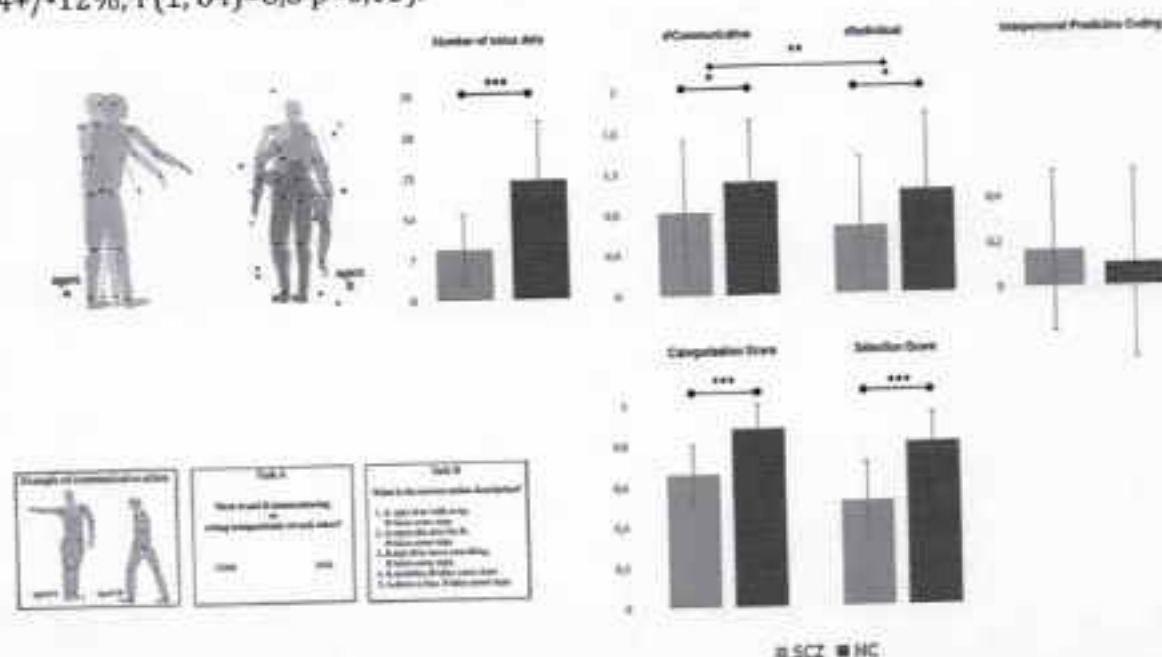
Metodologia opracowana przez Manerę i wsp. (Manera, Becchio i in., 2011; Manera, Del Giudice i in., 2011) użyta została do przeprowadzenia badania, którego celem była analiza procesów związanych z Interpersonalnym kodowaniem predykcyjnym u osób chorych na schizofrenię. W badaniu, które przeprowadzono we współpracy z Kliniką Zaburzeń Psychotycznych Uniwersytetu Medycznego w Łodzi udział wzięło łącznie 46 pełnoletnich hospitalizowanych pacjentów chorych na schizofrenię oraz 40 dobranych pod kątem demograficznym (wiek i płeć) osób zdrowych. Każdy z uczestników wykonał zadania interpersonalnej detekcji z wymuszonym wyborem pomiędzy opcjami [*interpersonal detection two-alternative forced choice task*; IDT 2-AFC; (Manera, Becchio, i in., 2011)] mające na celu ocenę procesów związanych z interpersonalnym kodowaniem predykcyjnym. W trakcie każdej próby zadania uczestnikom przedstawiano dwie animacje zawierające ruch punktów świetlnych jednej lub dwóch osób. W trakcie każdej z animacji jedna z prezentowanych postaci (Osoba A) była w pełni widoczna na ekranie i wykonywała jeden z trzech gestów komunikacyjnych („popatrz w górę”, „kucnij”, „usiądź”; próby COM), lub też jedną z trzech indywidualnych czynności (picie napoju ze szklanki, obrót, kichnięcie; próby IND). W trakcie jednej z dwóch animacji wyświetlanych w ramach każdej z prób (*animacja z bodźcem*), po przeciwnej stronie ekranu względem Osoby A prezentowana była druga postać (Osoba B), która, wykonywała jedną z trzech określonych czynności (patrzy w górę, kuca, siada). W przypadku warunku COM, czynność Osoby B zawsze odpowiadała na gest Osoby A (np. A wykonuje gest „kucnij”, B



kuca). Próby w warunkach IND zostały opracowane poprzez podstawienie indywidualnej czynności o identycznym czasie rozpoczęcia i trwania w miejsce gestu komunikacyjnego Osoby A. W przypadku drugiej z przedstawianych animacji w miejsce czynności wykonywanej przez Osobę B wyświetlano odpowiadający jej pod kątem złożoności ruch nie-biologiczny (*animacja z szumem*). Zadaniem osoby badanej było wskazanie, która z dwóch animacji obejmowała prezentację Osoby B (*animacja z bodźcem*). Zarówno ruch biologiczny Osoby B, jak i ruch nie-biologiczny demonstrowane były w warunkach maskowania przy użyciu dodatkowych, poruszających się w sposób przypadkowy, punktów. Poziom zamaskowania bodźców wyznaczany był indywidualnie dla każdego uczestnika na podstawie wykonania zadania treningowego, w ramach którego był on proszony o różnicowanie ruchu biologicznego i nie-biologicznego przy różnej liczbie maskujących punktów (0, 5, 10, 20, 40 dodatkowych punktów). Na podstawie jego wyników obliczana była liczba dodatkowych punktów, przy której badani powinni być w stanie rozróżnić ruch biologiczny od nie-biologicznego z około siedemdziesięcioprocentową skutecznością. Schemat animacji z bodźcem przedstawiono na Ryc. 9. Dodatkowo, badanym prezentowano również skróconą, 12-itemową wersję zadania CID-5, która obejmowała m.in. wszystkie sytuacje, które wykorzystywane były w zadaniu IDT, jak również zadania oceniające wolicjonalne poznanie społeczne (Test Oczu; Baron-Cohen, Wheelwright, Hill, Raste, Plumb, 2001), jak również procesy poznawcze niespecyficzne dla sfery społecznej (B-CATS; Hurford, Marder, Keefe, Reise, Bilder, 2011).

Wyniki badania zaprezentowano na Ryc. 9. Po pierwsze, zgodnie z wnioskami wcześniejszej meta-analizy, wskazującej na istotne zaburzenia w zakresie przetwarzania ruchu biologicznego u osób chorych na schizofrenię ($SMD=0,65$; Praca #1), u pacjentów w trakcie zadania wstępnego stwierdzono obniżoną zdolność różnicowania zamaskowanego ruchu biologicznego i nie-biologicznego. Na podstawie danych zebranych w ramach zadania treningowego stwierdzono, iż pacjenci będą w stanie wykonać zadanie główne z zakładaną (70%) poprawnością przy istotnie niższym poziomie natężenia „szumu” niż osoby zdrowe ($SCZ: 9 \pm 6$ dodatkowych punktów vs. $HC: 21 \pm 10$ dodatkowych punktów; $F(1, 84)=46,4$ $p<0,001$). Dodatkowo, nawet pomimo faktu, iż poziom zamaskowania bodźców wyznaczany był indywidualnie dla każdego uczestnika, tak by zapewnić podobny poziom wykonania zadania IDT-2AFC w obu grupach osób badanych, u osób chorych na schizofrenię obserwowano niższy poziom

wykonania zadania głównego IDT-2AFC niż u osób zdrowych (SCZ: 67+/-14% vs. HC: 74+/-12%; $F(1, 84)=6,5$ $p<0,05$).



Ryc. 9. Górny rząd: Główne wyniki zadania IDT-2AFC. Schemat po lewej: wizualizacja animacji z bodźcem. Wykres po lewej: liczba punktów maskujących wyznaczona na podstawie zadania poprzedzającego; środkowy wykres: wrażliwość różnicowania ruchu biologicznego dla prób przedstawiających interakcję (d' Communicative) oraz indywidualne działania obu osób (d' Individual); wykres po prawej: różnica we wrażliwości różnicowania ruchu biologicznego pomiędzy warunkami (interpersonalne kodowanie predykcyjne). Dolny rząd: Główne wyniki skróconej wersji zadania CID-5: Schemat po lewej: wizualizacja próby zadania CID-5. Wykres po lewej: poprawność odpowiedzi dla klasyfikacji animacji; wykres po prawej: poprawność odpowiedzi dla identyfikacji specyficznych czynności. Oba rzędy: linie poziome wskazują na różnice między grupami (okrągłe gryfy) lub warunkami (gryfy w kształcie rombu). Słupki błędów odpowiadają odchyleniu standardowemu. HC – osoby zdrowe; SCZ – pacjenci chorzy na schizofrenię. * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$ [Oryginalna rycina z Pracy #4].

Na podstawie wyników zadania obliczono wskaźniki teorii detekcji sygnałów (SDT): wrażliwość (d') oraz kryterium (c). Pierwsza z powyższych zmiennych opisuje na ile sprawnie badani są w stanie odróżnić sygnał (w tym przypadku ruch biologiczny) od szumu (ruch przypadkowy). Drugi z nich wskazuje natomiast na ile badani wykazują tendencję do odpowiedzi w określony sposób (np. systematycznie wybierają pierwszą próbę, jako zawierającą sygnał). Ich analiza wykazała istotny efekt warunku dla

[Signature]

wrażliwości różnicowania ruchu biologicznego i nie-biologicznego ($F(1, 84) = 9,9$ $p < 0,01$), której wyższy poziom stwierdzono w próbach COM ($d' = 0,95 \pm 0,68$) niż w próbach IND ($d' = 0,82 \pm 0,74$). Dodatkowo, w grupie pacjentów obserwowano niższą drażliwość różnicowania ruchu biologicznego vs. nie-biologicznego w trakcie zadania w porównaniu z grupą osób zdrowych ($F(1, 84) = 5,1$ $p = 0,026$ SCZ: $d' = 0,73 \pm 0,68$ HC: $1,06 \pm 0,65$). Jednocześnie nie stwierdzono istotnego efektu interakcji pomiędzy grupą i warunkiem ($F(1, 84) = 0,6$ n.s.). Dodatkowo, by określić czy hipoteza zerowa wskazująca na brak różnic pomiędzy grupami w zakresie wzorca wykonania zadania jest bardziej prawdopodobna od hipotezy o interakcji, obliczono wskaźnik Bayesa ($BF_{01} = 3,6$), którego analiza pozwoliła stwierdzić, iż biorąc pod uwagę zebrane dane, hipoteza zerowa jest ponad trzykrotnie bardziej prawdopodobna niż hipoteza o interakcji. Co więcej, moc wskaźnika Bayesa sugerowała na znaczną (*substantial*) moc dowodów świadczących o podobnym wpływie warunku na wykonanie zadania w obu grupach (Kass i Raftery, 1995). Wynik ten sugeruje, iż pacjenci, pomimo obniżonej drażliwości na ruch biologiczny vs. nie-biologiczny, wciąż byli w stanie użyć informacji niesionej przez wskazówkę, którą był gest komunikacyjny Osoby A by sprawniej wykryć działanie drugiej z osób.

Jednocześnie w skróconej wersji zadania CID-5 zaobserwowano istotne różnice pomiędzy grupami, zarówno w przypadku klasyfikacji bodźców (SCZ: $3,7 \pm 1,2$ vs. HC: $5,2 \pm 0,7$; $F(1, 79) = 49,2$; $p < 0,001$), jak i rozpoznawania specyficznych czynności (SCZ: $3,4 \pm 1,2$ vs. HC: $4,8 \pm 0,9$; $F(1, 79) = 37,2$; $p < 0,001$), które związane były z niższym poziomem wykonania zadania u pacjentów niż u osób zdrowych. Dodatkowo, wyniki CID-5 związane były u pacjentów z szeregiem zmiennych klinicznych - zarówno objawy wytwórcze, jak i poziom lęku był istotnie związany ze skłonnością do klasyfikacji bodźców jako interakcje w trakcie CID-5. Jednocześnie, nasilenie objawów wytwórczych, jak i ubytkowych związane było negatywnie ze zdolnością identyfikacji specyficznych czynności z warunku COM w trakcie skróconej wersji CID-5. Dodatkowo, zdolność rozpoznawania specyficznych czynności w CID-5 związana była z poziomem procesów wolicjonalnego poznania społecznego u pacjentów. Jednocześnie, nie zaobserwowano istotnych związków pomiędzy którąkolwiek ze zmiennych klinicznych a zmiennymi mierzonymi z IDT-2AFC. Drażliwość na ruch biologiczny w trakcie IDT-2AFC była jednak istotnie powiązana z szybkością psychomotoryczną pacjentów. Wyniki te sugerują, iż objawy choroby mogą być w negatywny sposób związane ze zdolnością sformułowania interpretacji specyficznych czynności komunikacyjnych, o które badani są pytani

w sposób jawny, lecz nie są one związane z przetwarzaniem *implicite* informacji niesionych przez czynność komunikacyjną jednej z osób.

Dodatkowo, w celu dalszej eksploracji mechanizmów związanych z IPC u pacjentów, część z uczestników badania wykonywała również wersję zadania detekcji interpersonalnej, w którym po każdej animacji uczestnik proszony był o określenie czy demonstrowano w jej trakcie Osobę B (zadanie *tak/nie*; IDT-YN). Przy użyciu tej wersji zadania IDT, Manera i in. (Manera, Del Giudice, i in., 2011) stwierdzili, iż u osób zdrowych po przedstawieniu gestu komunikacyjnego Osoby A obserwować można większą skłonność (bardziej liberalne kryterium *c*) do percepcji zamaskowanej czynności Osoby B, niezależnie od jej faktycznej prezentacji. Efekt ten („złudzenie drugiej osoby”) zinterpretowany został w kontekście wpływu interpersonalnego kodowania predykcyjnego na procesy percepcji u osób zdrowych. Wyniki zebrane w ramach niniejszego cyklu badań w grupie 39 pacjentów oraz 17 osób zdrowych również wskazały na obniżenie kryterium *c* w próbach, w których przedstawiono gest komunikacyjny Osoby A (COM: $-0,02 \pm 0,49$ vs. IND: $0,17 \pm 0,36$; $F(1,59)=11,9$ $p<0,01$). Jednocześnie, nie zaobserwowano efektu grupy, czy też interakcji między grupą a warunkiem zadania, zaś metody wnioskowania bayesowskiego pozwoliły określić, iż hipoteza o podobnym wpływie warunku zadania na kryterium w obu grupach jest trzykrotnie bardziej prawdopodobna na podstawie zebranych danych niż hipoteza o interakcji [$BF_{01}=3,2$; znaczna (*substantial*) moc dowodów; Kass i Raftery (1995)], co świadczyć może o tym, iż w obu grupach gest komunikacyjny Osoby A był związany ze zwiększoną skłonnością do percepcji drugiej z osób, niezależnie od jej faktycznej prezentacji. W grupie pacjentów podatność na „złudzenie drugiej osoby” była negatywnie związana z poziomem umiejętności wolicjonalnego poznania społecznego, co sugerować może nieprawidłowości w zakresie interakcji pomiędzy procesami automatycznego i wolicjonalnego poznania społecznego u osób chorych. Nie stwierdzono przy tym związku pomiędzy podatnością na „złudzenie drugiej osoby” a nasileniem objawów u pacjentów.

Wyniki powyższego badania, wskazały na szereg zjawisk dotyczących natury przetwarzania interakcji komunikacyjnych u osób zdrowych i u chorych na schizofrenię. Zgodnie z obserwacjami z wcześniejszych badań, stwierdzono w nim, że osoby zdrowe są w stanie z bardzo wysoką skutecznością rozpoznać, kiedy dwie osoby komunikują się ze sobą i precyzyjnie opisać naturę wykonywanych przez nich czynności (Manera i in.,

2015), jak również użyć informacji związanych z gestem komunikacyjnym jednej z prezentowanych osób jako predyktora czynności, która wykonana zostanie przez drugą z osób i dzięki temu sprawniej wykryć ją w warunkach maskowania wzrokowego (Manera, Becchio, i in., 2011; von der Lühе i in., 2016). Jednocześnie, u osób chorych na schizofrenię stwierdzono obniżoną zdolność różnicowania ruchu biologicznego i nie-biologicznego, klasyfikacji działań jako komunikatywne lub indywidualne oraz identyfikacji specyficznych czynności dwóch osób prezentowanych przy użyciu PLD, w porównaniu z osobami zdrowymi. Głównym wynikiem niniejszego badania jest jednak obserwacja, iż niezależnie od występujących w tej grupie uogólnionych deficytów w zakresie przetwarzania ruchu biologicznego i rozpoznawania interakcji komunikacyjnych przedstawionych *explicite* przy użyciu PLD, osoby chore na schizofrenię prezentują podobny poziom interpersonalnego kodowania predykcyjnego, co osoby zdrowe i podobnie jak one, są w stanie wykorzystać informacje niesione przez gest komunikacyjny jednej osoby by przewidzieć działania drugiej z osób. Dodatkowo, jak sugerują wyniki zebrane w podgrupie uczestników badania, pacjenci w podobnym stopniu, co osoby zdrowe podatni są na złudzenie percepcyjne związane z procesami interpersonalnego kodowania predykcyjnego („złudzenie drugiej osoby”).

W tym kontekście, istotne staje się odpowiedź na pytanie, jak możliwe jest, że pacjenci chorzy na schizofrenię, mimo problemów w zakresie rozpoznawania czynności przedstawionych przy użyciu PLD, są w stanie użyć danych pochodzących z tego źródła do celów związanych z kodowaniem predykcyjnym. Wyjaśnienie tej obserwacji związane może być z organizacją neuronalną interpersonalnego kodowania predykcyjnego (Kilner i in., 2007). Wskazuje się, że mechanizmy kodowania predykcyjnego w sferze społecznej oparte są na połączeniach funkcjonalnych pomiędzy siecią percepcji społecznej (pSTS) a siecią obserwacji czynności (AON: kora przedruchowa, IFG, laPS): informacja percepcyjna na temat innych osób przekazywana jest z STS do obszarów czołowych AON, w których zostaje użyta by wygenerować symulację czynności motorycznych (*motor resonance*) odpowiadających na zachowanie prezentowanej osoby. Następnie sygnały te przekazywane są z powrotem do sieci percepcji społecznej (pSTS). Wzajemna łączność funkcjonalna pomiędzy dwoma sieciami pozwala na kontynuację wymiany informacji do momentu, w którym powstaje model w najlepszy sposób tłumaczący zachowanie obserwowanych osób (Kilner i in., 2007). Łączność funkcjonalna pomiędzy AON i siecią



percepcji społecznej jest więc kluczowa dla procesów związanych z interpersonalnym kodowaniem predykcyjnym.

Opisane w poprzednim podrozdziale (Praca #3) wyniki badania z użyciem metod neuroobrazowania wskazały na zmniejszoną aktywność prawej pSTS u osób chorych na schizofrenię w porównaniu z osobami zdrowymi w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych prezentowanych przy użyciu PLD. Co więcej, u osób zdrowych, lecz nie u pacjentów, stwierdzono wzrost łączności funkcjonalnej pomiędzy prawą pSTS a strukturami AON w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych. Z drugiej strony, w obu grupach obserwowano podobną aktywność AON w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych w porównaniu z indywidualnymi działaniami dwóch osób, co wpisuje się we wcześniejsze rezultaty wskazujące na podobną aktywność AON u osób zdrowych i u chorych na schizofrenię w trakcie przetwarzania i imitacji czynności (Horan, Iacoboni, i in., 2014), oraz podobny poziom, uznawanej za neurofizjologiczny marker aktywności AON, supresji rytmu μ w obu grupach (Horan, Pineda, i in., 2014; Singh i in., 2011). Wyniki te sugerują, iż sygnały związane z kodowaniem predykcyjnym w sferze społecznej mogą być prawidłowo generowane w AON u osób chorych na schizofrenię. Jednocześnie, w związku z dysfunkcją pSTS, nie są one efektywnie wykorzystywane w trakcie przetwarzania bodźców społecznych. Sugeruje się, że w pSTS integrowane są informacje z poszczególnych sieci „mózgu społecznego” w celu wykorzystania do celów związanych np. z atrybucją stanów mentalnych (Yang i in., 2015), w związku z czym jego dysfunkcja przekładać może się na zaburzenia szeregu procesów wolicjonalnych u pacjentów. Na uogólnioną naturę deficytów poznania społecznego, która może być efektem dysfunkcji pSTS wskazywać może również związek pomiędzy obniżeniem poziomu wykonania skróconej wersji CID-5 a przetwarzaniem kompleksowych stanów umysłowych w ramach Testu Oczu, który stwierdzono u pacjentów.

W celu dalszej analizy potencjalnych mechanizmów leżących u źródeł wyników niniejszego badania, zestawić można je z wcześniejszym badaniem, które na celu miało analizę IPC u osób z zaburzeniami ze spektrum autyzmu (ASD; von der Lühе i in., 2016). Osoby z ASD nie różniły się od osób zdrowych w zakresie wrażliwości na ruch biologiczny, ani też umiejętności związanych z rozpoznawaniem czynności prezentowanych *explicite*, jednocześnie nie stwierdzono u nich efektów związanych z interpersonalnym kodowaniem predykcyjnym. Porównanie wyników obu badań wskazuje na odwrotne



wzorce dysocjacji pomiędzy procesami związanymi z przetwarzaniem *explicite* i *implicit* interakcji komunikacyjnych w obu grupach klinicznych: w przypadku osób z ASD zachodzić może dysocjacja pomiędzy zaburzonym interpersonalnym kodowaniem predykcyjnym a prawidłową interpretacją bodźców *explicite*, podczas gdy u pacjentów chorych na schizofrenię obserwować można uogólnione deficyty w zakresie wolicjonalnego poznania społecznego przy zachowanym interpersonalnym kodowaniu predykcyjnym. Wnioski te są zgodne z wynikami wskazującymi na przeciwne wzorce aktywności neuronalnej w trakcie przetwarzania informacji społecznych w obu grupach, szczególnie w odniesieniu do aktywności tylnej części bruzdy skroniowej górnej (pSTS) oraz skrzyżowania ciemieniowo-skroniowego (TPJ) (por. Abu-Akel, Apperly, Wood, Hansen, 2016; Ciaramidaro i in., 2015).

Przetwarzanie interakcji komunikacyjnych w kontekście afektywnej i poznawczej teorii umysłu u pacjentów chorych na schizofrenię (Praca #6).

Procesy wolicjonalnego poznania społecznego związane z atrybucją stanów umysłowych (tzw. teoria umysłu), stanowią obok rozpoznawania emocji na podstawie wyrazu twarzy, jedną z najczęściej badanych domen poznania społecznego w schizofrenii (Savla i in., 2013). Jednocześnie, wskazuje się również na fakt, iż teoria umysłu (ToM) nie jest zdolnością jednolitą, zaś w jej obrębie wyróżnić można komponenty składowe, które odnoszą się do atrybucji intencji i wierzeń (poznawcza teoria umysłu), lub też atrybucji stanu emocjonalnego innym osobom (afektywna teoria umysłu; Shamay-Tsoory i Aharon-Peretz, 2007). Oba typy procesów związane są z aktywnością podobnych, choć częściowo niezależnych sieci neuronalnych. Zarówno w przypadku zadań angażujących poznawczą, jak i afektywną teorię umysłu obserwować można obustronną aktywność skrzyżowania ciemieniowo-skroniowego (Schurz i in., 2014), jednocześnie atrybucja stanów afektywnych w większym stopniu związana jest z aktywnością przyśrodkowo-podstawnej kory przedczołowej (vmPFC; Corradi-Dell'Acqua, Hofstetter, Vuilleumier, 2014), podczas gdy zadania związane z poznawczą teorią umysłu w większym stopniu angażują grzbietowo-boczną korę przedczołową (Kalbe i in., 2010). Dodatkowo, afektywne komponenty złożonych procesów poznania społecznego, w istotnie większym stopniu związane są z aktywnością struktur sieci obserwacji czynności (lewa IFG) w porównaniu z komponentami poznawczymi (Oliver, Vieira, Neufeld, Dziobek, Mitchell, 2018). Badania z zakresu neuronauki rozwojowej świadczą o tym, że ontogenetycznie rozwój układu limbicznego poprzedza rozwój struktur przedczołowych, przez co rozwój



umiejętności związanych z afektywną teorią umysłu poprzedza rozwój umiejętności związanych z poznawczą teorią umysłu (Singer, 2006). Dodatkowo, wskazuje się, iż z uwagi na większy automatyzm procesów związanych z afektywną teorią umysłu, są one w mniejszym stopniu podatne na zaburzenia związane ze zmianami neurodegeneracyjnymi (Bottiroli, Cavallini, Ceccato, Vecchi, Lecce, 2016) czy też uszkodzeniami czaszkowo-mózgowymi (Dennis i in., 2013) w porównaniu z poznawczą teorią umysłu.

Wcześniejsze wyniki cyklu, sugerujące dysocjację pomiędzy mechanizmami wolicjonalnymi a automatycznymi w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych stanowiły podstawę do przeprowadzenia badania, którego celem było określenie czy w przypadku procesów związanych z wolicjonalnym poznaniem społecznym towarzyszących interpretowaniu złożonych interakcji pomiędzy innymi osobami również obserwować można różnice pomiędzy procesami bardziej (afektywna ToM) i mniej (poznawcza ToM) zautomatyzowanymi. W tym celu użyto nowatorskiego zadania, które pozwala na pomiar afektywnej i poznawczej teorii umysłu w ramach jednego paradygmatu i w odniesieniu do tych samych bodźców (Zadanie Werbalnej Teorii Umysłu - vToM; Pluta, Gawron, Sobańska, Wójcik, Łojek, 2017). W trakcie vToM uczestnikowi prezentowanych jest osiemnaście krótkich opisów sytuacji w ramach, których przedstawiono interakcje społeczne obejmujące użycie sarkazmu, ironii, gąfy, jak również fałszywe atrybucje i wierzenia. Po przedstawieniu opisu werbalnego każdej sytuacji, uczestnikom zadawane są pytania odnoszące się do wiedzy, intencji i przekonań (poznawcza ToM) oraz stanów afektywnych (afektywna ToM) opisanych osób, jak również pytania kontrolne sprawdzające rozumienie treści przedstawionego opisu.

W ramach badania dwudziestu czterech pacjentów chorych na schizofrenię i dwadzieścia dwie, dobrane pod kątem demograficznym, osoby zdrowe poddane zostały ocenie przy użyciu vToM, jak również standardowych zadań mierzących procesy teorii umysłu [Test Oczu, (Baron-Cohen i in., 2001); Animacje Frith-Happe; (White, Coniston, Rogers, Frith, 2011)] oraz rozpoznawania emocji na podstawie wyrazu twarzy (Olszanowski i in., 2014). Analiza wyników badania wskazała na istotny efekt grupy, który związany był z ogólnie gorszym wykonaniem zadania wśród pacjentów w porównaniu z osobami zdrowymi (HC: $88 \pm 8\%$ vs SCZ: $71 \pm 13\%$; $F(1, 43)=27,2$; $p<0,001$). Zaobserwowano również istotny efekt warunku zadania ($F(2, 43)=44,6$; $p<0,001$), który związany był z wyższym poziomem poprawności odpowiedzi w warunku kontrolnym

w porównaniu z warunkami związanymi z teorią umysłu (kontrolny: $88 \pm 10\%$; afektywna ToM: $77 \pm 16\%$; poznawcza ToM: $73 \pm 19\%$). Dodatkowo, stwierdzono również efekt interakcji pomiędzy czynnikami ($F(2, 43) = 6,2$; $p < 0,01$), który związany był z obecnością różnic w poziomie obu komponentów teorii umysłu u osób chorych na schizofrenię (poznawcza ToM: $62 \pm 7\%$ vs. afektywna ToM: $68 \pm 17\%$; $t(23) = 2,1$ $p < 0,05$), lecz nie u osób zdrowych (poznawcza ToM: $85 \pm 13\%$ vs. afektywna ToM: $86 \pm 7\%$ $t(20) = 0,4$; n.i.). Jednocześnie, uczestnicy z obu grup odpowiadali z wyższym poziomem poprawności na pytania kontrolne (osoby zdrowe: $94 \pm 6\%$; pacjenci $83 \pm 10\%$) niż na pytania z obu warunków związanych z teorią umysłu. Zgodnie z wynikami wcześniejszych badań (Savila i in., 2013) istotne obniżenie wykonania zadań obserwowane było również w każdym z pozostałych zadań mierzących teorię umysłu oraz rozpoznawanie emocji na podstawie wyrazu twarzy, zaś poziom umiejętności związanych, zarówno z poznawczą jak i afektywną teorią umysłu mierzoną przy użyciu vToM był istotnie powiązany z rozpoznawaniem emocji prezentowanych w Animacjach Frith-Happe.

Wyniki powyższego badania wskazały na obecność deficytów w zakresie szerokiego spektrum umiejętności związanych z wolicjonalnym poznaniem społecznym u osób chorych na schizofrenię. Jednocześnie bezpośrednie porównanie dwóch komponentów teorii umysłu, które prowadzone było w obrębie jednego, werbalnego zadania, wykazało, iż u pacjentów mniejszego stopnia deficyty obserwować można w odniesieniu do tej, która uznawana jest za bardziej automatyczną (afektywna teoria umysłu), w porównaniu z tą, która się ściśle na przetwarzaniu wolicjonalnym (poznawcza teoria umysłu). Wynik ten, podobnie jak wcześniejsze badania opierające się na PLD, wskazywać może na ustalony gradient zaburzeń rozumienia interakcji społecznych, które nasilają się wraz ze zmniejszającym się stopniem automatyzacji mierzonych procesów poznania społecznego.

Wnioski i dalsze kierunki badań.

Interpretacja interakcji komunikacyjnych jest złożonym procesem, który związany jest z dynamicznym współdziałaniem mechanizmów automatycznego i wolicjonalnego poznania społecznego, jak również wzrostem aktywności i łączności funkcjonalnej głównych sieci „mózgu społecznego” (Quadflieg i Koldewyn, 2017). Niniejszy cykl badań stanowił próbę kompleksowego ujęcia procesów behawioralnych i neuronalnych, które towarzyszą przetwarzaniu interakcji komunikacyjnych u osób chorych na schizofrenię. Jego wyniki wykazały, iż u pacjentów obserwować można szereg zjawisk wskazujących



na zróżnicowany poziom poszczególnych procesów powiązanych z przetwarzaniem interakcji komunikacyjnych.

Po pierwsze, zgodnie z wynikami meta-analizy 14 badań z udziałem łącznie 571 pacjentów oraz 482 osób zdrowych (Praca #1), która wskazała na obecność istotnych zaburzeń w zakresie przetwarzania ruchu biologicznego w schizofrenii, u osób chorych obserwowano zaburzenia w zakresie percepcji społecznej w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych. Pacjenci byli w mniejszym stopniu w stanie rozpoznać ruch biologiczny prezentowany w ramach interakcji komunikacyjnych, jak również określić jaką specyficzną czynność wykonywały osoby przedstawione przy użyciu PLD (Praca #4). Dodatkowo, obniżona zdolność przetwarzania interakcji komunikacyjnych u pacjentów, powiązana została ze zmniejszeniem aktywności struktury kluczowej dla percepcji społecznej (tylna część brzozy skroniowej górnej; Praca #3).

Po drugie, zgodnie z wcześniejszymi wynikami wskazującymi na zaburzenia przetwarzania intencji na podstawie PLD w populacjach psychiatrycznych (Praca #2), u osób chorych na schizofrenię obserwowano obniżenie zdolności związanych z teorią umysłu w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych. W dwóch niezależnych od siebie grupach pacjentów stwierdzono obniżenie zdolności klasyfikacji intencji prezentowanych osób jako komunikacyjne lub indywidualne (Praca #3; Praca #4). Problemy w tym zakresie połączone zostały u pacjentów z obniżeniem łączności funkcjonalnej pomiędzy siecią percepcji społecznej, a strukturami wchodzącymi w skład sieci teorii umysłu (Praca #3). Dodatkowo, w ramach osobnego zadania stwierdzono, iż u pacjentów w trakcie przetwarzania złożonych interakcji społecznych obserwować można zaburzenia zarówno w odniesieniu do poznawczej, jak i afektywnej teorii umysłu (Praca #6).

Jednocześnie, obok analizy procesów wolicjonalnych związanych z percepcją społeczną i teorią umysłu, celem niniejszego cyklu badań była również ocena procesów automatycznego poznania społecznego zachodzących w trakcie przetwarzania interakcji społecznych u osób chorych na schizofrenię. Co więcej, wedle wiedzy Autora, w ramach niniejszego cyklu po raz pierwszy ocenie poddano mechanizmy kodowania predykcyjnego w sferze społecznej w schizofrenii. Uzyskane w jego ramach wyniki wskazały, iż niezależnie od deficytów w zakresie percepcji społecznej i teorii umysłu obserwowanych u pacjentów w trakcie interpretacji interakcji komunikacyjnych, poziom procesów automatycznego poznania społecznego, towarzyszących przetwarzaniu

interakcji komunikacyjnych, nie różnicował pacjentów od osób zdrowych. W ramach cyklu badań stwierdzono, iż osoby chore na schizofrenię, podobnie jak osoby zdrowe są w stanie w sposób automatyczny użyć informacji niesionych przez gest komunikacyjny jednej z obserwowanych osób by przewidzieć działanie drugiej z nich, co wskazuje na podobny poziom interpersonalnego kodowania predykcyjnego w obu grupach (Praca #4). Dodatkowo, u pacjentów stwierdzono podobny stopień podatności na „złudzenie drugiej osoby”, które związane jest z wpływem interpersonalnego kodowania predykcyjnego na procesy percepcji, co u osób zdrowych (Praca #5). Wyniki te połączyć można z podobnym wzrostem aktywności sieci obserwacji czynności w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych w porównaniu z indywidualnymi działaniami dwóch osób w grupach osób zdrowych i pacjentów chorych na schizofrenię (Praca #3).

Wyniki uzyskane w ramach cyklu pozwalają sformułować model przetwarzania interakcji komunikacyjnych u osób chorych na schizofrenię, który wskazuje, na dysocjację pomiędzy zachodzącymi szybko, automatycznie i w sposób nieświadomiony procesami związanymi z interpersonalnym kodowaniem predykcyjnym a zachodzącymi relatywnie powoli, świadomie i wolicjonalnie procesami związanymi z interpretacją interakcji społecznych u pacjentów. Model ten wpisuje się w rezultaty wcześniejszych badań wskazujących na dysocjację automatycznego i wolicjonalnego poznania społecznego w trakcie przetwarzania emocji na podstawie wyrazu twarzy (Linden i in., 2010; van't Wout i in., 2007), prozodii werbalnej (Roux, Christophe, Passerieux, 2010) czy też atrybucji stanów mentalnych (Roux, Smith, Passerieux, Ramus, 2016) u osób chorych na schizofrenię. Wyniki te, rozważane w kontekście procesów dualnych, sugerować mogą istotną rolę starszych filogenetycznie i opierających się głównie na informacjach sensorycznych mechanizmów automatycznego poznania społecznego w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych u osób chorych na schizofrenię. Dodatkowo, na ustalony gradient narastania zaburzeń u pacjentów, zgodnie z którym ich mniejsze natężenie obserwować można dla procesów bardziej zautomatyzowanych i starszych onto- i filogenetycznie, wskazują wyniki niniejszego cyklu odnoszące się do przetwarzania ruchu biologicznego (mniejsze deficyty w porównaniu z np. przetwarzaniem wyrazu twarzy; Praca #1) czy afektywnej teorii umysłu (mniejsze deficyty w porównaniu z poznawczą teorią umysłu; Praca #6) w schizofrenii.



Jednocześnie, w przeciwieństwie do młodszych filogenetycznie procesów wolicjonalnego poznania społecznego, które pozwalają na adaptatywną reakcję w zależności od sytuacji, procesy automatycznego poznania społecznego cechują się małą elastycznością i działaniem w sposób niezależny od specyficznych czynników sytuacyjnych (Lieberman, 2007). Dlatego też, jak sugeruje Lundberg (2013), opieranie się przez pacjentów głównie na mechanizmach automatycznego poznania społecznego skutkować może błędami atrybucji, nieadekwatnym przetwarzaniem informacji społecznych, jak również trudnościami w zakresie zmiany nieprawidłowych wzorców odpowiedzi na bodźce społeczne. Sugestia, iż nadmierne poleganie na mechanizmach automatycznego poznania społecznego może utrudniać świadome przetworzenie prezentowanych interakcji komunikacyjnych, znalazła w niniejszym cyklu odzwierciedlenie w negatywnym związku pomiędzy podatnością na „złudzenie drugiej osoby” a umiejętnościami związanymi z wolicjonalnym poznaniem społecznym stwierdzonym u pacjentów (Praca #5).

Dodatkowo, interpretacja wyników poniższego cyklu w odniesieniu do badań z udziałem uczestników z innej grupy klinicznej pozwala sformułować wnioski odnoszące się do ogólnej organizacji mechanizmów poznania społecznego towarzyszących przetwarzaniu interakcji społecznych, co stanowić może istotny wkład na szerszym polu badań nad poznaniem społecznym. Zestawienie efektów obserwowanych w ramach niniejszego cyklu z wynikami wcześniejszego badania, w którym stwierdzono zaburzenia automatycznego poznania społecznego u osób z zaburzeniami ze spektrum autyzmu przy braku różnic w zakresie wolicjonalnego poznania społecznego pomiędzy osobami z zaburzeniami ze spektrum autyzmu a osobami zdrowymi w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych (von der Lühe i in., 2016), wskazuje na możliwość podwójnej dysocjacji pomiędzy procesami automatycznego i wolicjonalnego poznania społecznego związanymi z przetwarzaniem interakcji komunikacyjnych. Sugeruje się, iż oba typy procesów dualnych dostarczają komplementarnych informacji na temat przetwarzanych bodźców społecznych, zaś ich sprawne współdziałanie warunkuje prawidłowe przetwarzanie złożonych sytuacji społecznych (Bohl i van den Bos, 2012). Obserwacja zaburzeń interpersonalnego kodowania predykcyjnego przy prawidłowej zdolności sformułowania jawnej interpretacji interakcji komunikacyjnych u osób z zaburzeniami ze spektrum autyzmu, oraz odwrotnego wzorca wyników u osób chorych na schizofrenię, wskazywać może na pełną niezależność pomiędzy interpersonalnym kodowaniem



predykcynym a jawną interpretacją interakcji komunikacyjnych. Podwójna dysocjacja pomiędzy interpersonalnym kodowaniem predykcynym a zdolnością świadomej interpretacji interakcji komunikacyjnych sugeruje, iż sprawność mechanizmów interpersonalnego kodowania predykcynego nie jest niezbędna (osoby z zaburzeniami ze spektrum autyzmu), ani też wystarczająca (pacjenci chorzy na schizofrenię) dla sprawnego przetworzenia interakcji społecznych na poziomie świadomym.

Choć opisany powyżej model odnosi się do teorii procesów dualnych, w odniesieniu do której tłumaczony jest szereg zjawisk na polu psychologii i neuronauki społecznej, wskazać można również na inne czynniki, które mogły wpłynąć na uzyskane w ramach cyklu wyniki. Po pierwsze, mimo iż dostępne są silne dowody na odrębność domeny poznania społecznego od poznania nie-społecznego, niespecyficzne deficyty poznawcze obserwowane u pacjentów wpływać mogą istotnie na procesy zachodzące w trakcie przetwarzania informacji społecznych (Lyons i Koenig, 2013). Dotyczyć może to zarówno automatycznego poznania społecznego, na które istotnie wpływać mogą takie czynniki jak zaburzenia percepcyjne i obniżenie szybkości psychomotorycznej, jak i wolicjonalnego poznania społecznego, dla którego sprawnego działania niezbędne są procesy pamięci operacyjnej, funkcji wykonawczych czy też zdolności językowe (Roux i in., 2016). Jak wskazują wyniki systematycznego przeglądu literatury (Praca #1), przetwarzanie ruchu biologicznego u osób chorych związane może być z szeregiem niespecyficznych umiejętności wzrokowo-przestrzennych, co znalazło odbicie w stwierdzonym w grupie pacjentów związku pomiędzy szybkością psychomotoryczną a wrażliwością na ruch biologiczny w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych (Praca #4). Jednocześnie, w omawianym cyklu badań nie mierzono poziomu zdolności werbalnych ani funkcji wykonawczych u pacjentów. Meta-analiza 247 badań z udziałem łącznie 18 300 pacjentów i osób zdrowych wskazała na obecność znacznego stopnia deficytów u osób chorych na schizofrenię w zakresie każdej z tych domen (Fioravanti, Bianchi, Cinti, 2012). Jednocześnie, jak podkreślają Lyons i Koenig (2013), sprawność złożonych procesów wolicjonalnego poznania społecznego może w dużej mierze zależeć od poziomu funkcji językowych i funkcji wykonawczych. Zaburzenia w tym zakresie prowadzić mogą do obniżonej zdolności sformułowania werbalnego opisu działań obserwowanych osób, co przekładać może się na istotne różnice w zakresie interpretacji interakcji komunikacyjnych w zadaniach, w których są one prezentowane *explicitie*.



Możliwe jest więc, że deficyty w tym zakresie wpłynąć mogły na obniżenie poziomu zdolności związanych z wolicjonalnym poznaniem społecznym u pacjentów.

Drugim z istotnych czynników, który wpływać mógł w ramach niniejszego cyklu na procesy towarzyszące przetwarzaniu interakcji komunikacyjnych u osób chorych na schizofrenię są objawy choroby, jak również leczenie przeciwpsychotyczne, któremu poddani byli pacjenci. Choć sugeruje się, iż zaburzenia w zakresie kodowania predykcijnego stanowią istotny czynnik leżący u podstaw formowania się objawów wytwórczych u pacjentów (Fletcher i Firth, 2009), w ramach niniejszego cyklu nie obserwowano u pacjentów ani zaburzeń w zakresie kodowania predykcijnego w sferze społecznej, ani też związku pomiędzy poziomem interpersonalnego kodowania predykcijnego a nasileniem objawów choroby. Jednocześnie jednym z głównych ograniczeń cyklu, był fakt, iż w badaniach uczestniczyli wyłącznie pacjenci w stabilnym stanie klinicznym otrzymujący leczenie przeciwpsychotyczne. Zaburzenia procesów związanych z kodowaniem predykcijnym łączone są z nieprawidłowościami w zakresie aktywności układu dopaminergicznego (Murray i in., 2008), dlatego też możliwe jest, że normalizacja jego aktywności pod wpływem leczenia przeciwpsychotycznego wpłynęła na procesy związane z interpersonalnym kodowaniem predykcijnym u osób chorych na schizofrenię.

Wśród innych trajektorii potencjalnego wpływu objawów na mechanizmy poznania społecznego u pacjentów, na które selektywnie wpłynąć mogło leczenie przeciwpsychotyczne, wymienić można procesy związane z tzw. „nadmierną mentalizacją” (*overmentalizing*) i „niewystarczającą mentalizacją” (*undermentalizing*). Frith (2004) wskazał, iż poszczególne grupy objawów schizofrenii mogą być w różny sposób powiązane z zaburzeniami w zakresie teorii umysłu. W świetle tej konceptualizacji osoby z nasilonymi objawami wytwórczymi prezentować mogą zaburzenia związane z nadmierną atrybucją intencjonalności (np. atrybucja intencji komunikacyjnych indywidualnym działaniom), zaś u pacjentów z objawami ubytkowymi problemem może być niewystarczająca atrybucja intencjonalności (np. brak atrybucji intencji przy przetwarzaniu gestów komunikacyjnych). O ile sugestia ta zgodna jest z obserwacją, iż zarówno objawy wytwórcze jak i poziom lęku były istotnie związane ze skłonnością do klasyfikacji bodźców jako interakcje komunikacyjne w grupie pacjentów badanych w trakcie hospitalizacji (Praca #4), o tyle w grupie pacjentów leczonych ambulatoryjnie, u których obserwowano istotnie mniej nasilone objawy wytwórcze, ale



podobny poziom nasilenia objawów ubytkowych co u pacjentów hospitalizowanych, problemy w zakresie klasyfikacji bodźców powiązane były wyłącznie z objawami ubytkowymi (Praca #3). Fakt, iż leczenie przeciwpsychotyczne pozwala na skuteczną redukcję poziomu objawów wytwórczych, jednocześnie w niewielkim stopniu zmniejsza natężenie objawów ubytkowych u pacjentów, mógł więc dodatkowo wpłynąć na rozdział pomiędzy poszczególnymi procesami towarzyszącymi przetwarzaniu interakcji komunikacyjnych u osób chorych na schizofrenię.

Wyniki licznych badań wskazują, iż poziom umiejętności poznania społecznego może mieć kluczowe znaczenie dla codziennego funkcjonowania pacjentów. W ramach meta-analizy badań w tym obszarze stwierdzono, iż poziom umiejętności poznania społecznego wyjaśnia istotnie większy procent wariacji codziennego funkcjonowania osób chorych (16%) niż poziom procesów poznawczych niespecyficznych dla sfery społecznej (6%) (Fett i in., 2011). Dodatkowo, poziom umiejętności poznania społecznego może być mediatorem wpływu deficytów niższego rzędu (np. deficyty uwagi, pamięci, zdolności wzrokowo-przestrzenne) na zdolność funkcjonowania pacjentów w szeregu sfer życia (Horan, Lee, Green, 2013). Zgodnie z powyższymi wynikami, również w ramach niniejszego cyklu odnotowano związek pomiędzy poziomem codziennego funkcjonowania pacjentów a zdolnością przetwarzania interakcji komunikacyjnych (Praca #3). W tym kontekście, wnioski niniejszego cyklu dotyczące dysocjacji pomiędzy domenami automatycznego i wolicjonalnego poznania społecznego w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych u osób chorych na schizofrenię mogą mieć istotne znaczenie, również w kontekście aplikacyjnym, szczególnie w odniesieniu do interwencji nastawionych na wspieranie procesów poznania społecznego u pacjentów.

Większość, spośród dostępnych treningów poznania społecznego dla osób chorych na schizofrenię, skoncentrowanych jest na ćwiczeniu umiejętności związanych z wolicjonalnym poznaniem społecznym. Treningi te często opierają się przy tym na założeniu, iż trening niespecyficznych umiejętności poznawczych (por. Mueller, Schmidt, Roder, 2013) lub też zwiększenie kontroli nad procesami poznania społecznego poprzez analizę popełnianych błędów i generowanie alternatywnych wyjaśnień (por. Combs, Torres, Basso, 2013) jest kluczowe dla usprawniania funkcjonowania pacjentów w sferze społecznej. Jednocześnie, jak podkreślają Roberts i Pinkham (2013), wskazując na konieczność uwzględnienia procesów dualnych w planowaniu interwencji nacełowanych na poprawę poznania społecznego w schizofrenii, opieranie się głównie na



mechanizmach wolicjonalnego poznania społecznego może być w małym stopniu przydatne w ramach codziennego funkcjonowania w dynamicznym świecie interakcji społecznych. Z jednej strony więc wniosek, iż pacjenci w dużym stopniu polegać mogą na mechanizmach automatycznych przy przetwarzaniu interakcji komunikacyjnych, sugeruje konieczność uwzględnienia w ramach interwencji nakierowanych na usprawnianie poznania społecznego u pacjentów działań celowanych w uświadamianie pacjentom obecności mechanizmów automatycznych i potencjalnych konsekwencji, które niesie ich wykorzystanie (np. Trening Metapoznawczy; Moritz, Woodward, 2007). Z drugiej strony obserwacja podobnego poziomu procesów automatycznego poznania społecznego u pacjentów, co u osób zdrowych, pozwala na opracowanie treningów, których celem byłoby usprawnianie poznania społecznego poprzez i/ użycie zachowanych u pacjentów adaptatywnych mechanizmów (np. interpersonalne kodowanie predykcyjne), oraz ii/ wypracowanie nowych kompetencji poprzez automatyzację przydatnych w ramach codziennego funkcjonowania wzorców reakcji.

Inne możliwe pole aplikacji wyników uzyskanych w ramach cyklu związane jest z użyciem nieinwazyjnych metod stymulacji mózgu dla poprawy procesów poznania społecznego w schizofrenii. W ramach niniejszego cyklu wskazano na kluczową rolę tylnej części bruzdy skroniowej górnej dla integracji informacji na temat interakcji komunikacyjnych generowanej w poszczególnych sieciach „mózgu społecznego”. Dysfunkcja tej struktury, uznawanej za główny „węzeł mózgu społecznego”, może więc u źródła szeregu problemów, które napotykać mogą pacjenci w trakcie interpretacji interakcji społecznych. Z uwagi na brak istotnych efektów ubocznych oraz wysokie bezpieczeństwo użycia, przezczaszkowa stymulacja prądem (*transcranial current stimulation, tCS*) wskazywana jest jako metoda o wysokim potencjale w zakresie usprawniania funkcjonowania pacjentów chorych na schizofrenię (Rassovsky i in., 2015). Dostępne są również dane, świadczące o tym, iż u osób zdrowych stymulacja okolic pSTS przy użyciu tCS może mieć korzystny wpływ na zdolność przetwarzania informacji społecznych (Santiesteban i in., 2012), co pozwala sądzić, iż stymulacja pSTS może mieć istotny potencjał terapeutyczny dla poprawy przetwarzania interakcji komunikacyjnych, jak również innych złożonych procesów poznania społecznego w schizofrenii.

Wyniki uzyskane w ramach powyższego cyklu badawczego pozwoliły na postawienie szeregu kolejnych pytań obnoszących się do procesów towarzyszących przetwarzaniu interakcji komunikacyjnych w schizofrenii. Wśród istotnych ograniczeń

cyklu wskazać można m.in. fakt, iż mechanizmy związane z percepcją społeczną i teorią umysłu zachodzące w trakcie przetwarzania interakcji społecznych mierzone były w jego ramach wyłącznie przy użyciu paradygmatów *explicite*, zaś prezentowane interakcje komunikacyjne opierały się w większości na stereotypowym użyciu gestów komunikacyjnych. Powyższe ograniczenia leżały u podstaw nowych pytań badawczych odnoszących się do natury przetwarzania interakcji społecznych w schizofrenii: np. „Czy przy użyciu metod neurofizjologicznych (np. EEG) obserwować można podobne markery procesów *implicite* związanych z percepcją społeczną i teorią umysłu w trakcie przetwarzania interakcji komunikacyjnych u osób zdrowych i osób chorych na schizofrenię?”, „Jakie procesy towarzyszą przetwarzaniu specyficznych typów interakcji społecznych (np. interakcje w oparciu o gesty komunikacyjne, synchroniczna aktywność fizyczna dwóch osób, interakcje prezentujące emocje) u osób chorych na schizofrenię?”. W ramach aktualnie prowadzonego projektu badawczego, który uzyskał finansowanie ze środków NCN Sonata i stanowi jeden z głównych celów działania stworzonego przeze mnie zespołu Social Perception and Interaction Team (www.sopi-team.pl), staram się odpowiedzieć na powyższe pytania. Dzięki użyciu metod multimodalnego neuroobrazowania (EEG-fMRI), w ramach projektu analizowany będzie szereg procesów, zachodzących na poszczególnych etapach przetwarzania różnych typów interakcji społecznych u osób zdrowych i chorych na schizofrenię. Dodatkowo, w ramach drugiej części projektu, oceniany będzie wpływ nieinwazyjnej stymulacji pSTS na przetwarzanie informacji społecznych (w tym interakcji komunikacyjnych) u osób chorych na schizofrenię.

Podsumowanie

Rozumienie relacji zachodzących pomiędzy innymi osobami jest jedną z umiejętności niezbędnych do sprawnego funkcjonowania w świecie społecznym, w związku z czym zaburzenia w tym zakresie mogą przyczyniać się do obniżenia funkcjonowania społecznego obserwowanego w chorobach psychiatrycznych. Celem niniejszego cyklu badawczego była ocena procesów towarzyszących na poziomie behawioralnym i neuronalnym przetwarzaniu interakcji społecznych u osób zdrowych i u osób chorych na schizofrenię.

Dzięki użyciu nowatorskiej metodologii opierającej się na ograniczeniu informacji wzrokowej na temat prezentowanych osób do poziomu ruchu biologicznego, w ramach cyklu wykazano, iż pacjenci, pomimo obniżenia zdolności świadomej interpretacji



bodźców, są w stanie, podobnie jak osoby zdrowe, użyć gestu komunikacyjnego jednej z przedstawionych osób, by przewidzieć odpowiedź drugiej osoby („interpersonalne kodowanie predykcyjne”). Wyniki te połączone zostały z różnymi wzorcami aktywności i łączności sieci „mózgu społecznego” związanych z percepcją społeczną i teorią umysłu, obserwowanymi w obu grupach podczas przetwarzania interakcji komunikacyjnych. Analogiczny wzorzec funkcjonowania (mniejsze deficyty w odniesieniu do bardziej zautomatyzowanych procesów) stwierdzono u pacjentów również w trakcie atrybucji stanów mentalnych uczestnikom złożonych interakcji społecznych.

Uzyskane w ramach cyklu wyniki pozwoliły zbudować kompleksowy model organizacji mechanizmów związanych z przetwarzaniem interakcji społecznych w schizofrenii, wskazujący na dysocjację pomiędzy procesami automatycznego i wolicjonalnego poznania społecznego podczas przetwarzania interakcji komunikacyjnych u pacjentów. Na podstawie powyższego modelu zasugerowano potencjalne obszary aplikacji uzyskanych wyników, jak również postawiono kolejne pytania badawcze odnoszące się do natury przetwarzania interakcji społecznych w schizofrenii.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Zmienność rytmu serca mierzona w ramach codziennej aktywności jako marker psychofizjologiczny poznania społecznego

Prace:

1. Okruszek, Ł., Doğan, K., Lawrence, M., & Cella, M. (2017). The beat of social cognition: exploring the role of Heart Rate Variability as marker of mentalizing abilities. *Social neuroscience*, 12(5), 489-493.
2. Cella, M., Okruszek, Ł., Lawrence, M., Zarlenga, V., He, Z., & Wykes, T. (2017). Using wearable technology to detect the autonomic signature of illness severity in schizophrenia. *Schizophrenia research*, doi: 10.1016/j.schres.2017.09.028

W ramach linii badań prowadzonej we współpracy z dr. Matteo Cella z King's College London przeanalizowaliśmy potencjalną rolę zmienności rytmu serca mierzonej w ramach codziennej aktywności, jako markera przetwarzania informacji społecznych u osób zdrowych i u chorych na schizofrenię. Wskazuje się, iż struktury przodomózgowia poprzez jądro pasma samotnego w rdzeniu przedłużonym wpływać mogą na przywspółczulną regulację czynności serca przez nerw błędny (Thayer i in.,

2012). W tym ujęciu zmienność rytmu serca (HRV) stanowić może marker wpływu przyśrodkowej kory przedczołowej na ciało migdałowate w sytuacji, gdy niezbędna jest kontrola typu 'top-down' przy interpretacji nowych i nieznanych bodźców środowiskowych, na które automatyczną odpowiedzią jest reakcja zagrożenia. Zmniejszenie HRV znamionować może osłabienie tego typu kontroli, które prowadzić może do nadmiernej reakcji na bodźce o charakterze neutralnym. Interpretacja ta wsparta jest szeregiem obserwacji dotyczących związku pomiędzy zmniejszonym spoczynkowym HRV a gorszym funkcjonowaniem społecznym, deficytami poznania społecznego oraz zmniejszoną zdolnością regulacji emocji u osób zdrowych (Kemp i Quintana, 2013). Zgodnie z powyższymi wynikami, stwierdziliśmy, iż u osób zdrowych (n=25), obniżenie, mierzonego w ramach codziennej aktywności przy użycia urządzenia typu *smartwatch*, HRV jest istotnie związane z tendencją do postrzegania niejednoznacznych sytuacji społecznych jako zagrażających i wrogich (Okruszek, Dolan, Lawrence, Cella, 2017). Dodatkowo, zgodnie z wcześniejszymi sugestiami wskazującymi, iż obniżenie zmienności rytmu serca stanowić może endofenotypowy marker zaburzeń w zakresie regulacji emocji i przetwarzania bodźców zagrażających, które związane są z rozwojem zaburzeń psychicznych (Clamor i in., 2016), zaobserwowaliśmy negatywny związek pomiędzy nasileniem objawów wytwórczych u pacjentów a poziomem HRV mierzonego w ramach codziennej aktywności u osób chorych na schizofrenię (Cella, Okruszek, Lawrence, Zarlenga, He, Wykes; 2017).

Poznanie społeczne u osób chorych na padaczkę skroniową.

Prace:

1. Okruszek, Ł., Bala, A., Wordecha, M., Jarkiewicz, M., Wysokiński, A., Szczepocka, E., Piejka, A., Zaborowska, O., Szantroch, M., Rysz, A., Marchel, A. (2017). Social cognition in neuropsychiatric populations: a comparison of mind reading abilities in schizophrenia and mesial temporal lobe epilepsy. *Scientific Reports*, doi:10.1038/s41598-017-00565-2.
2. Bala, A.*, Okruszek, Ł.*, Piejka, A., Głębińska, A., Szewczyk, E., Bosak, K., Szantroch, M., Hyniewska, S., Rysz, A., Marchel, A. (w druku) Social perception in mesial temporal lobe epilepsy: interpreting social information from the eyes, moving shapes and biological motion. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*. - * równy wkład autorów



3. Okruszek, Ł., Bala, A., Dziekan, M., Szantroch, M., Rysz, A., Marchel, A., Hyniewska, S. (2017). Gaze matters! The effect of gaze direction on emotional enhancement of memory for faces in patients with mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 72, 35-38.

W ramach innej linii badań, która prowadzona jest we współpracy z Kliniką Neurochirurgii WUM, analizowane są procesy związane z poznaniem społecznym u osób chorych na padaczkę skroniową (MTLE). Zaburzenie to związane jest ze zmianami strukturalnymi oraz funkcjonalnymi w obrębie przyśrodkowej części płata skroniowego. Dodatkowo, z uwagi na występującą często w przypadku tego zaburzenia lekoodporność, leczeniem z wyboru w przypadku MTLE jest zwykle chirurgiczne usunięcie ogniska padaczkorodnego w układzie limbicznym. W związku z tym, zarówno choroba, jak i jej leczenie może istotnie wpływać na funkcjonowanie struktur neuronalnych kluczowych dla poznania społecznego. Celem pierwszego z prowadzonych badań była ocena procesów związanych z atrybucją stanów mentalnych u osób chorych na padaczkę skroniową. W jego ramach stwierdzono, iż pacjenci z padaczką skroniową ($n=31$) prezentują podobny poziom zdolności atrybucji stanów mentalnych co osoby chore na schizofrenię ($n=48$). Jednocześnie, u obu grup poziom zdolności związanych z teorią umysłu był istotnie obniżony w porównaniu z osobami zdrowymi (Okruszek, Bala, Wordecha i in., 2017). W ramach kolejnego badania, wskazaliśmy, iż u pacjentów z padaczką skroniową przed ($n=21$), jak i po leczeniu chirurgicznym ($n=19$) obserwować można obniżoną zdolność atrybucji stanów mentalnych w trakcie Animacji Frith-Happe, jak również deficyty w zakresie interpretacji bodźców z CID-5 w porównaniu z osobami zdrowymi ($n=20$) (Bala i in., w druku). W ramach ostatniego z badań, ocenie poddano procesy związane z automatycznym uczeniem się bodźców społecznych o różnym poziomie istotności dla odbiorcy u osób zdrowych i pacjentów z padaczką skroniową. W ramach zadania fasadowego (identyfikacja płci osób) uczestnikom prezentowano zdjęcia osób o różnym wyrazie twarzy (neutralny, gniew, strach), których wzrok zwrócony był wprost na uczestnika lub też obok niego. Następnie po odroczeniu uczestnicy proszeni byli o rozpoznanie uprzednio oglądanych twarzy wśród nowych bodźców. Zgodnie z wcześniejszymi wynikami, u osób zdrowych zaobserwowano efekty związane z bardziej sprawnym automatycznym uczeniem się bodźców emocjonalnych (twarze wyrażające strach lub gniew). Podobny efekt nie wystąpił u pacjentów z padaczką, u których stwierdzono wyłącznie wyższy poziom rozpoznawania twarzy, których wzrok nie był skierowany na uczestnika (Okruszek, Bala, Dziekan i in., 2017).



Łącznie, wyniki te wskazują na szereg zaburzeń w zakresie przetwarzania bodźców społecznych u osób z padaczką skroniową.

Łukasz Okruszek

Bibliografia

- Abu-Akel, A. M., Apperly, I. A., Wood, S. J., Hansen, P. C. (2016). Autism and psychosis expressions diametrically modulate the right temporoparietal junction. *Social Neuroscience*, 12(5), 1-13. doi:10.1080/17470919.2016.1190786
- Andrews, S. C., Enticott, P. G., Hoy, K. E., Thomson, R. H., Fitzgerald, P. B. (2015). No evidence for mirror system dysfunction in schizophrenia from a multimodal TMS/EEG study. *Psychiatry Research*, 228(3), 431-440. doi:10.1016/j.psychres.2015.05.067
- Atkinson, A. P., Heberlein, A. S., Adolphs, R. (2007). Spared ability to recognise fear from static and moving whole-body cues following bilateral amygdala damage. *Neuropsychologia*, 45(12), 2772-2782, doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.04.019
- Augusti, E.-M., Melinder, A., Gredebäck, G. (2010). Look Who's Talking: Pre-Verbal Infants' Perception of Face-to-Face and Back-to-Back Social Interactions. *Frontiers in Psychology*, doi:10.3389/fpsyg.2010.00161
- Backasch, B., Straube, B., Pyka, M., Klöhn-Saghatolislam, F., Müller, M. J., Kircher, T. T. J., Leube, D. T. (2013). Hyperintentionality during automatic perception of naturalistic cooperative behavior in patients with schizophrenia. *Social Neuroscience*, 8(5), 489-504. doi:10.1080/17470919.2013.820666
- Bala, A., Okruszek, Ł., Piejka, A., Głębińska, A., Szewczyk, E., Bosak, K., Szantroch, M., Hyniewska, S., Rysz, A., Marchel, A. (w druku) Social perception in mesial temporal lobe epilepsy: interpreting social information from the eyes, moving shapes and biological motion. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*.
- Baron-Cohen, S., O'Riordan, M., Stone, V., Jones, R., Plaisted, K. (1999). Recognition of faux pas by normally developing children and children with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29(5), 407-418.
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., Plumb, I. (2001). The "Reading the Mind in the Eyes" Test revised version: a study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 42(2), 241-251. doi:10.1017/S0021963001006643
- Bigelow, N. O., Paradiso, S., Adolphs, R., Moser, D. J., Arndt, S., Heberlein, A., Nopoulos, P., Andreasen, N. C. (2006). Perception of socially relevant stimuli in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 83(2-3), 257-267. doi:10.1016/j.schres.2005.12.856
- Billeke, P., Aboitiz, F. (2013). Social cognition in schizophrenia: from social stimuli processing to social engagement. *Frontiers in Psychiatry*, doi:10.3389/fpsyg.2013.00004
- Blain, S. D., Peterman, J. S., Park, S. (2017). Subtle cues missed: Impaired perception of emotion from gait in relation to schizotypy and autism spectrum traits. *Schizophrenia Research*, 183, 157-160. doi:10.1016/j.schres.2016.11.003
- Bohl, V., & van den Bos, W. (2012). Toward an integrative account of social cognition: marrying theory of mind and interactionism to study the interplay of Type 1 and Type 2 processes. *Frontiers in Human Neuroscience*, doi: 10.3389/fnhum.2012.00274.

- Bottiroli, S., Cavallini, E., Ceccato, I., Vecchi, T., Lecce, S. (2016). Theory of Mind in aging: Comparing cognitive and affective components in the faux pas test. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 62, 152-162. doi:10.1016/j.archger.2015.09.009
- Bourke, C., Douglas, K., Porter, R. (2010). Processing of facial emotion expression in major depression: a review. *The Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 44(8), 681-696. doi:10.3109/00048674.2010.496359
- Brittain, P., Ffytche, D. H., McKendrick, A., Surguladze, S. (2010). Visual processing, social cognition and functional outcome in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 178(2), 270-275. doi:10.1016/j.psychres.2009.09.013
- Brittain, P. J., Ffytche, D. H., Surguladze, S. A. (2012). Emotion perception and functional outcome in schizophrenia: the importance of negative valence and fear. *Psychiatry Research*, 200(2-3), 208-213. doi:10.1016/j.psychres.2012.07.027
- Brown, E. C., Brüne, M. (2012). The role of prediction in social neuroscience. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 147. doi:10.3389/fnhum.2012.00147
- Buckner, R. L., Krienen, F. M., Castellanos, A., Diaz, J. C., Yeo, B. T. T. (2011). The organization of the human cerebellum estimated by intrinsic functional connectivity. *Journal of Neurophysiology*, 106(5), 2322-2345. doi:10.1152/jn.00339.2011
- Cacioppo, J. T., Cacioppo, S., Dulawa, S., Palmer, A. A. (2014). Social neuroscience and its potential contribution to psychiatry. *World Psychiatry: Official Journal of the World Psychiatric Association (WPA)*, 13(2), 131-139. doi:10.1002/wps.20118
- Cella, M., Okruszek, Ł., Lawrence, M., Zarlenga, V., He, Z., & Wykes, T. (2017). Using wearable technology to detect the autonomic signature of illness severity in schizophrenia. *Schizophrenia research*. doi: 10.1016/j.schres.2017.09.028
- Centelles, L., Assaiante, C., Nazarian, B., Anton, J.-L., Schmitz, C. (2011). Recruitment of both the mirror and the mentalizing networks when observing social interactions depicted by point-lights: a neuroimaging study. *Plos One*, doi:10.1371/journal.pone.0015749
- Ciaramidaro, A., Bölte, S., Schlitt, S., Hainz, D., Poustka, F., Weber, B., Bara, B.G., Freitag, C., Walter, H. (2015). Schizophrenia and autism as contrasting minds: neural evidence for the hypo-hyper-intentionality hypothesis. *Schizophrenia Bulletin*, 41(1), 171-179. doi:10.1093/schbul/sbu124
- Clamor, A., Lincoln, T. M., Thayer, J. F., & Koenig, J. (2016). Resting vagal activity in schizophrenia: meta-analysis of heart rate variability as a potential endophenotype. *The British Journal of Psychiatry*, 208(1), 9-16.
- Combs, D.R., Torres, J., Basso, M.R. (2013). Social Cognition and Interaction Training W: D.L. Roberts, D.L. Penn (red.). *Social Cognition in Schizophrenia From Evidence to Treatment* (s. 384-400). New York: Oxford University Press.
- Corcoran, R., Mercer, G., Frith, C. D. (1995). Schizophrenia, symptomatology and social inference: investigating "theory of mind" in people with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 17(1), 5-13. doi:10.1016/0920-9964(95)00024-G
- Corradi-Dell'Acqua, C., Hofstetter, C., Vuilleumier, P. (2014). Cognitive and affective theory of mind share the same local patterns of activity in posterior temporal but not medial prefrontal cortex. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(8), 1175-1184. doi:10.1093/scan/nst097

- Couture, S.M., Penn, D.L. (2013). Introduction W: D.L. Roberts, D.L. Penn (red.). *Social Cognition in Schizophrenia From Evidence to Treatment* (s. 1-18). New York: Oxford University Press.
- Dapelo, M. M., Surguladze, S., Morris, R., Tchanturia, K. (2017). Emotion recognition in face and body motion in bulimia nervosa. *European Eating Disorders Review*. doi:10.1002/erv.2554
- Das, P., Calhoun, V., Malhi, G. S. (2012). Mentalizing in male schizophrenia patients is compromised by virtue of dysfunctional connectivity between task-positive and task-negative networks. *Schizophrenia Research*, 140(1-3), 51-58. doi:10.1016/j.schres.2012.06.023
- Dasgupta, S., Tyler, S. C., Wicks, J., Srinivasan, R., Grossman, E. D. (2017). Network connectivity of the right STS in three social perception localizers. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(2), 221-234. doi:10.1162/jocn_a_01054
- Deen, B., Koldewyn, K., Kanwisher, N., Saxe, R. (2015). Functional organization of social perception and cognition in the superior temporal sulcus. *Cerebral Cortex*, 25(11), 4596-4609. doi:10.1093/cercor/bhv111
- Dennis, M., Simic, N., Bigler, E. D., Abildskov, T., Agostino, A., Taylor, H. G., Rubin, K., Vannatta, K., Gerhard, C.A., Stancin, T., Yeates, K. O. (2013). Cognitive, affective, and conative theory of mind (ToM) in children with traumatic brain injury. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 5, 25-39. doi:10.1016/j.dcn.2012.11.006
- Dziobek, I., Fleck, S., Kalbe, E., Rogers, K., Hassenstab, J., Brand, M., Kessler, J., Woike, J.K., Wolf, O.T., Convit, A. (2006). Introducing MASC: a movie for the assessment of social cognition. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(5), 623-636. doi:10.1007/s10803-006-0107-0
- Fett, A. K. J., Shergill, S. S., Krabbendam, L. (2015). Social neuroscience in psychiatry: unravelling the neural mechanisms of social dysfunction. *Psychological Medicine*, 45(6), 1145-1165. doi:10.1017/S0033291714002487
- Fett, A.-K. J., Vliechtbauer, W., Dominguez, M.-G., Penn, D. L., van Os, J., Krabbendam, L. (2011). The relationship between neurocognition and social cognition with functional outcomes in schizophrenia: a meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35(3), 573-588. doi:10.1016/j.neubiorev.2010.07.001
- Fioravanti, M., Bianchi, V., & Cinti, M. E. (2012). Cognitive deficits in schizophrenia: an updated metanalysis of the scientific evidence. *BMC psychiatry*, 12(1), 64.
- Fletcher, P. C., & Frith, C. D. (2009). Perceiving is believing: a Bayesian approach to explaining the positive symptoms of schizophrenia. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(1), 48-58. doi: 10.1038/nrn2536.
- Frith, C. D. (2004). Schizophrenia and theory of mind. *Psychological medicine*, 34(3), 385-389.
- Frith, C. D., Frith, U. (2012). Mechanisms of social cognition. *Annual Review of Psychology*, 63, 287-313. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100449
- Green, M. F., Horan, W. P., Lee, J. (2015). Social cognition in schizophrenia. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(10), 620-631. doi:10.1038/nrn4005

- Green, M. F., Horan, W. P., Lee, J., McCleery, A., Reddy, L. F., Wynn, J. K. (2017). At issue: social disconnection in schizophrenia and the general community. *Schizophrenia Bulletin*. doi:10.1093/schbul/sbx082
- Griffin, J. D., & Fletcher, P. C. (2017). Predictive processing, source monitoring, and psychosis. *Annual review of clinical psychology*, 13, 265-289.
- Grosbras, M.-H., Beaton, S., Eickhoff, S. B. (2012). Brain regions involved in human movement perception: a quantitative voxel-based meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 33(2), 431-454. doi:10.1002/hbm.21222
- Happé, F., Cook, J. L., & Bird, G. (2017). The structure of social cognition: In (ter) dependence of sociocognitive processes. *Annual review of psychology*, 68, 243-267.
- Hari, R., Henriksson, L., Malinen, S., Parkkonen, L. (2015). Centrality of social interaction in human brain function. *Neuron*, 88(1), 181-193. doi:10.1016/j.neuron.2015.09.022
- Hashimoto, N., Toyomaki, A., Hirai, M., Miyamoto, T., Narita, H., Okubo, R., Kusumi, I. (2014). Absent activation in medial prefrontal cortex and temporoparietal junction but not superior temporal sulcus during the perception of biological motion in schizophrenia: a functional MRI study. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 10, 2221-2230. doi:10.2147/NDT.S70074
- Haxby, J.V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M.I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 223-233.
- Heberlein, A. S., Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H. (2004). Cortical regions for judgments of emotions and personality traits from point-light walkers. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(7), 1143-1158. doi:10.1162/0899929041920423
- Heenan, A., Troje, N. F. (2014). Both physical exercise and progressive muscle relaxation reduce the facing-the-viewer bias in biological motion perception. *Plos One*, doi:10.1371/journal.pone.0099902
- Henry, J. D., Thompson, C., Rendell, P. G., Phillips, L. H., Carbert, J., Sachdev, P., Brodaty, H. (2012). Perception of biological motion and emotion in mild cognitive impairment and dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 18(5), 866-873. doi:10.1017/S1355617712000665
- Hoekert, M., Kahn, R. S., Pijnenborg, M., Aleman, A. (2007). Impaired recognition and expression of emotional prosody in schizophrenia: review and meta-analysis. *Schizophrenia Research*, 96(1-3), 135-145. doi:10.1016/j.schres.2007.07.023
- Horan, W. P., Iacoboni, M., Cross, K. A., Korb, A., Lee, J., Nori, P., Quintana, J., Wynn, J.K., Green, M. F. (2014). Self-reported empathy and neural activity during action imitation and observation in schizophrenia. *NeuroImage, Clinical*, 5, 100-108. doi:10.1016/j.nicl.2014.06.006
- Horan, W.P., Lee, J., Green, M.F. (2013). Social Cognition and Functional Outcome in Schizophrenia W: D.L. Roberts, D.L. Penn (red.). *Social Cognition in Schizophrenia From Evidence to Treatment* (s. 151-172). New York: Oxford University Press.
- Horan, W. P., Pineda, J. A., Wynn, J. K., Iacoboni, M., Green, M. F. (2014). Some markers of mirroring appear intact in schizophrenia: evidence from mu suppression. *Cognitive, Affective Behavioral Neuroscience*, 14(3), 1049-1060. doi:10.3758/s13415-013-0245-8

- Hur, J.-W., Blake, R., Cho, K. I. K., Kim, J., Kim, S.-Y., Choi, S.-H., Kang, D.H., Kwon, J. S. (2016). Biological motion perception, brain responses, and schizotypal personality disorder. *JAMA Psychiatry*, 73(3), 260-267. doi:10.1001/jamapsychiatry.2015.2985
- Hurford, I. M., Marder, S. R., Keefe, R. S. E., Reise, S. P., Bilder, R. M. (2011). A brief cognitive assessment tool for schizophrenia: construction of a tool for clinicians. *Schizophrenia Bulletin*, 37(3), 538-545. doi:10.1093/schbul/sbp095
- Ibáñez, A., García, A. M., Esteves, S., Yoris, A., Muñoz, E., Reynaldo, L., Pietto, M.L., Adolphi, F., Manes, F. (2016). Social neuroscience: undoing the schism between neurology and psychiatry. *Social Neuroscience*, 13(1), 1-39. doi:10.1080/17470919.2016.1245214
- Jahshan, C., Wynn, J. K., Mathis, K. I., Green, M. F. (2015). The neurophysiology of biological motion perception in schizophrenia. *Brain and Behavior*, 5(1), 75-84. doi:10.1002/brb3.303
- Jaywant, A., Shiffrar, M., Roy, S., Cronin-Golomb, A. (2016). Impaired perception of biological motion in Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 30(6), 720-730. doi:10.1037/neu0000276
- Jaywant, A., Wasserman, V., Kemppainen, M., Nearing, S., Cronin-Golomb, A. (2016). Perception of Communicative and Non-communicative Motion-Defined Gestures in Parkinson's Disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 22(5), 540-550. doi:10.1017/S1355617716000114
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception Psychophysics*, 14(2), 201-211. doi:10.3758/BF03212378
- Kalbe, E., Schlegel, M., Sack, A. T., Nowak, D. A., Dafotakis, M., Bangard, C., Brand, M., Shamay-Tsoory, S., Onur, O.A., Kessler, J. (2010). Dissociating cognitive from affective theory of mind: a TMS study. *Cortex*, 46(6), 769-780. doi:10.1016/j.cortex.2009.07.010
- Kaletsch, M., Krüger, B., Pilgramm, S., Stark, R., Lis, S., Gallhofer, B., Zentgraf, K., Munzert, J., Sammer, G. (2014). Borderline personality disorder is associated with lower confidence in perception of emotional body movements. *Frontiers in Psychology*, doi:10.3389/fpsyg.2014.01262
- Kaletsch, M., Pilgramm, S., Bischoff, M., Kindermann, S., Sauerbier, I., Stark, R., Lis, S., Gallhofer, B., Sammer, G., Zentgraf, K., Munzert, J., Lorey, B. (2014). Major depressive disorder alters perception of emotional body movements. *Frontiers in Psychiatry*, doi:10.3389/fpsyt.2014.00004
- Kass, R. E., Raftery, A. E. (1995). Bayes Factors. *Journal of the American Statistical Association*, 90(430), 773-795.
- Kemp, A. H., & Quintana, D. S. (2013). The relationship between mental and physical health: insights from the study of heart rate variability. *International Journal of Psychophysiology*, 89(3), 288-296.
- Kennedy, D. P., & Adolphs, R. (2012). The social brain in psychiatric and neurological disorders. *Trends in cognitive sciences*, 16(11), 559-572.
- Kern, R. S., Penn, D. L., Lee, J., Horan, W. P., Reise, S. P., Ochsner, K. N., Marder, S.R., Green, M. F. (2013). Adapting social neuroscience measures for schizophrenia clinical trials, Part 2: trolling the depths of psychometric properties. *Schizophrenia Bulletin*, 39(6), 1201-1210. doi:10.1093/schbul/sbt127

- Kiejna, A., Piotrowski, P., Adamowski, T. (2013). *Schizofrenia. Perspektywa społeczna. Sytuacja w Polsce*. Polskie Towarzystwo Psychiatryczne.
- Kilner, J. M., Friston, K. J., Frith, C. D. (2007). Predictive coding: an account of the mirror neuron system. *Cognitive Processing*, 8(3), 159–166. doi:10.1007/s10339-007-0170-2
- Kim, J. (2014). Abnormal frontal activation during the perception of biological motion in patients with schizophrenia. *The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology*, 26, 233–253.
- Kim, J., Doop, M. L., Blake, R., Park, S. (2005). Impaired visual recognition of biological motion in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 77(2-3), 299–307. doi:10.1016/j.schres.2005.04.006
- Kim, J., Norton, D., McBain, R., Ongur, D., Chen, Y. (2013). Deficient biological motion perception in schizophrenia: results from a motion noise paradigm. *Frontiers in Psychology*, doi:10.3389/fpsyg.2013.00391
- Kim, J., Park, S., Blake, R. (2011). Perception of biological motion in schizophrenia and healthy individuals: a behavioral and fMRI study. *Plos One*, doi:10.1371/journal.pone.0019971
- Kohler, C. G., Walker, J. B., Martin, E. A., Healey, K. M., Moberg, P. J. (2010). Facial emotion perception in schizophrenia: a meta-analytic review. *Schizophrenia Bulletin*, 36(5), 1009–1019. doi:10.1093/schbul/sbn192
- Lang, K., Dapelo, M. M., Khondoker, M., Morris, R., Surguladze, S., Treasure, J., Tchanturia, K. (2015). Exploring emotion recognition in adults and adolescents with anorexia nervosa using a body motion paradigm. *European Eating Disorders Review*, 23(4), 262–268. doi:10.1002/erv.2358
- Lee, H., Ku, J., Kim, J., Jang, D.-P., Yoon, K. J., Kim, S. I., Kim, J.-J. (2014). Aberrant neural responses to social rejection in patients with schizophrenia. *Social Neuroscience*, 9(4), 1–12. doi:10.1080/17470919.2014.907202
- Lieberman, M. D. (2007). Social cognitive neuroscience: a review of core processes. *Annual Review of Psychology*, 58, 259–289. doi:10.1146/annurev.psych.58.110405.085654
- Linden, S. C., Jackson, M. C., Subramanian, L., Wolf, C., Green, P., Healy, D., & Linden, D. E. (2010). Emotion-cognition interactions in schizophrenia: implicit and explicit effects of facial expression. *Neuropsychologia*, 48(4), 997–1002.
- Llerena, K., Strauss, G. P., Cohen, A. S. (2012). Looking at the other side of the coin: a meta-analysis of self-reported emotional arousal in people with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 142(1-3), 65–70. doi:10.1016/j.schres.2012.09.005
- Lockwood, P. L. (2016). The anatomy of empathy: Vicarious experience and disorders of social cognition. *Behavioural brain research*, 311, 255–266.
- Loi, F., Vaidya, J. G., Paradiso, S. (2013). Recognition of emotion from body language among patients with unipolar depression. *Psychiatry Research*, 209(1), 40–49. doi:10.1016/j.psychres.2013.03.001
- Lundberg, K. (2013). Social Cognition: Social Psychological Insights from Normal Adults W: D.L. Roberts, D.L. Penn (red.). *Social Cognition in Schizophrenia From Evidence to Treatment* (s. 41–68). New York: Oxford University Press.

- Lyons, K.E., Koenig, M.A. (2013). The Development of Social Cognition in Theory and Action W: D.L. Roberts, D.L. Penn (red.). *Social Cognition in Schizophrenia From Evidence to Treatment* (s. 19-40). New York: Oxford University Press.
- MacLean, E. L., Matthews, L. J., Hare, B. A., Nunn, C. L., Anderson, R. C., Aureli, F., i in. (2012). How does cognition evolve? Phylogenetic comparative psychology. *Animal Cognition*, 15(2), 223-238. doi:10.1007/s10071-011-0448-8
- Manera, V., Becchio, C., Schouten, B., Bara, B. G., Verfaillie, K. (2011). Communicative interactions improve visual detection of biological motion. *Plos One*, doi:10.1371/journal.pone.0014594
- Manera, V., Del Giudice, M., Bara, B. G., Verfaillie, K., Becchio, C. (2011). The second-agent effect: communicative gestures increase the likelihood of perceiving a second agent. *Plos One*, doi:10.1371/journal.pone.0022650
- Manera, V., Iani, F., Bourgeois, J., Haman, M., Okruszek, Ł. P., Rivera, S. M., i in. (2015). The Multilingual CID-5: A New Tool to Study the Perception of Communicative Interactions in Different Languages. *Frontiers in Psychology*, doi:10.3389/fpsyg.2015.01724
- Manera, V., Schouten, B., Becchio, C., Bara, B. G., Verfaillie, K. (2010). Inferring intentions from biological motion: a stimulus set of point-light communicative interactions. *Behavior Research Methods*, 42(1), 168-178. doi:10.3758/BRM.42.1.168
- Matsumoto, Y., Takahashi, H., Mural, T., Takahashi, H. (2015). Visual processing and social cognition in schizophrenia: relationships among eye movements, biological motion perception, and empathy. *Neuroscience Research*, 90, 95-100. doi:10.1016/j.neures.2014.10.011
- McDonald, S., Flanagan, S., Rollins, J., Kinch, J. (2003). TASIT: A new clinical tool for assessing social perception after traumatic brain injury. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 18(3), 219-238.
- Mehta, U. M., Thirthalli, J., Gangadhar, B. N., Keshavan, M. S. (2011). Need for culture specific tools to assess social cognition in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 133(1-3), 255-256. doi:10.1016/j.schres.2011.09.007
- Mier, D., Eisenacher, S., Rausch, F., Englisch, S., Gerchen, M. F., Zamoscik, V., Meyer-Lindenberg, A., Zink, M., Kirsch, P. (2016). Aberrant activity and connectivity of the posterior superior temporal sulcus during social cognition in schizophrenia. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 1-14. doi:10.1007/s00406-016-0737-y
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), 1006-1012, doi:10.1016/j.jclinepi.2009.06.005
- Montag, C., Dziobek, I., Richter, I. S., Neuhaus, K., Lehmann, A., Sylla, R., Heeheren, H.R., Heinz, A., Gallinat, J. (2011). Different aspects of theory of mind in paranoid schizophrenia: evidence from a video-based assessment. *Psychiatry Research*, 186(2-3), 203-209. doi:10.1016/j.psychres.2010.09.006
- Moritz, S., & Woodward, T. S. (2007). Metacognitive training in schizophrenia: from basic research to knowledge translation and intervention. *Current opinion in psychiatry*, 20(6), 619-625.

- Mueller, D.R., Schmidt, S.J., Roder, V. (2013). Integrated Neurocognitive Therapy W: D.L. Roberts, D.L. Penn (red.). *Social Cognition in Schizophrenia From Evidence to Treatment* (s. 311-334). New York: Oxford University Press.
- Murray, G. K., Corlett, P. R., Clark, L., Pessiglione, M., Blackwell, A. D., Honey, G., Jones, E.T., Bullmore, T., Robbins, W., Fletcher, P. C. (2008). Substantia nigra/ventral tegmental reward prediction error disruption in psychosis. *Molecular psychiatry*, 13(3), 267.
- Neri, P., Luu, J. Y., Levi, D. M. (2006). Meaningful interactions can enhance visual discrimination of human agents. *Nature Neuroscience*, 9(9), 1186-1192, doi:10.1038/nn1759
- Ochsner, K. N., Silvers, J. A., & Buhle, J. T. (2012). Functional imaging studies of emotion regulation: a synthetic review and evolving model of the cognitive control of emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1251(1).
- Okruszek, Ł. (2018). It is not just in faces! Processing of emotion and intention from biological motion in psychiatric disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*. DOI: 10.3389/fnhum.2018.0004
- Okruszek, Ł., Bala, A., Dziekan, M., Szantoch, M., Rysz, A., Marchel, A., Hyniewska, S. (2017). Gaze matters! The effect of gaze direction on emotional enhancement of memory for faces in patients with mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 72, 35-38.
- Okruszek, Ł., Bala, A., Wordecha, M., Jarkiewicz, M., Wysokiński, A., Szczepocka, E., Piejka, A., Zaborowska, O., Szantoch, M., Rysz, A., Marchel, A. (2017). Social cognition in neuropsychiatric populations: a comparison of mind reading abilities in schizophrenia and mesial temporal lobe epilepsy. *Scientific Reports*, doi:10.1038/s41598-017-00565-2
- Okruszek, Ł., Dolan, K., Lawrence, M., & Cella, M. (2017). The beat of social cognition: exploring the role of Heart Rate Variability as marker of mentalizing abilities. *Social neuroscience*, 12(5), 489-493.
- Okruszek, Ł., Haman, M., Kalinowski, K., Talarowska, M., Becchio, C., Manera, V. (2015). Impaired recognition of communicative interactions from biological motion in schizophrenia. *Plos One*, 10(2), e0116793. doi:10.1371/journal.pone.0116793
- Okruszek, Ł., Piejka, A., Szczepocka, E., Wysokiński, A., Pluta, A. (2017). Affective and cognitive verbal theory of mind in schizophrenia: results from a novel paradigm. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 1-5. doi:10.1017/S1355617717000960
- Okruszek, Ł., Piejka, A., Wysokiński, A., Szczepocka, E., Manera, V. (2017). The second agent effect: Interpersonal predictive coding in people with schizophrenia. *Social Neuroscience*, 1-6. doi:10.1080/17470919.2017.1415969
- Okruszek, Ł., Piejka, A., Wysokiński, A., Szczepocka, E., Manera, V. (2018). Biological motion sensitivity, but not interpersonal predictive coding is impaired in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*. doi:10.1037/abn0000335
- Okruszek, Ł., Pilecka, I. (2017). Biological motion processing in schizophrenia - Systematic review and meta-analysis. *Schizophrenia Research*. doi:10.1016/j.schres.2017.03.013
- Okruszek, Ł., Wordecha, M., Jarkiewicz, M., Kossowski, B., Lee, J., Marchewka, A. (2017). Brain correlates of recognition of communicative interactions from biological motion in schizophrenia. *Psychological Medicine*, 1-10. doi:10.1017/S0033291717003385

- Olbert, C. M., Penn, D. L., Kern, R. S., Lee, J., Horan, W. P., Reise, S. P., Ochsner, K.N., Marder, S.R., Green, M. F. (2013). Adapting social neuroscience measures for schizophrenia clinical trials, part 3: fathoming external validity. *Schizophrenia Bulletin*, 39(6), 1211-1218. doi:10.1093/schbul/sbt130
- Oliver, L. D., Vieira, J. B., Neufeld, R. W., Dziobek, I., & Mitchell, D. G. (2018). Greater involvement of action simulation mechanisms in emotional versus cognitive empathy. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*.
- Olszanowski, M., Pochwatko, G., Kuklinski, K., Scibor-Rylski, M., Lewinski, P., Ohme, R. K. (2014). Warsaw set of emotional facial expression pictures: a validation study of facial display photographs. *Frontiers in Psychology*, doi:10.3389/fpsyg.2014.01516
- Péron, J., El Tamer, S., Grandjean, D., Leray, E., Travers, D., Drapier, D., Verin, M., Millet, B. (2011). Major depressive disorder skews the recognition of emotional prosody. *Progress in Neuro-Psychopharmacology Biological Psychiatry*, 35(4), 987-996. doi:10.1016/j.pnpbp.2011.01.019
- Phillipou, A., Rossell, S. L., Gurvich, C., Castle, D. J., Troje, N. F., Abel, L. A. (2016). Body image in anorexia nervosa: body size estimation utilising a biological motion task and eyetracking. *European Eating Disorders Review*, 24(2), 131-138. doi:10.1002/erv.2423
- Pica, P., Jackson, S., Blake, R., Troje, N. F. (2011). Comparing biological motion perception in two distinct human societies. *Plos One*, doi:10.1371/journal.pone.0028391
- Pinkham, A. E., Harvey, P. D., Penn, D. L. (2017). Social cognition psychometric evaluation: results of the final validation study. *Schizophrenia Bulletin*. doi:10.1093/schbul/sbx117
- Pluta, A., Gawron, N., Sobańska, M., Wójcik, A. D., Łojek, E. (2017). The nature of the relationship between neurocognition and theory of mind impairments in stroke patients. *Neuropsychologia*, 31(6), 666-681. doi:10.1037/neu0000379
- Quadflieg, S., Gentile, F., Rossion, B. (2015). The neural basis of perceiving person interactions. *Cortex*, 70, 5-20. doi:10.1016/j.cortex.2014.12.020
- Quadflieg, S., Koldewyn, K. (2017). The neuroscience of people watching: how the human brain makes sense of other people's encounters. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1396(1), 166-182. doi:10.1111/nyas.13331
- Rassovsky, Y., Dunn, W., Wynn, J., Wu, A. D., Iacoboni, M., Helleman, G., & Green, M. F. (2015). The effect of transcranial direct current stimulation on social cognition in schizophrenia: a preliminary study. *Schizophrenia research*, 165(2), 171-174.
- Roberts, D.L., Pinkham, A.E. (2013). The Future of Social Cognition in Schizophrenia: Implications from the Normative Literature W: D.L. Roberts, D.L. Penn (red.). *Social Cognition in Schizophrenia From Evidence to Treatment* (s. 401-414). New York: Oxford University Press.
- Rocca, P., Galderisi, S., Rossi, A., Bertolino, A., Rucci, P., Gibertoni, D., i in. (2016). Social cognition in people with schizophrenia: a cluster-analytic approach. *Psychological Medicine*, 46(13), 2717-2729. doi:10.1017/S0033291716001100
- Roux, P., Christophe, A., & Passerieux, C. (2010). The emotional paradox: dissociation between explicit and implicit processing of emotional prosody in schizophrenia. *Neuropsychologia*, 48(12), 3642-3649.

- Roux, P., Smith, P., Passerieux, C., & Ramus, F. (2016). Preserved implicit mentalizing in schizophrenia despite poor explicit performance: evidence from eye tracking. *Scientific reports*, doi: 10.1038/srep34728.
- Santesteban, I., Banissy, M. J., Catmur, C., & Bird, G. (2012). Enhancing social ability by stimulating right temporoparietal junction. *Current Biology*, 22(23), 2274-2277.
- Savla, G. N., Vella, L., Armstrong, C. C., Penn, D. L., Twamley, E. W. (2013). Deficits in domains of social cognition in schizophrenia: a meta-analysis of the empirical evidence. *Schizophrenia Bulletin*, 39(5), 979-992, doi:10.1093/schbul/sbs080
- Saxe, R., Xiao, D. K., Kovacs, G., Perrett, D. I., Kanwisher, N. (2004). A region of right posterior superior temporal sulcus responds to observed intentional actions. *Neuropsychologia*, 42(11), 1435-1446. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2004.04.015
- Sayers, J. (2001). Mental health: new understanding, new hope. *Bulletin WHO*, 79, 1085.
- Scherzer, P., Leveillé, E., Achim, A., Boisseau, E., Stip, E. (2012). A study of theory of mind in paranoid schizophrenia: a theory or many theories? *Frontiers in Psychology*, 3, 432, doi:10.3389/fpsyg.2012.00432
- Schultz, J., Friston, K. J., O'Doherty, J., Wolpert, D. M., Frith, C. D. (2005). Activation in posterior superior temporal sulcus parallels parameter inducing the percept of animacy. *Neuron*, 45(4), 625-635. doi:10.1016/j.neuron.2004.12.052
- Schurz, M., Radua, J., Aichhorn, M., Richlan, F., Perner, J. (2014). Fractionating theory of mind: a meta-analysis of functional brain imaging studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 42, 9-34. doi:10.1016/j.neubiorev.2014.01.009
- Shamay-Tsoory, S. G., Aharon-Peretz, J. (2007). Dissociable prefrontal networks for cognitive and affective theory of mind: a lesion study. *Neuropsychologia*, 45(13), 3054-3067. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.021
- Shin, J. E., Choi, S.-H., Lee, H., Shin, Y. S., Jang, D.-P., Kim, J.-J. (2015). Involvement of the dorsolateral prefrontal cortex and superior temporal sulcus in impaired social perception in schizophrenia. *Progress in Neuro-Psychopharmacology Biological Psychiatry*, 58, 81-88. doi:10.1016/j.pnpbp.2014.12.006
- Singer, T. (2006). The neuronal basis and ontogeny of empathy and mind reading: review of literature and implications for future research. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30(6), 855-863. doi:10.1016/j.neubiorev.2006.06.011
- Singh, F., Pineda, J., Cadenhead, K. S. (2011). Association of impaired EEG mu wave suppression, negative symptoms and social functioning in biological motion processing in first episode of psychosis. *Schizophrenia Research*, 130(1-3), 182-186. doi:10.1016/j.schres.2011.04.004
- Spencer, J. M. Y., Sekuler, A. B., Bennett, P. J., Christensen, B. K. (2013). Contribution of coherent motion to the perception of biological motion among persons with Schizophrenia. *Frontiers in Psychology*, doi:10.3389/fpsyg.2013.00507
- Sprengelmeyer, R., Atkinson, A. P., Sprengelmeyer, A., Mair-Walther, J., Jacobi, C., Wildemann, B., Dittrich, W.H., Hacke, W. (2010). Disgust and fear recognition in paraneoplastic limbic encephalitis. *Cortex*, 46(5), 650-657. doi:10.1016/j.cortex.2009.04.007

- Su, J., van Boxtel, J. J. A., Lu, H. (2016). Social interactions receive priority to conscious perception. *Plos One*, doi:10.1371/journal.pone.0160468
- Taylor, S. F., Kang, J., Brege, I. S., Tso, I. F., Hosanagar, A., Johnson, T. D. (2012). Meta-analysis of functional neuroimaging studies of emotion perception and experience in schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 71(2), 136-145. doi:10.1016/j.biopsych.2011.09.007
- Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers III, J. J., & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(2), 747-756.
- Troje, N.F. (2013). What is biological motion?: Definition, stimuli and paradigms in Social Perception: Detection and Interpretation of Animacy, Agency, and Intention. W: M.D. Rutherford, V.A. Kuhlmeier, *Social Perception* (13-36). Cambridge: MIT Press.
- Van de Cruys, S., Schouten, B., Wagemans, J. (2013). An anxiety-induced bias in the perception of a bistable point-light walker. *Acta Psychologica*, 144(3), 548-553. doi:10.1016/j.actpsy.2013.09.010
- Van Overwalle, F. (2009). Social cognition and the brain: a meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 30(3), 829-858. doi:10.1002/hbm.20547
- Van Overwalle, F., & Baetens, K. (2009). Understanding others' actions and goals by mirror and mentalizing systems: a meta-analysis. *Neuroimage*, 48(3), 564-584.
- Van Overwalle, F., Baetens, K., Mariën, P., Vandekerckhove, M. (2015). Cerebellar areas dedicated to social cognition? A comparison of meta-analytic and connectivity results. *Social Neuroscience*, 10(4), 337-344. doi:10.1080/17470919.2015.1005666
- Van Overwalle, F., Mariën, P. (2015). Functional connectivity between the cerebrum and cerebellum in social cognition: A multi-study analysis. *Neuroimage*, 124(Pt A), 248-255. doi:10.1016/j.neuroimage.2015.09.001
- Vanrie, J., Dekeyser, M., Verfaillie, K. (2004). Bistability and biasing effects in the perception of ambiguous point-light walkers. *Perception*, 33(5), 547-560. doi:10.1068/p5004
- van't Wout, M., Aleman, A., Kessels, R. P., Cahn, W., de Haan, E. H., & Kahn, R. S. (2007). Exploring the nature of facial affect processing deficits in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 150(3), 227-235.
- Vaskinn, A., Lagerberg, T. V., Bjella, T. D., Simonsen, C., Andreassen, O. A., Ueland, T., Sundet, K. (2017). Impairment in emotion perception from body movements in individuals with bipolar I and bipolar II disorder is associated with functional capacity. *International Journal of Bipolar Disorders*, 5(1), 13. doi:10.1186/s40345-017-0083-7
- Vaskinn, A., Sundet, K., Østefjells, T., Nymo, K., Melle, I., Ueland, T. (2015). Reading Emotions from Body Movement: A Generalized Impairment in Schizophrenia. *Frontiers in Psychology*, doi:10.3389/fpsyg.2015.02058
- Velthorst, E., Fett, A. K. J., Reichenberg, A. (2017). The 20-year longitudinal trajectories of social functioning in individuals with psychotic disorders. *American Journal of Psychiatry*, 174(11), 1075-1085. doi: 10.1176/appi.ajp.2016.15111419.
- Vocks, S., Legenbauer, T., Rüdell, H., Troje, N. F. (2007). Static and dynamic body image in bulimia nervosa: mental representation of body dimensions and biological motion

patterns. *The International Journal of Eating Disorders*, 40(1), 59-66. doi:10.1002/eat.20336

Von der L  he, T., Manera, V., Barisic, I., Becchio, C., Vogeley, K., Schilbach, L. (2016). Interpersonal predictive coding, not action perception, is impaired in autism. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 371(1693). doi:10.1098/rstb.2015.0373

Walter, H., Ciaramidaro, A., Adenzato, M., Vasic, N., Ardito, R. B., Erk, S., Bara, B. G. (2009). Dysfunction of the social brain in schizophrenia is modulated by intention type: an fMRI study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 4(2), 166-176. doi:10.1093/scan/nsn047

Walther, S., Eisenhardt, S., Bohlhalter, S., Vanbellinghen, T., Móri, R., Strik, W., Stegmayer, K. (2016). Gesture Performance in Schizophrenia Predicts Functional Outcome After 6 Months. *Schizophrenia Bulletin*, 42(6), 1326-1333. doi:10.1093/schbul/sbw124

White, S. J., Coniston, D., Rogers, R., Frith, U. (2011). Developing the Frith-Happé animations: a quick and objective test of Theory of Mind for adults with autism. *Autism Research : Official Journal of the International Society for Autism Research*, 4(2), 149-154. doi:10.1002/aur.174

White, T. P., Borgan, F., Ralley, O., Shergill, S. S. (2016). You looking at me?: Interpreting social cues in schizophrenia. *Psychological Medicine*, 46(1), 149-160. doi:10.1017/S0033291715001622

Yang, D. Y.-J., Rosenblau, G., Keifer, C., Pelphrey, K. A. (2015). An integrative neural model of social perception, action observation, and theory of mind. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 51, 263-275. doi:10.1016/j.neubiorev.2015.01.020

Yovel, G., O'Toole, A. J. (2016). Recognizing people in motion. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(5), 383-395. doi:10.1016/j.tics.2016.02.005

Zucker, N., Moskovich, A., Bulik, C. M., Merwin, R., Gaddis, K., Losh, M., Piven, J., Wagner, H.R., LaBar, K. S. (2013). Perception of affect in biological motion cues in anorexia nervosa. *The International Journal of Eating Disorders*, 46(1), 12-22. doi:10.1002/eat.22062

