

Ewa Beldzik

Temat pracy doktorskiej: „Analiza niezależnych składowych jako metoda umożliwiająca rozróżnianie procesów neuronalnych w badaniach z zastosowaniem elektroencefalografii oraz funkcjonalnego rezonansu magnetycznego”

STRESZCZENIE PRACY DOKTORSKIEJ

Pracę doktorską stanowią trzy publikacje w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, znajdujących się na liście filadelfijskiej. Tematyką wspomnianych publikacji jest ukazanie możliwości zastosowania analizy niezależnych składowych (ang. *Independent Component Analysis* - ICA) w odniesieniu do danych zarejestrowanych przy pomocy dwóch technik neuroobrazowania: elektroencefalografii (ang. *electroencephalography*; EEG) oraz funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (ang. *functional magnetic resonance imaging*; fMRI). ICA to relatywnie nowa metoda analizy danych polegająca na “ślepej separacji źródeł” (ang. *blind source separation*). W wyniku jej zastosowania do danych EEG i fMRI, otrzymywane są niezależne źródła, które mogą mieć podłoże neuronalne lub reprezentować fizjologiczne artefakty lub szумы. Oddzielenie i zidentyfikowanie neuronalnych źródeł, które są odpowiedzialne za różne funkcje poznawcze może pogłębić wiedzę o tych funkcjach.

Pierwsza z publikacji, będących podstawą pracy doktorskiej, dotyczy zastosowania metody ICA w odniesieniu do zapisów elektroencefalograficznych (Beldzik i in., 2014). Celem badania było zidentyfikowanie niezależnych składowych, które przyczyniają się do potencjałów zdarzeniowych (ang. *event-related potentials*) wywołanych zadaniem konfliktu numerycznego (ang. *numerical Stroop task*). Zastosowano analizę ICA, która umożliwiła wyróżnienie siedmiu klastrów składających się z niezależnych składowych. Zgodnie z postawioną hipotezą, potencjał zdarzeniowy N450, określany jako wskaźnik monitorowania konfliktu, posiada dwa niezależne źródła swojej zmienności. Pierwszy z klastrów, śródcieniowy, ukazał lokalizację dipola w tylnym zakręcie obręczy (ang. *posterior cingulate cortex* - PCC), natomiast drugi z klastrów, czołowo-centralny, ukazał lokalizację w przednim zakręcie obręczy (ang. *anterior cingulate cortex* - ACC). Dodatkowa analiza potencjałów zdarzeniowych zsynchronizowanych do latencji reakcji ujawniła, że te dwa klastry pełnią różne funkcje poznawcze. Ukazano, że PCC odpowiada za ewaluację bodźca a jego aktywność jest zależna od poziomu trudności zadania. ACC natomiast odpowiada za ewaluację reakcji i jego aktywność jest zależna od prawdopodobieństwa popełnienia błędu.

W drugiej publikacji ukazano zastosowanie analizy ICA w odniesieniu do zapisów fMRI (Domagalik i in., 2012). Celem badania było zidentyfikowanie źródeł neuronalnych (tzw. sieci neuronalnych) odpowiedzialnych za różne funkcje w zadaniach prosakad (tj. zadaniu przeniesienia uwagi i wzroku na peryferyczny bodziec) i antysakad (tj. zadaniu przeniesienia uwagi i wzroku w miejsce lustrzanego odbicia lokalizacji peryferycznego bodźca). Wyniki ukazały jedną sieć aktywną podczas zadania prosakad oraz cztery zaangażowane w wykonywanie antysakad. Pierwsza z wyróżnionych sieci, sieć pól wzrokowych (ang. *eye fields network*), jest aktywowana w równym stopniu w zadaniu prosakad jak i antysakad, i odpowiada za percepcję położenia bodźca, inicjację i wykonanie sakady w wybranym kierunku. Trzy pozostałe sieci są związane z procesami niezbędnymi przy wykonywaniu antysakad. Sieć ciemięniowo-skroniowa

(ang. *parieto-medial temporal network* - PMTN) jest związana jest z przeniesieniem uwagi i wzroku w przeciwną stronę, tj. transformacją przestrzenną (ang. *vector inversion*). Sieć kontroli wykonawczej (ang. *executive control network*) umożliwia hamowanie automatycznych reakcji, takich jak refleksyjne sakady. Ostatnia, tzw. sieć stanu beczynności (ang. *default mode network*) odpowiedzialna jest za realokację zasobów neuronalnych w momentach wysokiego obciążenia poznawczego. Było to pierwsze badanie identyfikujące sieci neuronalne i ich funkcję związaną z wykonywaniem wolicjonalnych ruchów sakadycznych.

Trzecia z publikacji stanowi kontynuację opisanego powyżej badania - w pracy podjęto próbę wyjaśnienia nieścisłości związanych z tym, czy zakręt przyhipokampowy oraz przedklinek są zaangażowane w proces transformacji przestrzennej. W poprzednich badaniach, które stosowały tradycyjne techniki analizy danych fMRI, tj. ogólne modele liniowe, nie zaobserwowano aktywności tych obszarów. Wyniki analizy ICA wskazują natomiast na aktywność tych struktur mózgowych w ramach sieci ciemieniowo-skroniowej. W celu wyjaśnienia tych nieścisłości stworzona została nowa uzupełniająca metoda analizy danych fMRI (ang. *contributive sources analysis* - CSA), która pozwala określić ile sieci (oraz w jakim stopniu) przyczynia się do aktywności (lub jej braku) określonego obszaru mózgu (Beldzik i in., 2013). Dzięki zastosowaniu CSA wykazano, że brak aktywności tych obszarów wynika z równoczesnego i przeciwstawnego działania kilku sieci. Wyniki te implikują, że sieci mogą „wytlumiać” się nawzajem w wyniku, na przykład, zaangażowania różnych populacji neuronów w obrębie jednego obszaru.

Podsumowując, w pracy tej ukazane zostało sukcesywne zaaplikowanie ICA do danych EEG i fMRI w celu odseparowania neuronalnych źródeł pełniących odmienne funkcje poznawcze. Badania te podkreślają zalety stosowania ICA i dostarczają nowe informacje o takich procesach jak ewaluacja bodźca i reakcji, inhibicja lub przestrzenna transformacja.

Publikacje:

- **Beldzik, E.**, Domagalik, A., Froncisz, W., Marek, T. (2014) Dissociating EEG sources linked to stimulus and response evaluation in numerical Stroop task using Independent Component Analysis. *Clinical Neurophysiology* (In Press)
- Domagalik A., **Beldzik E.**, Fafrowicz M., Oginska H., Marek T. (2012) Neural networks related to pro-saccades and anti-saccades revealed by independent component analysis. *NeuroImage* 62 (3), 1325–1333.
- **Beldzik E.**, Domagalik A., Daselaar S., Fafrowicz M., Froncisz W., Oginska H., Marek T. (2013) Contributive sources analysis: A measure of neural networks' contribution to brain activations. *NeuroImage* 76 (1), 304-312.