

Poznań, 21-09-2023

Prof. dr hab. Grzegorz Króliczak
Wydział Psychologii i Kognitywistyki UAM**Recenzja rozprawy doktorskiej autorstwa mgr Marii Czarneckiej**

pt.: „**Neuroplasticity evoked by extensive training (sighted Braille readers) or sensory deprivation (blind persons)**”, tj. dotyczącej neuroplastyczności pod wpływem intensywnego „treningu” umiejętności czytania alfabetu Braille’a u osób widzących oraz deprywacji sensorycznej u osób niewidomych,

pisanej pod kierunkiem prof. dra hab. Marcina Szweda

Postępowanie o nadanie stopnia doktora mgr Marii Czarneckiej prowadzone jest na podstawie przepisów Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. w Instytucie Psychologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w ramach programu Neuronauki Poznawczej i Społecznej

Jak wynika z tytułu dysertacji mgr Marii Czarneckiej, opiera się ona na materiałach napisanych w języku angielskim. Precyzyjniej rzecz ujmując, recenzowana praca doktorska nie ma tradycyjnego formatu monografii, przez co, po jednostronicowym abstrakcie oraz streszczeniu, odpowiednio w języku angielskim i polskim, czytelnik znajdzie w niej co następuje. Po Ogólnym Wprowadzeniu (tj. nieco ponad dwustronicowym „**I. General introduction**”), Autorka przechodzi do pięciostronicowego opisu pierwszego z projektów, pt. „**II. Neural plasticity evoked by cross-modal training – a study of numerical cognition in a group of Sighted Braille readers**”, w tym jego tła teoretycznego, celu do osiągnięcia i zadań badawczych, jakie zaplanowała. Następnie czytelnik otrzymuje do wglądu załączniki w postaci trzech prac badawczych. Są nimi następujące artykuły:

Raczy, K., **Czarnecka, M.**, Zaremba, D., Izdebska, K., Paplinska, M., Hesselmann, G., Knops, A., & Szwed, M. (2020). A shared code for Braille and Arabic digits revealed by cross-modal priming in sighted Braille readers. *Acta Psychol (Amst)*, 202, 102960. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.102960>

Raczy, K., **Czarnecka, M.**, Paplinska, M., Hesselmann, G., Knops, A., & Szwed, M. (2020). Tactile to visual number priming in the left intraparietal cortex of sighted Braille readers. *Sci Rep*, 10(1), 17571. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72431-7>

Czarnecka, M., Raczy, K., Szewczyk, J., Paplinska, M., Jednorog, K., Marchewka, A., Hesselmann, G., Knops, A., & Szwed, M. (2023). Overlapping but separate number representations in the intraparietal sulcus – Probing format- and modality-

independence in sighted Braille readers. *Cortex*, 162, 65-80.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2023.01.011>

Ponieważ w pierwszych dwóch artykułach Doktorantka nie była pierwszym, lecz jedynie drugim Autorem (tu: drugą Autorką), po każdym z nich mamy oświadczenie promotora o jej istotnym wkładzie w ich powstanie. W grę wchodzi zarówno konceptualizacja badań, zajmowanie się danymi, samo badanie, wkład w przygotowaną metodykę badań, jak i walidacja wyników czy też pisanie fragmentów samych manuskryptów. Natomiast **w przypadku trzeciego artykułu, w którym Doktorantka była pierwszą Autorką**, mamy zgodne oświadczenie współautorów, z których jasno wynika, że jej wkład w powstanie tej pracy został oszacowany na znaczące 32% (w porównaniu do znacznie mniejszego wkładu pozostałych ośmiu współautorów). Po tych informacjach, Doktorantka przechodzi do zwięzłego, dwustronicowego opisu konkluzji oraz ograniczeń tych prac („3. Project 1: Conclusions and limitations”).

Niejako w kolejnym rozdziale, czytelnik znajdzie opis drugiego z projektów składających się na tę dysertację. Jest on zatytułowany „**III. Neural plasticity evoked by vision loss – a study of relation between cortical thickness and functional activation in congenitally blind persons**”. Tym razem opis tła teoretycznego, celu do osiągnięcia i zadań badawczych, jakie zaplanowała Doktorantka zajmuje tylko trzy strony, po których czytelnik znajdzie załącznik złożonego do recenzji manuskryptu. Jest nim raport następującego autorstwa:

Maria Czarnecka, Anna-Lena Stroh, Clemens Baumbach, Agata Wolna, Katarzyna Hryniewiecka, Gabriela Dzięgiel-Fivet, Joanna Plewko, Jyothirmayi Vadlamudi, Oliver Collignon, Katarzyna Jednoróg, and Marcin Szwed. Association between cortical thickness and functional response to linguistic processing in the occipital cortex of early blind individuals (*w recenzjach*).

Po samym manuskrypcie mamy krótki, jednostronicowy opis konkluzji i ograniczeń przedstawionego badania, a także wieńczące pracę wnioski ogólne i stosowne odniesienia literaturowe. Choć całość dysertacji zamyka się w niecałych 103 stronach, gdyby treść artykułów przedstawić w tradycyjnej formie monografii, niniejsza praca doktorska byłaby znacząco dłuższa (czy też bardziej obszerna).

Ogólne cele całej pracy były w zasadzie dwa. Po pierwsze, było nim uzyskanie lepszego wglądu w neuronalne korelaty i mechanizmy leżące u podłoża przetwarzania liczb w mózgu ludzkim, a dokładniej w korze ciemieniowej, z oryginalnym uwzględnieniem modalności dotykowej (choć u osób widzących; tj. jednej z niewielu, jeśli nie jedynej takiej „sztucznie wytrenowanej” populacji na świecie). Zorientowany czytelnik zauważy od razu, że pozwałam tu sobie pominąć cele z pierwszych dwóch artykułów, w których Doktorantka nie była pierwszym Autorem i które traktuję jako pewne (choć trzeba tu dodać, niezwykle znaczące) tło. Po drugie, sprawdzano z jakim rodzajem plastyczności mamy do czynienia w mózgach osób „wcześnie” niewidomych oraz czy da się u nich wykazać raportowaną już uprzednio zależność pomiędzy grubością kory mózgowej w obszarach wzrokowych, a siłą intensywności sygnału w tychże obszarach w trakcie przetwarzania liczb (uwzględniając dwa zmysły, w których przetwarzane były bodźce).

Ów lepszy wgląd uzyskano najpierw dzięki wielowokselowej analizie wzorców (ang. *multivoxel pattern analysis*; MVPA), w której wykazano jakie podpodziały kory ciemieniowej, w jej lewej bądź prawej półkuli, uczestniczą w porównywaniu (w tym także szacowaniu) wartości liczbowych, w zależności od formy/formatu, w jakiej/jakim są one prezentowane. W badaniu tym wykorzystano cyfry arabskie, zestawy kropek oraz przetwarzane dotykowo, tj. w języku Braille'a, liczby. Poprzedzając MVPA analizami jednoczynnikowymi / jednowymiarowymi (tj. wykorzystując tradycyjne podejście fMRI [obrazowania przy pomocy funkcjonalnego rezonansu magnetycznego], w którym przeprowadza się proste kontrasty, porównujące siłę wzrostów sygnałów w odpowiedzi na prezentowane bodźce) zidentyfikowano te podpodziały kory ciemieniowej, w których wzrosty sygnału fMRI wyraźnie na siebie zachodzą, bez względu na format w jakim bodźce liczbowe są prezentowane. Analizy te wskazują jasno i wyraźnie na bruzdę śródciemieniową (IPS, tj. the intraparietal sulcus) jako podłoże tych mechanizmów oraz częściowo zachodzące na siebie reprezentacje poznania numerycznego (tu: bez względu na wykorzystywany format). Jednakże sama analiza MVPA pokazała, że tylko słabiej zautomatyzowane przetwarzanie/szacowanie liczb/liczebności pozwala na skuteczną ich klasyfikację; chodzi tu oczywiście o dekodowanie przetwarzania wartości liczbowych istotnie powyżej poziomu przypadkowego (choć nie aż tak imponujące). Co jednak najważniejsze, trening algorytmu na liczbach prezentowanych w jednym formacie nie zawsze pozwalał na poprawne (tj. powyżej poziom przypadkowego) dekodowanie przetwarzania liczb w innych formatach. Zatem wyniki tego badania wskazują, iż mimo pewnego zachodzenia „sieci owych reprezentacji”, IPS może przechowywać względnie niezależne reprezentacje samych „kodów liczbowych”. Alternatywnie, wynik ten może być także efektem poziomu wytrenowania w ich przetwarzaniu. Innymi słowy, gdyby poziom obycia z różnymi formami / formatami przetwarzania liczb udało się znacząco wyrównać, wyniki klasyfikacji, a także klasyfikacji krzyżowej na podstawie treningu z innych formatów, mogłyby wyglądać nieco (a może nawet całkiem) inaczej.

Wszystko, co zostało powyżej streszczone, pochodzi z pracy już zrecenzowanej oraz opublikowanej. Pozwolę sobie zatem tylko na jeden argument krytyczny: mimo że nabywanie danych neuroobrazowych zostało tu zoptymalizowane pod kątem MVPA, aż trudno mi uwierzyć, że w eksperymencie nie znalazł się „nieliczbowy” warunek kontrolny, dzięki któremu wykorzystanie MVPA mogłoby dać dużo lepszy wygląd w neuronalny substrat / mechanizmy poznawcze przetwarzania liczb. (Doktorantka zdaje się być świadoma tego problemu, ale nie jestem pewny, czy jest świadoma jego wagi czy też doniosłości.) Z tego samego powodu, mam też pewne wątpliwości co do wczesnych hipotez, jakie musiały poprzedzać tak zaprojektowane badanie. Tak czy owak, pod nieobecność takiego warunku kontrolnego, można było się tylko ograniczyć do dekodowania względem poziomu bazowego, tj. krótkich interwałów spoczynkowych. A to znacząco ogranicza interpretację otrzymanych rezultatów.

Drugi z wymienionych powyżej celów obejmował sprawdzenie do jakiego poziomu kora wzrokowa u osób niewidomych jest zaangażowana w przetwarzanie języka, czy to na podstawie informacji dotykowych, czy też słuchowych, a także czy u badanych osób da się również odnotować odwrotną zależność pomiędzy grubością kory wzrokowej a intensywnością wzrostu sygnałów neuroobrazowych w trakcie przetwarzania liczb.

Idzie tu oczywiście o zmniejszoną grubość kory i towarzyszące temu większe wzrosty sygnału w trakcie przetwarzania bodźców liczbowych. Manuskrypt, który opisuje ten projekt, jest dopiero w recenzjach, więc niejako domaga się jakiejś pogłębionej oceny z mej strony.

Praca ta zdecydowanie nie jest typowo eksploracyjna, a bardzo dobrze umotywowana teoretycznie. Ma bardzo klarowne hipotezy, nieźle też przewiduje pewne niuanse w plastyczności mózgu z uwagi na rodzaj przetwarzania, w jaki kora wzrokowa osób niewidzących może być angażowana pod nieobecność impulsów wzrokowych; także w zależności od modalności w jakiej prezentowane są bodźce eksperymentalne. Całość wydaje się być bardzo spójna i bez ponownej (wielokrotnej) lektury trudno mi wskazać na jakieś większe słabości tej pracy. Ograniczę się zatem do pozytywnych komentarzy. Badanie to jest bardzo dobrze zaprojektowane i zoptymalizowane (wśród bodźców są słowa, pseudosłowa i bezsensowne bodźce, zarówno w języku Braille'a, jak też w domenie słuchowej). Wszystkie bodźce są bardzo starannie dobrane, tak aby uniemożliwić wpływ jakichkolwiek czynników zakłócających (niekontrolowanych) na pozyskane dane, a w konsekwencji na uzyskane rezultaty. W jakimś szczególnym sensie, jeszcze lepiej przeprowadzone zostały analizy danych neuroobrazowych; m.in. z wykorzystaniem „wstępnego kanału przetwarzania” fMRIPrep [będącego punktem wyjścia do jeszcze bardziej nowatorskich bieżących podejść w analizie danych fMRI/MRI], względnie klasycznego atlasu (Destrieux) oraz szeregu innych bardzo przydatnych i ogólnie dostępnych narzędzi (R package nlme). Wyniki, choć dość intuicyjne, wychodzą poza dotychczasową wiedzę. Zmniejszoną grubość kory wzrokowej w bruździe ostrogowej oraz ciemieniowo-potylicznej powiązano z ich zwiększoną aktywnością funkcjonalną podczas przetwarzania fonologicznego. Tymczasem, w modalności dotykowej, tu: w trakcie przetwarzania języka Braille'a, wskazano także na dodatkową rolę środkowego zakrętu potylicznego (i występujących tam podobnych zależności pomiędzy grubością kory a intensywnością sygnału trakcie przetwarzania bodźców językowych w modalności dotykowej).

Podsumowując, recenzowana tu krótko przeze mnie dysertacja zawiera wiele nowych oraz nowatorskich wyników i podejść (mam tu na myśli głównie opublikowane już artykuły oraz nowo przygotowany manuskrypt w recenzjach). Lektura załączonych prac zrobiła na mnie bardzo dobre wrażenie, m.in. ze względu na ich erudycyjność, oryginalność i nowatorskość metodyczną, a także niebanalne wyniki. Całość bardzo dobrze wpisuje się też w szeroki projekt badawczy samego promotora Doktorantki. Nieco gorzej na ich tle wypadają dodatkowe fragmenty, które scalają załączone artykuły, będące podstawą tej dysertacji. Znalazłem w nich drobne usterki językowe (choćby zaskakujące „K” w tabeli, zamiast F, str. 74), a także pewne (przynajmniej tak mi się wydawało na początku) nieścisłości terminologiczne. Tym niemniej, im bliżej byłem końca recenzowanej dysertacji, tym lepsze wrażenia na mnie robiła jej całość.

Patrząc na ową dysertację – jako cykl prac, spięty odpowiednimi, niekiedy bardzo krótkimi łącznikami i podsumowaniami – od strony formalnej, na pewno stanowi ona oryginalne opracowanie naukowe. Nie mam też żadnych wątpliwości, że jest to praca bardzo twórcza, będącą owocem osobistych zainteresowań Doktorantki, pracującej

w ramach większego grantu jej Promotora. Innymi słowy, **niemal w każdym z punktów, jakie należy brać pod uwagę oceniając dysertacje dyplomowe, można stwierdzić, że przedstawiony do recenzji cykl opublikowanych już artykułów, plus manuskrypt (w fazie recenzji), wraz z ich oryginalnym omówieniem spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim.**

KONKLUZJA

Z uwagi na powyższe, moja ocena końcowa nie może być oczywiście inna, jak bardzo pozytywna. Wypada mi jeszcze bardziej formalnie odnotować, że recenzowany cykl opublikowanych już artykułów i złożonego do recenzji manuskryptu, spięty dość zwięzłymi, ale bardzo informatywnymi opracowaniami samej Doktorantki, spełnia stosowne warunki określone w przepisach Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. Tym samym, **rekomenduję dopuszczenie mgr Marii Czarneckiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego**

