

prof. dr hab. Michał Harciarek
Dziekan
Wydziału Nauk Społecznych

Gdańsk, 06.11.2023 r.

prof. dr hab. Michał Harciarek
Zakład Psychologii Klinicznej i Neuropsychologii
Instytut Psychologii UG

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr Darii Kukuły
pt. “Neuropoznawcze efekty przeczaszkowej stymulacji prądem stałym
(tDCS) u zdrowych osob w okresie wczesnej dorosłości ”

Promotor: dr hab. Monika Wiłkość-Dębczyńska, prof. uczelni

Promotor pomocniczy: dr Anna Razmus

Ze względu na postęp technologiczny, w tym rozwój neuroobrazowania oraz nieinwazyjnych metod stymulacji mózgu, w ostatnich dwóch dekadach obserwuje się istotny przyrost badań naukowych pozwalających lepiej zrozumieć neuronalne mechanizmy zachowania człowieka. Jedną z takich właśnie technik jest przeczaszkowa stymulacja prądem stałym (ang. *transcranial direct current stimulation*, tDCS), która pozwala na zmianę spontanicznej aktywności i

pobudliwości mózgu poprzez podprogową modulację błon neuronalnych. Metoda ta, bazując na założeniu neuroplastyczności, jest obecnie często stosowana w neurorehabilitacji, np. w celu poprawy funkcjonowania poznawczego pacjentów dotkniętych chorobami neurologicznymi. Zastosowanie tej techniki w przypadku osób zdrowych ma natomiast charakter głównie poznawczy, pozwalając naukowcom lepiej zrozumieć neuronalne mechanizmy naszych zachowań. Jak wynika z niektórych badań, przezczaszkowa stymulacja prądem stałym może przyczynić się także do usprawnienia procesów poznawczych osób zdrowych, choć rezultaty prowadzonych w tym zakresie eksperymentów nie dają jednoznacznych efektów.

W świetle wyników dotychczasowych eksperymentów zmierzających do oceny efektywności tDCS, pytanie o znaczenie zastosowania tej właśnie metody w celu optymalizacji funkcjonowania poznawczego młodych dorosłych bez schorzeń neurologicznych zadała sobie także mgr Daria Kukuła. W swojej dysertacji Doktorantka podjęła próbę oceny wpływu przezczaszkowej stymulacji prądem stałym na wybrane procesy wykonawcze. W szczególności, mgr Daria Kukuła zdecydowała się zweryfikować założenie, że zastosowanie tDCS do stymulacji anodalnej grzbietowo-bocznego obszaru kory przedczołowej w lewej półkuli oraz stymulacji katodalnej okolicy nadoczodołowej prawej półkuli przyczyni się do poprawy sprawności pamięci operacyjnej. Dodatkowo, bazując na modelu / podziale funkcji wykonawczych zaproponowanym przez Kropotova oceniano, czy anodalna stymulacja lewego obszaru grzbietowo-bocznej kory przedczołowej może wiązać się z poprawą konkretnych funkcji wykonawczych, jak proces pobudzenia, hamowanie reakcji i kontrola działania. Poniżej przedstawiam

szczegółowe uwagi i komentarze, koncentrując się zarówno na ocenie strony formalnej, jak i merytorycznej pracy.

Ocena strony formalnej pracy (m.in. układu pracy, strony graficznej)

Rozprawa liczy łącznie 185 stron i ma względnie klasyczny układ rozpraw doktorskich, składając się z dwóch głównych części 1) wprowadzenia teoretycznego (rozdział 1) i 2) badań własnych (rozdziały 2-4). Całość wieńczy spis zastosowanej bibliografii wraz ze spisem tabel i rysunków. Co dość zaskakujące, choć tematykę i podstawy teoretyczne pracy Doktorantka zarysowała we Wstępie (podobnie, jak w części tej mgr Daria Kukuła nakreśliła cel i metodykę przedmiotowego badania), w dysertacji zabrakło streszczenia, zarówno w języku angielskim, jak i polskim. Samo wprowadzenie w tematykę mózgowych podstaw zachowania człowieka, neuroplastyczności i zastosowania tDCS zostało prawidłowo i zwięźle (a jednocześnie relatywnie kompleksowo) opracowane. Tym samym rozdział pierwszy stanowi solidną bazę teoretyczną dla sformułowanego w rozdziale drugim celu pracy. W tym świetle trochę dziwi tytuł i treść rozdziału 2.2, który w mojej ocenie mógłby stanowić swego rodzaju podsumowanie rozdziału pierwszego lub rozszerzenie rozdziału 2.1 ukazującego cel badań wraz z jego uzasadnieniem. Ogólnie jednak układ pracy jest czytelny i logiczny, a powyższy komentarz ma charakter bardziej polemiczny niż krytyczny.

W swojej dysertacji (rozdział drugi i trzeci) mgr Daria Kukuła dużo uwagi poświęciła opisowi metodologii przeprowadzonego badania, wnikliwie charakteryzując osoby badane, jak i zastosowane metody (testy i zadania poznawcze oraz procedurę stymulacji tDCS). Przed prezentacją uzyskanych

wyników, Doktorantka odniosła się także do zastosowanych analiz statystycznych, uzasadniając ich wybór w kontekście przyjętego celu badania. Przedstawiła ona też sam schemat badania, które przeprowadzono w paradygmacie badań podłużnych (tj. pre-test – stymulacja tDCS – post-test). Same wyniki zaprezentowano natomiast w kolejności stawianych problemów (łącznie cztery problemy badawcze, osiem pytań i cztery hipotezy – por. Tabela 2 i 3). W efekcie czytelnik nie ma problemu z uchwyceniem ciągu myślowego Doktorantki i lekturą samej dysertacji. Zrozumienie uzyskanych efektów dodatkowo ułatwiają liczne tabele; choć w mojej ocenie prezentacja wyników mogłaby być jeszcze bardziej czytelna, gdyby przynajmniej główne z zaobserwowanych efektów mgr Daria Kukła przedstawiła w formie wykresów (dotyczy to przykładowo wyników serii analiz ANOVA 2x3). Całość pracy wieńczy ciekawie napisana dyskusja (rozdział 4), którą Doktorantka również uporządkowała w kolejności analizowanych problemów i pytań badawczych. W rozdziale tym mgr Daria Kukła dokonała także istotnej syntezy wyników, próbując wyciągnąć stosowne / uprawnione wnioski. Ukazując jednocześnie swoją dojrzałość naukową, w podrozdziale 4.5 Doktorantka przedstawiła też wybrane ograniczenia przeprowadzanego badania, a w podrozdziale 4.6 nakreśliła przykładowe implikacje praktyczne uzyskanych wyników.

Podsumowując ocenę części formalnej, przedstawioną do recenzji rozprawę czyta się bardzo dobrze, co bezspornie ułatwia przyjęta przez Doktorantkę struktura pracy, jasny język oraz klarowność wywodu. Wszystkie części rozprawy zostały bowiem starannie opracowane, choć nie obyło się bez drobnych błędów literowych i edytorskich (np. bywa, że gdzieniegdzie – np. str. 96 - zdania rozpoczynają się małą literą lub (np. str. 46, zamiast liczby pojedynczej użyto liczby

mnogiej). Dodatkowo, przyjęty przez Doktorantkę sposób cytowania prac innych autorów jest spójny i zgodny z obowiązującymi standardami opracowanymi dla rozpraw doktorskich. Powyższe sprawia, że – mimo braku streszczenia i kilku błędów literowych - formalną stronę rozprawy mgr Darii Kukuły oceniam pozytywnie.

Ocena merytoryczna pracy

Jak wspomniałem na początku niniejszej recenzji, rozpoczynająca rozprawę doktorską część teoretyczna (rozdział 1) zawiera podstawowe elementy ważne z punktu widzenia celu badania, w tym postawionych ośmiu pytań i czterech hipotez. Dotyczy to zarówno wskazania neuronalnych korelatów funkcjonowania poznawczego, w tym przede wszystkim procesów wykonawczych, jak i charakterystyki zastosowanej metody stymulacji prądem stałym. Za szczególnie ważny i wartościowy uznaję rozdziały 1.2 i 1.3, które bezpośrednio odnoszą się do zjawiska neuroplastyczności i wyników wcześniejszych badań nad efektywnością stosowania tDCS w optymalizacji funkcjonowania wybranych procesów poznawczych (zarówno w normie, jak i patologii). Mając jednak na uwadze postawione pytania badawcze i hipotezy, mało uzasadnione wydają się niektóre treści podrozdziału 1.1.2. W pracy – niestety ze szkodą dla niej – nie podjęto bowiem analiz, w których zmienną zależną byłby właśnie wiek badanych (niezależnie od zawężenia badanej populacji jedynie od osób w przedziale wiekowym 20-35 lat). Tym samym, zawarty w podrozdziale 1.1.2 opis związanych z wiekiem zmian funkcjonowania poznawczego można uznać za mało zasadny,

zwłaszcza w odniesieniu do wczesnych etapów rozwoju i późnej dorosłości / starości. Pewnym mankamentem może być także fakt, że Doktorantka - przyjmując określony podział procesów wykonawczych - odniosła się de facto jedynie do modelu zaproponowanego przez Kropotova, bez porównania go z innymi koncepcjami (np. modelem Donalda Stuss, którego definicję funkcji wykonawczych Doktorantka przedstawia na stronie 22, jednak bez odniesienia się do mózgowej organizacji tychże funkcji). Fakt ten ma istotne znaczenia ze względu na przyjętą w rozprawie metodologię (anodowa stymulacja jedynie lewej okolicy grzbietowo-bocznej kory przedczołowej w celu weryfikacji założenia o możliwości poprawy nie tylko pamięci operacyjnej, a również szerzej rozumianych procesów wykonawczych).

Dużą wartością przeprowadzonych przez Doktorantkę badań jest ich interdyscyplinarny, longitudinalny i quasi-eksperymentalny charakter. Na uznanie zasługuje też wybór metod pomiaru. W projekcie zastosowano bowiem uznane testy do oceny wybranych procesów wykonawczych, z których większość posiada wersje alternatywne (tak istotne w przypadku wielokrotnych pomiarów, jakimi cechują się badania longitudinalne). Na uznanie zasługuje także fakt wykonania wszystkich zadań aż w trzech grupach osób badanych, z czego dwie stanowiły grupę porównawczą dla młodych dorosłych, u których zastosowano tDCS. Co więcej, zastosowane analizy statystyczne są adekwatne dla stawianych pytań i hipotez (dotyczy to zwłaszcza oceny wpływu - model ANOVA). Podobnie, nie mam uwag co do kwalifikacji osób do grup (np. porównywane grupy są homogeniczne pod względem wieku, wykształcenia i płci).

Część rozprawy poświęcona analizie wyników została opracowana w logiczny i spójny sposób, a uzyskane efekty skrupulatnie przedstawione w

tabelach. Ogólnie, przeprowadzone badania potwierdzają sporą część założeń Doktorantki i wskazują, że tDCS pozytywnie wpływa na wybrane procesy wykonawcze zdrowych osób w okresie wczesnej dorosłości. Przykładowo, mgr Daria Kukuła dowiodła, że ów pozytywny efekt tDCS obserwuje się w obszarze pamięci operacyjnej, procesu pobudzenia, hamowania czy kontroli działania. Doktorantka wykazała również, że im niższy poziom funkcjonowania wykonawczego w pierwszym badaniu, tym większy zakres poprawy, choć nie można wykluczyć, że efekt ten jest częściowo związany z procesem uczenia (tendencja w stronę polepszenia funkcjonowania poznawczego widoczna była bowiem także w grupach porównawczych). Co jednak w mojej ocenie zdecydowanie najbardziej nowatorskie to fakt, że zaobserwowana poprawa w zakresie pamięci operacyjnej nie wiązała się z poprawą analizowanych procesów wykonawczych. Całość rozprawy wieńczy wartościowe omówienie uzyskanych efektów w świetle literatury przedmiotu, wskazując jednocześnie kierunki kolejnych badań. Tym samym część empiryczną rozprawy doktorskiej mgr Darii Kukuły oceniam pozytywnie.

Niezależnie jednak od mojej ogólnie pozytywnej oceny metodologii, wykonanych analiz statystycznych i względnie wnikliwej dyskusji uzyskanych wyników, poniżej pozwalam sobie wskazać kilka kwestii, które wymagają komentarza (np. pozostają dla mnie niejasne / niedookreślone lub mogłyby zostać inaczej zaadresowane). Po pierwsze, niektóre z analizowanych wskaźników funkcji wykonawczych (zwłaszcza te pochodzące z zastosowanych testów psychologicznych, jak np. Kolorowy Test Połączeń) trudno jednoznacznie uznać za angażujące jedynie proces pobudzenia. Po drugie, pewien niedosyt poznawczy pozostawia brak stymulacji okolicy grzbietowo-bocznej kory przedczołowej w

prawej półkuli mózgu; zakładam, że miałyby to zapewne miejsce, gdyby Doktorantka przyjęła inny model teoretyczny jako podstawę swoich dociekań (np. wspomniany powyżej model Donalda Stussa). Po trzecie, zastanawia także brak uwzględnienia w analizach wieku badanych (ze zmiennych demograficznych Doktorantka uwzględniła w badaniach jedynie płeć). Ponadto, biorąc pod uwagę liczbę analizowanych zmiennych, liczebność badanych mogłaby być większa. Nie jest także całkowicie jasne, czy któraś z badanych w pierwszym pomiarze osób została wykluczona z ostatecznych analiz (np. z powodu odmowy kontynuowania udziału w badaniu). Sugerować to mogą podane na stronie 68 kryteria usunięcia osób z badań, choć jednocześnie przeczą temu wskazywane w tabelach liczebności i stopnie swobody. Intryguje również to, dlaczego przy analizie związku Doktorantka nie pokusiła się o przeprowadzenie analiz regresji, a także nie zaprezentowała efektów poprawy wyrażonych procentowo (dla lepszej czytelności / prezentacji wyników). Nie jest również jasne (przynajmniej dla mnie), jak opracowano wskaźnik poprawy. Uważam też, że zamieszczony na stronie 122 wniosek (tj. stwierdzenie, że uzyskane dane częściowo potwierdzają wcześniejsze doniesienia na temat skuteczności stosowania tDCS w grupach klinicznych) nie jest uprawniony. Doktorantka nie badała bowiem osób chorych, a jedynie zdrowych dorosłych w stosunkowo młodym wieku.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Mimo kilku uwag, które przedstawiłem powyżej, rozprawę mgr Darii Kukuły oceniam pozytywnie. Przeprowadzone przez Doktorantkę badania oraz sposób prezentacji uzyskanych wyników dowodzą bowiem, że mgr Daria Kukuła posiada kompetencje badawcze, jakich oczekuje się od kandydatów na stopień naukowy

doktora. Ponadto, obok dużej wartości poznawczej, uzyskane przez Doktorantkę wyniki mają także cenne walory aplikacyjne. **Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668).** W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr Darii Kukuły do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

