



Bydgoszcz, 23 lutego 2026

Dr hab. Monika Wiłkość-Dębczyńska, prof. uczelni  
Katedra Psychologii Zdrowia  
Wydział Psychologii  
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Krysteckiej**  
**pt. *Różnice indywidualne w sprawności czasowego przetwarzania informacji u***  
***młodych dorosłych: wskaźniki elektrofizjologiczne***  
**Promotorka: dr hab. Aneta Szymaszek**

Decyzją Rady Naukowej Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego Polskiej Akademii Nauk z dn. 12 grudnia 2025 r. powierzono mi do recenzji rozprawę doktorską Pani mgr Klaudii Krysteckiej pt. *Różnice indywidualne w sprawności czasowego przetwarzania informacji u młodych dorosłych: wskaźniki elektrofizjologiczne*.

Praca ma charakter empiryczny i mieści się w obszarze neuronauki poznawczej, z wyraźnym osadzeniem w psychologii poznawczej i psychofizjologii. Tytuł rozprawy w pełni odzwierciedla przedstawione w niej treści. Celem badawczym wskazanym przez Doktorantkę była identyfikacja wskaźników elektrofizjologicznych związanych z wysoką i niską sprawnością czasowego przetwarzania informacji, zarówno podczas aktywności spoczynkowej mózgu, jak i podczas rozwiązywania zadań poznawczych w grupie młodych dorosłych. Już sam wybór problematyki badawczej, wymagającej integracji pomiaru behawioralnego z analizą sygnału elektrofizjologicznego, należy uznać za rozwiązanie ambitne i wskazujące na wysokie kompetencje metodologiczne Doktorantki.

Rozprawa liczy 188 stron. Jej struktura jest klasyczna, charakterystyczna dla prac empirycznych. Obejmuje ona pięć rozdziałów, tj.: *Wstęp, Cele i hipotezy badań własnych, Metoda, Wyniki, Dyskusja*, jak również streszczenie, wykaz skrótów, bibliografię, załączniki oraz spisy rycin, tabel i publikacji naukowych, których Doktorantka jest współautorką. Struktura pracy jest przejrzysta i logicznie uporządkowana, co sprzyja konsekwentnemu prowadzeniu wywodu od podstaw teoretycznych, przez część metodologiczną, aż po analizę wyników i ich interpretację. Język rozprawy jest precyzyjny, naukowy i klarowny, a całość została przygotowana z dużą dbałością edytorską. Zastosowanie pogrubionej czcionki, wyodrębnionych ramek, tabel oraz czytelnych, kolorowych rycin w istotny sposób podnosi walory estetyczne tekstu i ułatwia odbiór oraz systematyzację prezentowanych treści.



Wstęp do rozprawy doktorskiej zawiera pięć podrozdziałów, w których Autorka omówiła teoretyczne podstawy badań własnych, w tym kluczowe modele czasowego przetwarzania informacji, jego relacje z funkcjami poznawczymi, zagadnienie różnic indywidualnych w czasowym przetwarzaniu informacji oraz mózgowe mechanizmy z nim związane. Przegląd literatury obejmuje zarówno klasyczne ujęcia teoretyczne, jak i aktualne doniesienia empiryczne o zasięgu międzynarodowym. Autorka poprawnie posługuje się aparatem pojęciowym oraz konsekwentnie odwołuje się do ustaleń empirycznych, unikając nadmiernych uproszczeń czy popularnonaukowych interpretacji.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że w części teoretycznej Doktorantka w niektórych fragmentach nie ogranicza się do prostego referowania wyników badań, lecz podejmuje próbę ich porządkowania i zestawiania, zwłaszcza w odniesieniu do modeli oraz wskaźników elektrofizjologicznych czasowego przetwarzania informacji. W tym sensie przegląd literatury pełni nie tylko funkcję informacyjną, lecz także problematyzującą.

Mocną stroną tej części pracy jest również jej interdyscyplinarny charakter. Autorka sprawnie integruje perspektywę psychologiczną z danymi z zakresu neurofizjologii. Zwraca uwagę na złożoność relacji między cechami jednostki a aktywnością mózgu, co stanowi rzetelne przygotowanie do części empirycznej rozprawy. Taka konstrukcja narracji sprzyja lepszemu zrozumieniu przyjętych założeń badawczych oraz przekonująco uzasadnia potrzebę realizacji zaprojektowanych badań. Warto także zauważyć, że część teoretyczna w sposób klarowny i uporządkowany wprowadza w specyfikę zastosowanych analiz EEG, zwłaszcza w zakresie doboru konkretnych wskaźników.

Pewien niedosyt w tej części rozprawy pozostawiają fragmenty poświęcone różnicom indywidualnym w czasowym przetwarzaniu informacji oraz jego związkom z funkcjami poznawczymi, gdzie narracja przyjmuje charakter bardziej sprawozdawczy, polegający głównie na przywoływaniu kolejnych badań, przy relatywnie słabszym eksponowaniu ich wzajemnych relacji oraz implikacji teoretycznych. W innych miejscach, na przykład przy omawianiu roli układu dopaminergicznego w czasowym przetwarzaniu informacji, można byłoby oczekiwać wyraźniejszego uzasadnienia wyboru tylko tego jednego układu oraz wskazania, które z przedstawionych treści stanowią bezpośredni punkt odniesienia dla badań własnych, a które pełnią jedynie funkcję kontekstową.

W części metodologicznej rozprawy Doktorantka precyzyjnie określiła cel badań oraz sformułowała cztery hipotezy badawcze, zakładając w nich, że wyższa sprawność czasowego przetwarzania informacji jest powiązana: z odmiennymi wzorcami aktywności oscylacyjnej w paśmie gamma w bazowej aktywności mózgu, większą efektywnością porównywania długości





trwania dźwięków, wyższą efektywnością pozauwagowej percepcji bodźców wyróżnionych oraz większą skutecznością kontroli hamowania.

Badanie przeprowadzone przez Doktorantkę stanowiło część projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (OPUS 15; *Różnice indywidualne w subiektywnym przeżywaniu czasu: wskaźniki neuropsychologiczne, EEG i fMRI*; UMO-2018/29/B/HS6/02038) i uzyskało zgodę Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu przy Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy (nr KB 289/2019).

Procedura badawcza obejmowała rekrutację uczestników za pośrednictwem platform społecznościowych. Do udziału zakwalifikowano 84 osoby w wieku od 20 do 27 lat, spełniające jasno określone kryteria włączenia. Uważam jednak, że zasadne byłoby bardziej szczegółowe odniesienie się w głównej części pracy do procedury wyznaczania *Progu Postrzegania Kolejności*. Choć jej opis został zamieszczony w załączniku, sformułowanie wskazujące, że pomiar ten przeprowadzono „w poprzednich badaniach”, nie dostarcza istotnych informacji metodologicznych, takich jak choćby odstęp czasowy między pomiarem sprawności czasowego przetwarzania informacji a rejestracją zapisu EEG.

Badanie zostało oparte na jasno zdefiniowanych zmiennych i logicznie powiązane z przyjętymi założeniami teoretycznymi, co świadczy o jego spójności koncepcyjnej. Przyjęta metodologia jest adekwatna do postawionego celu i sformułowanych hipotez. Autorka prawidłowo dobrała narzędzia badawcze oraz dokonała operacjonalizacji zmiennych, klarownie przypisując — w odniesieniu do wszystkich czterech zadań ujętych w badaniu — adekwatne wskaźniki behawioralne oraz elektrofizjologiczne. Procedura rejestracji sygnału EEG została opisana szczegółowo i z zachowaniem standardów obowiązujących w badaniach psychofizjologicznych, obejmujących m.in. opis aparatury, rozmieszczenia elektrod, parametrów rejestracji oraz sześćoetapowego wstępnego przetwarzania danych dla poszczególnych zadań. Szczególnie istotnym atutem metodologicznym pracy jest uwzględnienie wieloaspektowej analizy danych elektrofizjologicznych obejmującej: ocenę widmowej gęstości mocy i nachylenia widma mocy, analizę potencjałów wywołanych i potencjału niezgodności oraz zastosowanie testu  $t$  z poprawką permutacyjną. Autorka wykazała dobrą znajomość ograniczeń metody EEG, w tym problemów związanych z artefaktami, zmiennością międzyosobniczą oraz koniecznością odpowiedniej kontroli jakości danych. Na szczególne uznanie zasługuje fakt, że zestawy danych z dwóch zadań wraz z autorskimi kodami analitycznymi zostały udostępnione w ogólnodostępnym repozytorium *RepOD*, co istotnie zwiększa transparentność badań, umożliwia replikację przeprowadzonych analiz oraz sprzyja dalszemu wykorzystaniu zgromadzonego materiału empirycznego.



Analizy statystyczne Doktorantka przeprowadziła prawidłowo i adekwatnie do charakteru danych. W tej części pracy można jednak wskazać trzy drobne kwestie, które warto byłoby doprecyzować. Po pierwsze, w prezentacji wyników raportowane są wartości statystyk testowych oraz poziomy istotności, natomiast brakuje informacji o wielkości efektu. Uwzględnienie miar efektu pozwoliłoby na pełniejszą ocenę znaczenia uzyskanych różnic i zależności, a także zwiększyłoby przejrzystość interpretacyjną wyników, zwłaszcza w kontekście badań o charakterze różnic indywidualnych.

Po drugie, choć Autorka trafnie wskazuje w części metodologicznej, że test permutacyjny oparty na klastrach nie pozwala na bezpośrednie wnioskowanie o konkretnej elektrodzie czy precyzyjnym zakresie częstotliwości, w części wynikowej pojawiają się sformułowania sugerujące bardziej szczegółową lokalizację efektu (np. „*głównie nad czołowo-centralnymi elektrodami z przewagą lewej strony*”). Warto byłoby tutaj wyraźniej oddzielić opis wizualny rozkładu klastra od wnioskowania statystycznego, aby zachować pełną spójność interpretacyjną z przyjętą procedurą analityczną.

Po trzecie, w analizie dotyczącej nachylenia widma mocy w warunku „oczy otwarte” po uzyskaniu nieistotnego wyniku w ocenie obejmującej wszystkie elektrody przeprowadzono dodatkowe porównanie ograniczone do dwunastu elektrod wyodrębnionych na podstawie wcześniejszej analizy. Zasadne byłoby pełniejsze uzasadnienie metodologiczne tej procedury.

Uzyskane rezultaty zostały przedstawione w sposób uporządkowany i zgodny z przyjętym planem analiz. Doktorantka konsekwentnie odnosi się do postawionych hipotez. Na pozytywną ocenę zasługuje też przejrzystość raportowania wyników oraz dbałość o zachowanie rozróżnienia pomiędzy prezentacją danych a ich interpretacją.

Dyskusja rozprawy doktorskiej została opracowana w sposób rozbudowany i świadczy o dojrzałości naukowej Autorki. Dyskusja nie ogranicza się do prostego powtórzenia wyników, lecz stanowi próbę ich pogłębionej interpretacji w świetle aktualnej literatury przedmiotu. Doktorantka konsekwentnie odnosi uzyskane rezultaty do wcześniejszych badań empirycznych, wskazując zarówno obszary zgodności, jak i rozbieżności, co należy ocenić bardzo pozytywnie.

Na szczególne podkreślenie zasługuje umiejętność krytycznego odnoszenia się do własnych wyników. Autorka dostrzega ograniczenia zastosowanej metodologii oraz specyfikę danych EEG, unikając nadinterpretacji rezultatów i formułowania zbyt daleko idących wniosków. Widoczna jest świadomość niespecyficzności funkcjonalnej części analizowanych wskaźników oraz złożoności relacji między różnicami indywidualnymi w zakresie przetwarzania informacji a wzorcami aktywności mózgu. Taka ostrożność w formułowaniu





wniosków świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu Doktorantki do prowadzenia badań w obszarze neuronauki poznawczej.

Mocną stroną dyskusji jest także próba integracji uzyskanych wyników w szersze ramy teoretyczne. Autorka podjęła wysiłek interpretowania rezultatów nie tylko w odniesieniu do pojedynczych badań, lecz również w kontekście modeli funkcjonowania poznawczego i różnic indywidualnych. Dzięki temu dyskusja ma charakter syntetyzujący, a nie jedynie porównawczy. Autorka wskazuje też potencjalne mechanizmy leżące u podstaw obserwowanych efektów, zachowując przy tym świadomość spekulatywnego charakteru takich rozważań.

Warto również podkreślić, że Doktorantka jest świadoma ograniczeń badań własnych i zasadnie wskazuje na porównywanie jedynie dwóch skrajnych grup wyodrębnionych na podstawie testów behawioralnych mierzących sprawność czasowego przetwarzania informacji w zakresie milisekundowym, na dodatkowe utrudnienia wynikające z pandemii COVID-19 (w tym długie przerwy między pomiarami behawioralnymi i elektrofizjologicznymi oraz spadek liczebności próby), a także na brak uwzględnienia standaryzowanego pomiaru ekspozycji i zdolności muzycznych.

Pewnym ograniczeniem dyskusji jest relatywnie słabe wyeksponowanie implikacji praktycznych uzyskanych wyników. Choć charakter pracy jest przede wszystkim podstawowy, a Autorka trafnie koncentruje się na znaczeniu teoretycznym rezultatów, bardziej rozbudowane wskazanie potencjalnych zastosowań aplikacyjnych mogłoby dodatkowo wzmocnić wartość poznawczą rozprawy.

Podsumowując, Doktorantce należy się uznanie za podjęcie ambitnej tematyki oraz realizację projektu obejmującego zarówno analizy behawioralne, jak i elektrofizjologiczne. Część teoretyczna rozprawy została opracowana rzetelnie i świadczy o rozległej wiedzy Doktorantki oraz dobrej orientacji w aktualnym stanie badań w obszarze podejmowanej tematyki. Do jej głównych atutów należą aktualność wykorzystanych źródeł oraz interdyscyplinarne ujęcie zagadnienia, integrujące perspektywę psychologiczną i neurofizjologiczną, co stanowi adekwatne wprowadzenie do problematyki badawczej, przekonująco uzasadnia wybór analizowanych zmiennych i zastosowanych metod, a także dostarcza kontekstu interpretacyjnego dla uzyskanych rezultatów. Cel i hipotezy badawcze wynikają bezpośrednio z przedstawionych rozważań teoretycznych, co świadczy o przemyślanej i konsekwentnej konstrukcji całej pracy. Przyjęta metodologia charakteryzuje się spójnością oraz adekwatnością do sformułowanych hipotez badawczych, a poziom jej zaawansowania wskazuje na bardzo dobre przygotowanie Autorki do samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Uzyskane wyniki są wartościowe ujawniając, że



indywidualne różnice w sprawności czasowego przetwarzania informacji znajdują swoje odzwierciedlenie w aktywności neuronalnej zarówno w stanie spoczynku, jak i podczas realizacji zadań poznawczych. Szczególnie istotne jest wykazanie, że wybrane wskaźniki EEG, w tym komponenty LPC oraz No-Go P3, mogą pełnić rolę potencjalnych markerów neurofizjologicznych tej sprawności, co stwarza obiecujące perspektywy dla dalszych badań. Prezentacja oraz interpretacja rezultatów są przeprowadzone w sposób uporządkowany, wyważony i merytorycznie dojrzały. Praca potwierdza rozwinięte kompetencje analityczne Autorki oraz jej zdolność do krytycznej refleksji nad złożonym materiałem empirycznym.

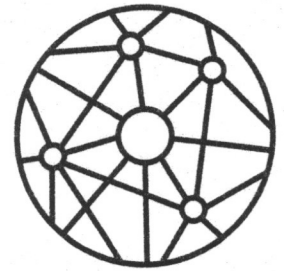
W mojej ocenie rozprawa doktorska mgr Klaudii Krysteckiej stanowi oryginalne ujęcie problemu naukowego. Oryginalność ta przejawia się w nowatorskim zestawieniu analizowanych zmiennych oraz w sposobie integracji danych behawioralnych i elektrofizjologicznych. Praca wnosi istotny wkład w badania nad mózgowymi mechanizmami funkcjonowania poznawczego, zwłaszcza w zakresie lepszego zrozumienia ich zróżnicowania u osób o niskiej i wysokiej sprawności czasowego przetwarzania informacji. Badania przeprowadzono w populacji zdrowych młodych dorosłych, która stosunkowo rzadko jest przedmiotem pogłębionych analiz w tym obszarze. Uzyskane wyniki mają przede wszystkim znaczenie poznawcze, poszerzając i porządkując wiedzę teoretyczną z zakresu neuronauki, a zarazem mogą one stanowić punkt wyjścia do dalszych badań klinicznych oraz potencjalnych zastosowań diagnostycznych i terapeutycznych.

Rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.). W związku z powyższym, wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Biologii Doświadczalnej o dopuszczenie mgr Klaudii Krysteckiej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Monika Wilkość - Dębczyńska

dr hab. Monika Wilkość- Dębczyńska, prof. uczelni





**UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI**  
WYDZIAŁ FILOZOFICZNY  
INSTYTUT PSYCHOLOGII

**Recenzja pracy doktorskiej magister Klaudii Krysteckiej**  
**“Różnice indywidualne w sprawności czasowego**  
**przetwarzania informacji u młodych dorosłych: wskaźniki**  
**elektrofizjologiczne”**

**przygotowanej pod opieką dr hab. Anety Szymaszek**

Przedstawiona mi do oceny dysertacja doktorska ma formę monografii empirycznej zawierającej cykl eksperymentów przeprowadzonych z wykorzystaniem techniki potencjałów wywołanych oraz pomiaru aktywności spoczynkowej EEG. Centralnym zagadnieniem organizującym pracę jest problem neuronalnych korelatów czasowego przetwarzania informacji. Autorka analizuje to zagadnienie z wykorzystaniem protokołów eksperymentalnych odnoszących się do różnych aspektów funkcjonowania poznawczego — oceny długości trwania dźwięków, predykcji regularności czasowych oraz hamowania behawioralnego - i odnosi do zagadnienia różnic indywidualnych. W rezultacie podejmuje próbę określenia, w jakich dziedzinach funkcjonowania poznawczego zróżnicowanie w zakresie czasowego przetwarzania informacji odgrywa istotną rolę.

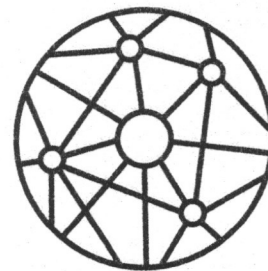
dr hab.  
Marek Binder  
prof. UJ

**Ocena struktury i omówienie treści pracy**

Dysertacja została przygotowana w języku polskim. Tekst jest napisany przystępnym stylem i bez zarzutu pod względem językowym. Autorka wystrzega się używania żargonu, co choć korzystne pod względem językowym, niekiedy prowadzi do oryginalnych propozycji terminologicznych (np. fala “odjęta” zamiast fala “różnicowa”, albo bodźce “wyróżnione” zamiast “targety” lub bodźce “kluczowe”). Pod względem redakcyjnym praca została opracowana bardzo starannie, a zamieszczone tabele i ilustracje bardzo pomagają w zrozumieniu omawianych zagadnień. W odbiorze pracy przydatne są także podsumowania zamieszczone na końcu poszczególnych rozdziałów.

ul. Ingardena 6  
30-060 Kraków

marek.binder@uj.edu.pl  
+48 12 663 24 37



**UNIwersytet  
Jagielloński**

Wydział Filozoficzny  
Instytut Psychologii

dr hab.  
Marek Binder  
prof. UJ

Praca składa się z dziesięciu rozdziałów. Tekst główny liczy 134 strony i został poprzedzony podziękowaniami, spisem treści, streszczeniami w języku polskim i angielskim oraz wykazem skrótów. Część zasadniczą zamyka lista publikacji. Do pracy dołączono dwa załączniki: pierwszy zawiera szczegółowy opis procedur eksperymentalnych, drugi — indywidualne wyniki progów percepcji kolejności. Całość liczy 188 stron.

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie teoretyczne. Autorka przedstawia w nim problematykę przetwarzania czasowego oraz najważniejsze koncepcje teoretyczne odnoszące się do tego zagadnienia. Znaczną część wstępu poświęcono koncepcji zegara umysłowego. Przegląd literatury został przeprowadzony w sposób klarowny i dobrze udokumentowany. Rozdział zawiera również syntetyczne omówienie aktualnego stanu wiedzy dotyczącego neuronalnych korelatów przetwarzania czasowego. Świadczy to o dobrej orientacji Autorki w literaturze przedmiotu i kontekście teoretycznym opisywanych zagadnień.

Rozdział drugi zawiera prezentację hipotez oraz głównego celu pracy. Zostały one sformułowane jasno i jednoznacznie. Celem rozprawy — jak wskazuje Autorka — była “identyfikacja wskaźników elektrofizjologicznych charakteryzujących wysoką i niską sprawność czasowego przetwarzania informacji (CzPI) u zdrowych osób dorosłych, zarówno podczas aktywności spoczynkowej mózgu, jak i w trakcie wykonywania zadań poznawczych”. Pewne wątpliwości budzi jednak fakt, że część zaplanowanych badań nie jest bezpośrednio powiązana z problematyką czasowego przetwarzania informacji ani z przedstawionymi modelami teoretycznymi CzPI. W pracy brakuje bardziej pogłębionego uzasadnienia teoretycznego dla włączenia tych procedur do projektu badawczego. Można jednak przyjąć, że wynika to z częściowo eksploracyjnego charakteru badań, których celem było rozpoznanie tych dziedzin funkcjonowania poznawczego, w których indywidualne zróżnicowanie w zakresie przetwarzania czasowego może pełnić rolę modulującą.

Rozdział trzeci zawiera szczegółowy opis metod badawczych oraz zastosowanych analiz statystycznych. Jest to jeden z najlepiej przygotowanych fragmentów pracy. Autorka w sposób przejrzysty i systematyczny przedstawia zarówno procedury eksperymentalne, jak i kolejne etapy analizy danych. Liczne schematy, ilustracje i tabele znacząco ułatwiają orientację w opisywanych procedurach.

Pewne wątpliwości dotyczyć mogą sposobu opisu poprawki permutacyjnej. W pracy wskazano, że wartość  $p$  obliczono jako “proporcję przypadków, w których statystyka klastra z permutacji była większa niż wartość uzyskana dla danych rzeczywistych” (strona 74, w. 4). W wielu implementacjach tej metody (np. w pakiecie FieldTrip) próg istotności jest

ul. Ingardena 6  
30-060 Kraków

marek.binder@uj.edu.pl  
+48 12 663 24 37



zwykle ustalany a priori (np.  $p = 0,05$ ), co odpowiada progowej wielkości klastra, która jest obliczana na podstawie wartości wyznaczającej 5% największych klastrów uzyskanych w procedurze permutacyjnej.

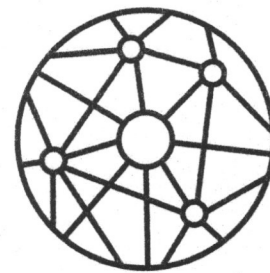
Rozdział czwarty prezentuje wyniki przeprowadzonych eksperymentów. Również w tej części pracy widoczna jest duża staranność w sposobie prezentacji rezultatów. Wykresy zostały przygotowane czytelnie i przejrzysto. Jedyną rzucającą się w oczy usterką jest brak jednostek mocy na wykresach spektralnych. Zamieszczone podsumowania ułatwiają uchwycenie najważniejszych efektów.

Rozdział piąty zawiera dyskusję wyników. Jest ona prowadzona rzetelnie i w sposób uporządkowany, choć miejscami przydałoby się bardziej pogłębione odniesienie do istniejącej literatury przedmiotu. Ta uwaga krytyczna zostanie rozwinięta w dalszej części recenzji.

## Ocena treści pracy

Wybrany przez Autorkę parametrem behawioralnym reprezentującym efektywność czasowego przetwarzania informacji był wynik uzyskany w testach percepcji kolejności zdarzeń - a konkretnie próg postrzegania kolejności (PPK). Zastosowane procedury wykorzystywały bodźce słuchowe - na pozytywną ocenę zasługuje decyzja o wykorzystaniu dwóch warianty procedury: jeden, który wykorzystywał różnicę w położeniu bodźców (a więc wykorzystujący reprezentacje przestrzenne bodźców) oraz drugi, gdzie różnica pomiędzy bodźcami polegała na częstotliwości użytych dźwięków (a więc bazował na reprezentacji wysokości tonu). Sposób utworzenia dwóch grup nie budzi zastrzeżeń i zostały przeprowadzony w sposób adekwatny. Uwagę zwraca natomiast nierównomierny rozkład płci w grupach CzPI — w grupie wysokiego CzPI mężczyźni stanowili prawie 68% próby, w grupie niskiego CzPI 42%, a w grupie mieszanej zaledwie 23%. Fakt ten nie został skomentowany przez Autorkę; pozostaje pytanie, czy odzwierciedla on ogólniejszą tendencję dotyczącą przetwarzania czasowego, czy jest artefaktem niewielkiej próby.

W pierwszym Zadaniu porównano ze sobą zapis spektralny aktywności spontanicznej EEG podczas zamkniętych i otwartych oczu. Uzyskano różnice w zakresie gamma (25-90 Hz) przy oczach otwartych przy analizie całego skalpu. Różnica była nieistotna w przypadku warunku oczu zamkniętych. Autorka słusznie zauważyła - dzięki wykorzystaniu metody dekompozycji FOOOF - że różnice nie tyle wynikają z różnic w mocy oscylacji gamma a mogą być powiązane z aktywnością aperiodyczną. Tym niemniej, sposób interpretacji tego wyniku w kategoriach aktywności neuronalnej budzi spore wątpliwości - nie można bowiem wykluczyć że aktywność szerokopasmowa w tym zakresie



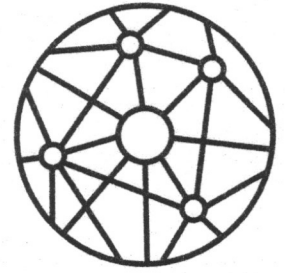
**UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI**

WYDZIAŁ FILOZOFICZNY  
INSTYTUT PSYCHOLOGII

dr hab.  
Marek Binder  
prof. UJ

ul. Ingardena 6  
30-060 Kraków

marek.binder@uj.edu.pl  
+48 12 663 24 37



**UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI**

WYDZIAŁ FILOZOFICZNY  
INSTYTUT PSYCHOLOGII

dr hab.  
Marek Binder  
prof. UJ

mogła mieć pobudzenie nieneuronalne. Fakt, że różnice występowały tylko w warunku oczu otwartych, budzi podejrzenie, że były one wywołane aktywnością okulomotoryczną (w tym przede wszystkim obecnością mikrosakad - od czasu badań Shlomit Yuval-Greenberg i współpracowników wiemy, że mogą one skutecznie "udawać" w zapisie EEG aktywność z zakresu gamma). Bez analizy kontrolnej weryfikującej możliwy udział aktywności okulomotorycznej w obserwowanym zakresie spektrum EEG nie można być pewnym, że uzyskane efekty miały istotnie pochodzenie neuronalne.

W Zadaniu 2, przeprowadzonym z użyciem techniki potencjałów wywołanych (ERP), przedmiotem zainteresowania były różnice indywidualne w zakresie wykrywania różnic w czasie trwania bodźców dźwiękowych. Badanie było prowadzone w paradygmacie oddball w dwóch warunkach eksperymentalnych, różniących się trudnością w różnicowaniu bodźców. Behawioralnie zdolność detekcji była mierzona za pomocą parametru  $d'$ . Jeśli chodzi o porównania międzygrupowe jedynym uzyskanym wynikiem było wykrycie, że warunku łatwym (40 ms różnicy w czasie trwania bodźców) grupa WCzPI wykazywała wyższą amplitudę potencjału w obrębie elektrod czołowo-centralnych (w zakresie 480–980 ms) niż grupa NCzPI. Natomiast przy porównaniu wewnątrzgrupowym zaobserwowano (opisowo) że różnice między targetami a standardami wystąpiły wcześniej w grupie WCzPI niż w grupie NCzPI. Autorka nie podjęła próby redukcji wymiarowości danych, aby efekty oddball i trudności zadania zbadać w bezpośrednich porównaniach międzygrupowych, co by było pożyteczne ze względu na główny cel projektu. Opis wyników niepoparty testami statystycznymi osłabia siłę formułowanych wniosków.

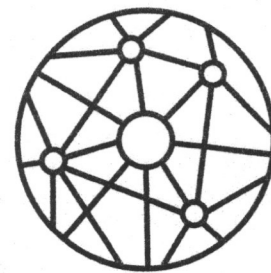
W Zadaniu 3 również zastosowano technikę pomiarową potencjałów wywołanych - tym razem do oceny neuronalnych korelatów "pozauwagowej percepcji wyróżnionych dźwięków". Badanym komponentem ERP był potencjał niezgodności (*mismatch negativity*, MMN). Zastosowano warianty procedury różniące się trudnością detekcji bodźca typu *deviant* - polegały one na stopniowym wydłużaniu odstępów czasowych pomiędzy kolejnymi ekspozycjami bodźców. W tym eksperymencie nie udało znaleźć systematycznych różnic między grupami - jedyna znaleziona różnica dotyczyła wyższej latencji MMN w warunku trudnym (ISI = 4.5 s) występującej w grupie WCzPI. Jak słusznie zauważyła Autorka, niska amplituda uzyskanych komponentów MMN nakazuje ostrożność w interpretacji tego wyniku. Badanie zostało przeprowadzone poprawnie, a opis wyników świadczy o wysokich kompetencjach metodologicznych Autorki.

W Zadaniu 4 przedmiotem zainteresowania Autorki był badanie różnic w skuteczności hamowania behawioralnego z użyciem techniki Go-NoGo (75/25). Podobnie jak w Zadaniu 1, grupa o wysokiej efektywności czasowego

ul. Ingardena 6  
30-060 Kraków

marek.binder@uj.edu.pl  
+48 12 663 24 37





**UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI**

WYDZIAŁ FILOZOFICZNY  
INSTYTUT PSYCHOLOGII

dr hab.  
Marek Binder  
prof. UJ

przetwarzania informacji (WCzPI) dominowała w wynikach behawioralnych (krótszy czas reakcji oraz wyższe wyniki d'). Analiza wzorców ERP ujawniła różnice w zakresie korelatów procesów hamowania behawioralnego - tj. parametrów odpowiedzi P3 No-Go. Moja krytyczna uwaga jest taka sama, jak w przypadku badania drugiego - zabrakło próby bezpośredniego porównania statystycznego obu grup pod kątem efektów manipulacji eksperymentalnej. Poza tym, jak w poprzednich badaniach - charakteryzowało się ono dużą rzetelnością metodologiczną i dbałością o szczegóły w prezentacji wyników i ich interpretacji.

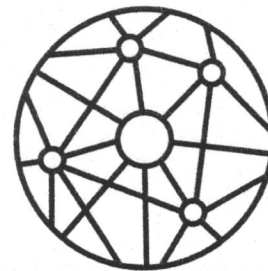
Rozdział 5 pracy zawiera dyskusję uzyskanych wyników. Poza kwestią wątpliwości w interpretacji wyników Zadania 1, o której wspominałem wcześniej, jest ona poprowadzona przez Autorkę bardzo kompetentnie i rzeczowo, chociaż jednocześnie ujawnia pewne niedociągnięcia. Poniekąd wynikają one z przyjętego pomysłu na projekt badawczy. Mówiąc najogólniej, Autorka wyjaśnia zaobserwowane różnice w kategoriach "efektywności" funkcjonowania poznawczego osób o wysokim CzPI. Brakuje jednak teoretycznie pogłębionego powiązania użytego pojęcia "efektywności" ze sferą czasowego przetwarzania informacji - co prawda, również i tutaj Autorka również posługuje się pojęciem efektywności (lub sprawności). To słowo-klucz jednak słabo przekłada się na poziom neuronalny i dlatego też, ma stosunkowo niski walor eksplanacyjny. Co ma bowiem wspólnego ze sobą na poziomie procesów neuronalnych ma to, że mózg efektywnie wykrywa różnice w czasie trwania bodźców, efektywnie hamuje reakcję, a jednocześnie "nieefektywnie" pozauwagowo percypuje wyróżnione bodźce? Warto przy tym zwrócić uwagę, na to że zadanie 3 (MMN) nie miało charakteru aktywnego/kontrolowanego, w przeciwieństwie do Zadań 2 i 4. W opinii Recenzenta fakt, że w przypadku tylko tego zadania nie zaobserwowano różnic międzygrupowych mówi coś o naturze mierzonego parametru CzPI. Ten wątek jednak nie został poruszony w dyskusji. Przyglądając się wynikom behawioralnym nasuwa się spostrzeżenie, że oprócz efektywności wymiarem, który różnicował obie grupy CzPI była stabilność reagowania: grupa WCzPI wykazywała dużo niższą zmienność w uzyskanych wynikach, niż grupa NCzPI (zob. np. Ryc. 14, 15, 26). Sposób prezentacji wyników ERP sprawia, że ocena stabilności reakcji neurofizjologicznych jest trudniejsza do oceny pod tym kątem. Podsumowując, dyskusja odpowiada na wiele pytań stawianych przez wyniki, lecz zagadnienia o charakterze ogólniejszym pozostają otwarte.

## Konkluzja

Moja końcowa ocena dysertacji doktorskiej magister Klaudii Krysteckiej jest pozytywna. Praca pomimo stosunkowo ograniczonego zakresu (opisano

ul. Ingardena 6  
30-060 Kraków

marek.binder@uj.edu.pl  
+48 12 663 24 37



**UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI**

WYDZIAŁ FILOZOFICZNY  
INSTYTUT PSYCHOLOGII

jedno badanie z udziałem 84 osób) daje interesujący wgląd w charakterystykę funkcjonowania behawioralnego i neurofizjologicznego osób o zróżnicowanym poziomie przetwarzania czasowego informacji, który bez wątpienia rozszerzy naszą wiedzę w tej dziedzinie badawczej. Na szczególne wyróżnienie zasługuje poziom metodologiczny analizy i oraz sposób prezentacji wyników badań. Świadczą one o wysokim poziomie kompetencji metodologicznych Autorki i jej dbałości o detale (tak istotne w tej dziedzinie badań), jak również umiejętności przejrzystej prezentacji złożonego obrazu uzyskanych wyników. W świetle powyższego uzasadniony jest wniosek, że próba rozstrzygnięcia głównego problemu naukowego pracy doktorskiej przez Autorkę dysertacji stanowi wartościowe pod względem naukowym osiągnięcie.

Niniejszym oświadczam, że rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478, 619, 1630) i wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Biologii Doświadczalnej PAN im. M. Nenckiego o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie magister Klaudii Krysteckiej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

dr hab.  
Marek Binder  
prof. UJ

*Marek Binder*

ul. Ingardena 6  
30-060 Kraków

marek.binder@uj.edu.pl  
+48 12 663 24 37

Recenzja rozprawy doktorskiej

**pt. *Różnice indywidualne w sprawności czasowego przetwarzania informacji u młodych dorosłych: wskaźniki elektrofizjologiczne***

przygotowanej przez mgr Klaudię Krystecką

w Pracowni Neurofizjologii Umystu Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN

pod kierunkiem dr hab. Anety Szymaszek

Temat rozprawy Pani mgr Klaudii Krysteckiej dotyczy interesującego obszaru badawczego związanego z percepcją czasu, a dokładniej – z różnicami indywidualnymi w czasowym przetwarzaniu informacji. Celem przedstawionego w dysertacji badania było udzielenie odpowiedzi na pytanie o różnice pomiędzy grupami o różnej efektywności czasowego przetwarzania informacji w zakresie wskaźników elektrofizjologicznych, mierzonych zarówno w trakcie spoczynku, jak i podczas wykonywania zadań o charakterze poznawczym.

W celu zweryfikowania postawionych hipotez Doktorantka przeprowadziła jedno złożone badanie, do którego zrekrutowała 84 osoby. Na bazie testów behawioralnych uczestnicy zostali podzieleni na trzy grupy: o wysokiej, ambiwalentnej oraz niskiej efektywności przetwarzania informacji czasowych. Osoby badane o jednoznacznie wysokim lub niskim poziomie przetwarzania informacji testowych (N = 67) porównano pod kątem aktywności mózgowej oraz wyników behawioralnych w trakcie spoczynku, a także podczas wykonywania zadań wymagających zaangażowania takich funkcji poznawczych jak: detekcja rozbieżności w długości trwania bodźca dźwiękowego (zadanie 1), detekcja rozbieżności pomiędzy bodźcami dźwiękowymi o różnej częstotliwości (zadanie 2) oraz hamowanie reakcji (zadanie 3).

Praca ma charakter monografii i liczy 188 stron, włączając bibliografię oraz załączniki. Układ dysertacji jest klasyczny i obejmuje: wprowadzenie teoretyczne, prezentację celu badania i hipotez, opis zastosowanej metody, raport z wyników oraz ich omówienie. Bibliografia zawiera 210 pozycji. Warto podkreślić, że część wyników przedstawionych w pracy ukazała się już w postaci artykułów opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych, a Autorka respektuje zasady otwartej nauki, czego wyrazem jest udostępnienie danych zebranych w badaniu oraz kodów umożliwiających replikację analiz w otwartym repozytorium. Praca jest napisana klarownym językiem i czyta się ją płynnie. Pewne zastrzeżenia można mieć do niektórych elementów formalnych – np. do sposobu sformatowania części tabel prezentujących wyniki analizy wariancji, które nie w pełni odpowiadają standardom APA7, czy braku numerów



DOI w bibliografii. Ogólnie jednak praca pod względem formalnym została przygotowana poprawnie.

W pierwszej części pracy Doktorantka koncentruje się na zaprezentowaniu kontekstu teoretycznego dla postawionego problemu badawczego. Nie ogranicza się do przeglądu badań, ale rozpoczyna od zaprezentowania najbardziej znanych modeli teoretycznych opisujących i wyjaśniających percepcję czasu. Wykazuje tym samym świadomość zróżnicowania w obszarze możliwości rozumienia mechanizmów leżących u podstaw badanego przez siebie zjawiska. Podejmuje także próbę zestawienia obecnych w literaturze ujęć teoretycznych, wskazując na ich mocne i słabe strony. Ten fragment pracy, został jednak potraktowany dosyć zwięźle i można żałować, że Doktorantka nie podjęła próby dalszej integracji przedstawionych koncepcji. Wydaje się, że w obliczu „bogactwa” teorii dotyczących percepcji czasu, interesującym wkładem teoretycznym byłoby choćby robocze zarysowanie modelu integrującego mechanizmy czasowego przetwarzania informacji, opartego na tych elementach istniejących teorii, które znajdują najsilniejsze potwierdzenie empiryczne.

W dalszej części wprowadzenia Autorka zaprezentowała przegląd badań dotyczący związków czasowego przetwarzania informacji z innymi funkcjami poznawczymi. Z przytoczonych badań wynika dość jednoznacznie pozytywny związek pomiędzy efektywnością w obszarze przetwarzania informacji czasowych, a kontrolą uwagową, pamięcią roboczą, zdolnością planowania i innymi funkcjami wykonawczymi. Omawiając naturę tej relacji, Doktorantka przyjmuje hipotezę o fundamentalnym znaczeniu przetwarzania informacji czasowych dla efektywnego działania wymienionych procesów poznawczych. Innymi słowy zakłada kluczowy wpływ badanego przez siebie zjawiska na inne procesy poznawcze. Hipotezę tę opiera na koncepcji sformułowanej przez von Steinbüchela i Pöppela (1993), zgodnie z którą czasowe przetwarzanie informacji pełni funkcje „logistyczne” dla zjawisk o charakterze „kontekstowym”, takich jak percepcja czy pamięć, a tym samym odgrywa w stosunku do nich rolę procesu bardziej podstawowego. Z kilku względów mam wątpliwości, czy przy aktualnym stanie wiedzy ta hipoteza jest dostatecznie uzasadniona. Po pierwsze, większość, jeżeli nie wszystkie omówione przez Doktorantkę badania dokumentujące związki pomiędzy czasowym przetwarzaniem informacji a innymi procesami poznawczymi mają charakter korelacyjny lub quasi-eksperymentalny, co nie pozwala jednoznacznie określić kierunku zależności. Nie można zatem wykluczyć interpretacji zakładającej odwrotny kierunek wpływu – na przykład takiej, zgodnie z którą bardziej efektywna kontrola uwagowa sprzyja uzyskiwaniu lepszych wyników w zadaniach służących ocenie jednoczesności lub następstwa zdarzeń. Możliwe jest również, że obserwowane korelacje są efektem działania zmiennej trzeciej o bardziej podstawowym charakterze, wpływającej zarówno na czasowe przetwarzanie informacji, jak i na inne procesy poznawcze. Po drugie, podział na procesy typu „co” oraz typu „jak”, dokonany przez von Steinbüchela i Pöppela (1993) ma charakter w dużej mierze spekulatywny i – pomimo upływu ponad trzydziestu lat – trudno jest dla niego znaleźć wsparcie empirycznie, jak również szersze uznanie ze strony innych badaczy. Poza tym, nawet gdyby przyjąć to założenie, to niektóre z badanych w tej pracy funkcji poznawczych, jak hamowanie reakcji, należy zaliczyć – podobnie jak czasowe przetwarzanie informacji – do procesów „logistycznych” a nie „kontekstowych”. Reasumując, w tej części pracy zabrakło nieco bardziej krytycznego namysłu nad naturą obserwowanych w badaniach relacji pomiędzy czasowym przetwarzaniem informacji a innymi funkcjami poznawczymi. Jest to o tyle ważne, że w dyskusji wyników badań własnych również dominuje interpretacja podkreślająca – nie zawsze w pełni uzasadnione – bardziej fundamentalne znaczenie czasowego przetwarzania informacji w stosunku do innych procesów poznawczych.

Ostatnią część wprowadzenia teoretycznego Doktorantka poświęciła charakterystyce mózgowych mechanizmów czasowego przetwarzania informacji. Opisała efekty na poziomie aktywności mózgu zaobserwowane przy użyciu dwóch różnych metod obrazowania: fMRI oraz EEG. Tutaj dość szczegółowo zostały omówione – zwłaszcza w części poświęconej elektroencefalografii – efekty związane z aktywnością oscylacyjną, nieoscylacyjną, a także potencjałami związanymi ze zdarzeniem. Przegląd badań umożliwił wytypowanie określonych efektów związanych z aktywnością mózgu (np. zakresów częstotliwości oscylacji lub określonych potencjałów wywołanych) jako teoretycznie i empirycznie uzasadnionych, potencjalnych korelatów czasowego przetwarzania informacji. Podsumowując, teoretyczna część pracy, choć nie wyczerpuje wszystkich zagadnień związanych z badanym zjawiskiem, traktowana jako całość wskazuje na dużą orientację Doktorantki zarówno w sposobach wyjaśniania zjawiska czasowego przetwarzania informacji, jak również jego związków z ogólnym funkcjonowaniem człowieka na poziomie poznawczym oraz aktywności mózgu.

Biorąc pod uwagę zakończenie części teoretycznej, w której Doktorantka wyszczególniła wskaźniki aktywności mózgu potencjalnie skorelowane z czasowym przetwarzaniem informacji, sposób opisanego zarówno celu badania jak i hipotez badawczych jest nieco zaskakujący. Cel wydaje się mieć w dużej mierze charakter eksploracyjny: potrzeba identyfikacji wskaźników sugeruje, że na razie nie wiemy jakie one są, a zadaniem badania jest ich empiryczne wskazanie. Z poprzedniego rozdziału jednak wynika, że istnieją przesłanki pozwalające oczekiwać specyficznych i dobrze określonych przejawów aktywności mózgu towarzyszących czasowemu przetwarzaniu informacji. Ponadto, niektóre hipotezy również wydają się sformułowane zbyt ostrożnie. W pierwszej z nich postulowana jest różnica w zakresie częstotliwości gamma, jednak kierunek tej różnicy nie został doprecyzowany. W przypadku aktywności nieoscylacyjnej, która w kolejnych częściach pracy jest analizowana i omawiana, nie została sformułowana żadna wyraźna hipoteza. Kolejne hipotezy, co prawda zawierają oczekiwania odnośnie kierunku różnicy, ale pod względem formalnym są one niepoprawnie sformułowane. Każda z hipotez powinna dotyczyć tylko jednego efektu, tak by móc potem ją jednoznacznie przyjąć lub odrzucić. Hipotezy ogólne, takie jak np. H2, H3 czy H4, które zawierają postulaty dotyczące kilku efektów jednocześnie (np. w H2: wyższy wskaźnik poprawności wykonania, krótszy czas reakcji, większa amplituda P3b i LPC), są trudne do jednoznacznej weryfikacji. W takim przypadku łatwo o sytuację, w której część efektów okaże się istotna statystycznie, a część nie, co utrudnia jednoznaczną ocenę trafności hipotezy.

Opis części metodologicznej pozwala stwierdzić, że Doktorantka dysponuje dobrze opanowanym warsztatem metodologicznym, zwłaszcza w zakresie opracowania procedur badawczych oraz przygotowania złożonych danych EEG do dalszych analiz. Po pierwsze, Autorka zadbała o jednoznaczne zróżnicowanie grup uczestników pod kątem efektywności czasowego przetwarzania informacji. Było to możliwe dzięki zastosowaniu podwójnego kryterium klasyfikacji, polegającego na jednoczesnym uwzględnieniu wyników zarówno z rozdzielności jak i obuwersyjnej wersji testu rozpoznawania następstwa bodźców dźwiękowych. Po drugie, procedury trzech zadań poznawczych zostały przygotowane zgodnie z dobrze znanymi protokołami eksperymentalnymi, uwzględniającymi potencjalne zmienne uboczne, takie jak np. trudność bodźca (zadanie 1), czy interakcja częstotliwości bodźca z jego funkcją w zadaniu (zadanie 2). Świadczy to o dużej świadomości metodologicznej Doktorantki w zakresie projektowania badań eksperymentalnych. Po trzecie, dane zostały dobrze przygotowane do dalszych analiz. Zastosowano tu ogólnie przyjęte i niezbędne etapy preprocesingu danych EEG, co zwiększa wiarygodność uzyskanych wyników. Po czwarte, jak już o tym pisałem, Doktorantka zadbała o transparentność procesu badawczego, udostępniając

zarówno zebrane dane, jak i kody analityczne w otwartym repozytorium. Choć w idealnym modelu nauki powinno to być standardem, w praktyce wciąż nie jest to powszechne zjawisko. W końcu, Doktorantka szczególną wagę przywiązała do ograniczenia ryzyka błędu typu I. Niewątpliwie jest to godne podkreślenia, chociaż tutaj pojawiają się wątpliwości, czy idąca za tą słuszną ideą strategia analizy danych rzeczywiście jest w pełni uzasadniona. Do weryfikacji większości hipotez zastosowano test t z poprawką permutacyjną. Technika ta znajduje swoje uzasadnienie w przypadku wielowymiarowych danych, jak np. dane pochodzące z pomiaru aktywności mózgu za pomocą EEG, gdy mamy do czynienia z dużą liczbą pomiarów w wielu punktach czasowych oraz lokalizacjach przestrzennych. Wykorzystanie klastrów oraz permutacji pozwala poradzić sobie z ryzykiem wyników fałszywie istotnych wynikających z porównań wielokrotnych. Niestety, metoda ta ma również swoje ograniczenia. Jednym z nich jest jej bardziej eksploracyjny niż confirmacyjny charakter, przez co niezbyt dobrze się nadaje do weryfikacji hipotez dotyczących specyficznych pod względem czasu i lokalizacji efektów. Po drugie pozwala na jednoczesne porównanie do siebie jedynie dwóch grup lub warunków, podczas gdy analizowane w badaniu efekty często miały charakter interakcyjny (np. interakcja grupy z warunkiem oczu otwarte/oczu zamknięte w pomiarze aktywności spoczynkowej, interakcja grupy z rodzajem bodźca w kolejnych zadaniach, itp.). O ile słabo sprecyzowana hipoteza pierwsza uzasadnia zastosowanie eksploracyjnego testu t z poprawką permutacyjną, o tyle w przypadku hipotez dotyczących konkretnych komponentów ERP bardziej adekwatnym podejściem wydaje się zastosowanie analizy wariancji lub modeli wielopoziomowych. Zarówno lokalizacja przestrzenna, jak i okno czasowe dla identyfikacji np. komponentu No-Go P3 są w literaturze dobrze określone, co oznacza, że nie trzeba analizować danych z całego okna czasowego w przedziale od -200 ms do 1000 ms na wszystkich elektrodach. Wystarczyłoby się skupić na sygnale z wąskiego okna, powiedzmy 300-500 ms oraz na elektrodach w obszarze ciemieniowo-centralnym i dla tak zdefiniowanego obszaru zainteresowania wykonać analizę wariancji w układzie mieszanym. Alternatywnie, co też byłoby poprawne, można by było wykonać wstępnie permutacyjny test t po to by określić obszary zainteresowania, a następnie jedynie w tych obszarach wykonać analizę wariancji z jednoczesnym uwzględnieniem wszystkich efektów: międzygrupowych, wewnątrzosobowych oraz interakcyjnych. O ile zastosowanie permutacyjnego testu t nie podważa wartości tej pracy, o tyle w mojej ocenie lepszą techniką weryfikacji hipotez postulujących różnicę w konkretnych wskaźnikach aktywności mózgu byłaby ANOVA lub modele wielopoziomowe. Uwaga ta dotyczy w szczególności danych behawioralnych, gdzie nie znajduję uzasadnienia dla stosowania oddzielnych testów t dla poszczególnych grup i warunków badania.

Choć Doktorantka zadbała o to by zmniejszyć ryzyko błędu typu I, brakuje informacji – analizy mocy, mówiąc wprost, najlepiej zrobionej a priori – o poziomie ryzyka błędu typu II. Badana grupa nie jest zbyt liczna. W sumie, do analiz wykorzystano dane jedynie od 67 osób. Co prawda, w większości zadań uzyskano istotne wyniki różnicujące grupy, niemniej jednak w przypadku braku różnic pomiędzy nimi, jak w zadaniu dotyczącym komponentu MMN (zadanie 2), brak informacji o mocy testów utrudnia jednoznaczną interpretację wyników. W takich sytuacjach nie można wykluczyć, że efekt istnieje, lecz nie został wykryty z powodu ograniczonej mocy statystycznej. To sprawia, że wyniki uzyskane w tym zadaniu stają się niekonkluzywne. Autorka jest tego świadoma i szkoda, że nie spróbowała sobie poradzić z tym problemem zastępując permutacyjny test t inną strategią analizy danych, opartą na przykład na modelach wielopoziomowych, które dają szansę na większą moc testu przy takiej samej liczebności próby.

W dyskusji wyników Doktorantka skupiła się na omówieniu uzyskanych rezultatów w odniesieniu do każdego z zadań osobno. Zrobiła to w dużej mierze poprawnie – syntetycznie



przypominając uzyskane wyniki, odnosząc je do postawionych hipotez oraz nadając im znaczenie w kontekście aktualnej wiedzy. Szczególnie interesujący wydaje się wynik dotyczący różnic między grupami w aperiodycznym komponencie sygnału EEG. Sugeruje on, że osoby o wysokiej efektywności czasowego przetwarzania informacji, w stanie spoczynku w warunkach otwartych oczu, tzn. gdy informacji wymagających przetworzenia jest dużo więcej niż przy oczach zamkniętych, zachowują większą równowagę pomiędzy pobudzeniem a hamowaniem neuronalnym. Choć taka interpretacja nie została zaproponowana ze strony Doktorantki, można rozważyć hipotezę, że zmniejszony szum neuronalny stanowi bardziej podstawową właściwość układu nerwowego, tzn. „trzecią zmienną” odpowiedzialną zarówno za efektywne czasowe przetwarzanie informacji, jak również szereg innych procesów poznawczych i kontrolnych. Mogłoby to świadczyć, że zestawiane ze sobą procesy są pochodną równowagi pomiędzy pobudzeniem i hamowaniem neuronalnym, a w mniejszym stopniu bezpośrednio na siebie wpływają. Oczywiście, jest to tylko spekulacja, ale warta rozważenia w kontekście omawiania natury relacji pomiędzy badanymi przez Doktorantkę procesami poznawczymi.

Wyniki badania drugiego, choć najbardziej wyraziste, wydają się też najmniej zaskakujące. Wynika to z istoty zadania, które wykonywali uczestnicy badania. Choć nie było ono identyczne z zadaniem wykorzystanym do klasyfikacji uczestników pod względem efektywności czasowego przetwarzania informacji, to jednak było do niego bardzo podobne. W zadaniu docelowym osoby identyfikowały bodźce pod kątem długości ich trwania, podczas gdy w zadaniu klasyfikacyjnym badani porównywali czas pojawienia się dwóch bodźców względem siebie. W obu przypadkach chodziło więc o bardzo podobną zdolność – precyzyjnego określania relacji czasowych w milisekundowej skali czasu. Nie dziwi więc, że uzyskano klarowne różnice między grupami, szczególnie w zakresie zmiennych behawioralnych. Nieco ciekawszy wynik, choć trudniejszy do jednoznacznej interpretacji, dotyczył różnic w amplitudzie późnego komponentu dodatniego. Może on sugerować, że różnice indywidualne w czasowym przetwarzaniu informacji są związane nie tyle z wczesnymi etapami percepcyjnego kodowania bodźca, ani z początkową analizą rozbieżności w stosunku do bodźca referencyjnego, ile raczej wiążą się z kumulacją dowodów w czasie oraz poziomem pewności podejmowanej decyzji.

W zadaniu na rozróżnianie bodźców dźwiękowych różniących się częstotliwością i prezentowanych po sobie w różnych odstępach czasowych nie zaobserwowano istotnych efektów w zakresie amplitudy komponentów ERP. Jedyna różnica dotyczyła latencji komponentu MMN, przy czym jej kierunek był trudny do interpretacji – wskazywała ona na istotnie dłuższą latencję u osób z wysoką efektywnością czasowego przetwarzania informacji. Doktorantka uznała ten efekt za przypadkowy, co w świetle przedstawionych danych wydaje się interpretacją zasadną, wymagającą jednak zachowania ostrożności. Choć brak istotnych różnic można wyjaśnić prosto – niewystarczającą mocą statystyczną badania, wydaje się, że możliwa jest jeszcze inna interpretacja. Różnice pomiędzy grupami, zgodnie z hierarchicznym modelem Poppela, dotyczyły poziomu „następstwa”, obserwowanego w milisekundowej skali czasowej. Jednakże, postulowany w zaprojektowanym badaniu efekt rozpoznania sekwencji bodźców odnosił się – zgodnie z uzasadnieniem ze wstępu – do poziomu „teraźniejszości”, który obserwuje się w skali sekundowej. Chociaż w modelu hierarchicznym zakłada się oddziaływanie poziomów na siebie, możliwe jest, że nie zawsze ono zachodzi i być może w prezentowanym badaniu różnice indywidualne w milisekundowym przetwarzaniu czasowym po prostu nie miały (i ogólniej – nie mają) przełożenia na czasowe przetwarzanie w skali sekundowej. Niestety, sam projekt badania nie daje możliwości jednoznacznego przyjęcia takiej możliwości.

Wyniki ostatniego z omawianych w pracy zadań wyraźnie różnicowały porównywane grupy. Różniły się one zarówno pod kątem wskaźników behawioralnych (na korzyść grupy z

wysoką efektywnością czasowego przetwarzania informacji), jak i potencjałów wywołanych. Analizy wykazały bardziej złożone zróżnicowanie aktywności mózgu pomiędzy warunkami Go i No-Go w grupie osób efektywnie przetwarzających informacje czasowe (obejmujące dwa klastry: czołowo-centralny oraz peryferyjny) niż w grupie słabiej przetwarzających informacje czasowe (gdzie obserwowano jedynie jeden klaster – czołowo-peryferyjny). Bezpośrednie porównanie grup ujawniło istotnie większą amplitudę w komponencie No-Go P3 u osób o wyższej efektywności. Interpretację tego efektu w kategoriach większej zdolności do hamowania reakcji u osób w wysoką efektywnością czasowego przetwarzania informacji należy jednak potraktować z pewną ostrożnością. Najbardziej przekonującym wsparciem dla takiej interpretacji byłoby wykazanie istotnych różnic pomiędzy warunkami Go i No-Go w obu grupach oraz interakcji pomiędzy czynnikiem międzygrupowym a czynnikiem wewnątrzsobowym. Różnice w amplitudach dla samych bodźców No-Go mogą wynikać, jeżeli nie zestawi się ich z amplitudami dla bodźców Go, z ogólnych różnic w przetwarzaniu bodźców, a niekoniecznie ze specyficznych procesów hamowania. Interpretacja Doktorantki częściowo znajduje jednak wsparcie w braku istotnych różnic w odpowiedziach na bodźce Go. Mimo to najbardziej jednoznaczne potwierdzenie hipotezy dotyczącej hamowania reakcji dostarczyłaby analiza interakcji pomiędzy warunkiem zadania a przynależnością do grupy, o czym wspomniałem wcześniej.

Doktorantka uwzględniła w dyskusji wyników sekcję poświęconą ograniczeniom przeprowadzonego przez siebie badania. Trafnie zdiagnozowała niektóre z nich, a ja ze swojej strony dopisałby do tej listy jeszcze przynajmniej dwa: (1) nierównomierne proporcje pomiędzy kobietami a mężczyznami w obu porównywalnych grupach (stąd pytanie: jaką część obserwowanych efektów wyjaśnia płeć?) oraz (2) dużą heterogeniczność grupy o niskiej efektywności czasowego przetwarzania informacji w porównaniu do dużej homogeniczności grupy o wysokiej efektywności. Różnice te dotyczą kluczowej zmiennej, tzn. zdolności do określania jednoczesności/następstwa pojawiania się bodźców (Rycina 37, załącznik nr 2). Czy te różnice mogły mieć przełożenie na uzyskane wyniki (np. brak istotności w niektórych efektach w grupie o niskim przetwarzaniu informacji)?

Podsumowując, pomimo częściowo krytycznych a częściowo polemicznych uwag, jakie mam w stosunku do niektórych aspektów recenzowanej pracy, całościowy wkład Doktorantki w rozwój wiedzy na temat różnic indywidualnych w zakresie czasowego przetwarzania informacji oceniam jako umiarkowany, lecz istotny z punktu widzenia empirycznej eksploracji tego obszaru badawczego. O mojej finalnej, pozytywnej ocenie zdecydowały (1) orientacja Doktorantki w teoretycznych modelach badanego przez nią zagadnienia oraz wiedza dotycząca empirycznych wyników w zakresie czasowego przetwarzania informacji, (2) dobre przygotowanie procedur badawczych oraz danych do analiz, (3) uzyskanie nowych wyników empirycznych, które wnoszą interesujące dane do dyskusji nad neuronalnymi korelatami czasowego przetwarzania informacji. Na tej podstawie stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Klaudii Krysteckiej spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. Wnoszę zatem do Wysokiej Rady Naukowej Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN o dopuszczenie Pani mgr Klaudii Krysteckiej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Tomasz  
Janowski