



Toruń, dnia 15.05.2021r

Prof. dr hab. Justyna Rogalska
Katedra Fizjologii Zwierząt i Neurobiologii
Wydział nauk Biologicznych i Weterynaryjnych
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Ocena osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowego Pana dr Michała Boli w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Podstawa formalna recenzji i uwagi wstępne

Recenzja niniejsza sporządzona została na podstawie dokumentów habilitacyjnych przesłanych do mnie dnia 16.04.2021 wraz z Uchwałą Rady Naukowej Instytutu Nenckiego PAN powołującą mnie na recenzenta rozprawy habilitacyjnej dr Michała Boli. Postępowanie habilitacyjne dr Michała Boli Rada Doskonałości Naukowej wszczęła w dn. 14.12.2020 r.

Sylwetka habilitanta

Dr Michał Bola jest absolwentem Uniwersytetu SWPS w Warszawie, gdzie w 2011 roku uzyskał tytuł magistra psychologii. Dyplom doktora nauk biologicznych uzyskał 4 lata później w Instytucie Psychologii Medycznej w Uniwersytecie w Magdeburgu. W 2015 roku został zatrudniony na stanowisku adiunkta w Pracowni Obrazowania Mózgu, Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN.

Ocena osiągnięcia naukowego wskazanego jako podstawa do nadania stopnia doktora habilitowanego

Na osiągnięcie naukowe dr Michała Boli "**Mechanizmy świadomości i ich relacja z procesami uwagi: badania elektrofizjologiczne**" składa się cykl sześciu oryginalnych prac badawczych opublikowanych w latach 2017-2020. Wszystkie te prace zostały opublikowane w czasopiśmie indeksowanym w JCR. Pięcioletni współczynnik wpływu (Impact Factor) tych czasopism wynosi od 3,2 do 7,1. Są to więc czasopisma renomowane, jedne z najlepszych w swojej kategorii. Sumaryczna liczba punktów za te publikacje wynosi 820 punktów MNiSW, co jest wartością więcej niż przyzwoitą. Łączny Impact Factor publikacji równy 33.8 oceniam również jako bardzo wysoki. Wszystkim pracom przypisano punktację według aktualnej listy czasopism punktowanych, natomiast powinno się przypisywać pracom punktację dla roku publikacji, czyli poprawnie publikacjom opublikowanym w Neuroimage w roku 2017 i 2018 powinna zostać przyporządkowana punktacja z listy czasopism opublikowanej jako Załącznik do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 25 stycznia 2017 r. czyli 45 punktów. Jest to oczywiście według ówczesnej kategoryzacji bardzo wysoka nota i nie zmienia to mojej wysokiej oceny publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe Habilitanta.

Wszystkie prace składające się na osiągnięcie naukowe zrealizowane zostały w zespołach wieloautorskich. Trzeba jednak podkreślić, że Habilitant w 5/6 omawianych publikacji jest autorem



korespondencyjnym, w tym w dwóch z nich pierwszym autorem, a w trzech ostatnim – jako lider zespołu badawczego. Nie podano procentowego udziału dr Boli w tworzeniu prac, natomiast oświadczenia dotyczące merytorycznego wkładu poszczególnych współautorów w powstanie każdej z publikacji (zawarte w każdej z prac) jednoznacznie wskazują na kluczowy i decydujący udział dr Michała Boli w opracowaniu koncepcji badań, optymalizacji metod, przeprowadzaniu eksperymentów, analizie i interpretacji wyników oraz w pisaniu prac. Ranga czasopism świadczy o tym, że wspomniane wyżej prace przeszły przez rygorystyczną procedurę recenzencką i redaktorską, więc ich jakość nie budzi zastrzeżeń. Ponieważ nie ma potrzeby ponownej ewaluacji merytorycznej poszczególnych publikacji, wystarczy ocena ich wzajemnego związku, spójności całego zestawu oraz tego czy stanowią one istotny wkład do nauki.

Cykl prac badawczych, stanowiący osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego dotyczy procesów leżących u podstaw świadomości. W pierwszym etapie badań Habilitant skupił się na zidentyfikowaniu mechanizmów odpowiedzialnych za podtrzymywanie stanu świadomego (praca 1 i 2). Następnie w kolejnym etapie weryfikacji poddano neuronalne korelaty świadomości percepcyjnej, jak i możliwości i ograniczenia przetwarzania bodźców bez udziału świadomości (tzw. przetwarzanie podprogowe) (prace 3-6). Stan utraty świadomości, która ma miejsce w wyniku wejścia w stan snu wolnofalowego (NREM), narkozy lub w wyniku uszkodzenia układu nerwowego (stan wegetatywny) charakteryzuje się brakiem przetwarzania bodźców zewnętrznych, nie jest również generowana odpowiedź na nie, a także nie ma świadomości treści marzeń sennych. Celem przeprowadzonych badań było określenie mechanizmu tego zjawiska. Badania były oparte o analizę mocy pasma gamma (30-45 Hz), które jest powiązane z aktywnością neuronalną, co umożliwiło określenie czasowo-przestrzennych wzorców aktywności neuronalnej w różnych stanach świadomości. Podtrzymanie stanu świadomości wymaga odpowiedniej równowagi pomiędzy całkowitą niezależnością poszczególnych obszarów mózgu z jednej strony, a ich współzależnością z drugiej. Habilitant wykazał, że zaburzenie tej równowagi w kierunku nadmiernej współzależności aktywności i braku różnicowania typów aktywności pomiędzy częściami mózgu są podstawą utraty świadomości. Szczególnie cennym moim zdaniem efektem tych badań jest odkrycie potencjalnego biomarkera stanu świadomości, którym jest weryfikacja aktywności połączeń funkcjonalnych pod kątem ich współzależności.

Kontynuacją tych badań było oszacowanie czasowych zależności obserwowanych w sygnale elektrofizjologicznym w różnych stanach świadomości. Wyjściem do badań było założenie, że spontanicznie generowane przez mózg sygnały elektrofizjologiczne nie są sygnałami losowymi, ale wykazują pewną strukturę czasową. Kontekst korelacji czasowych w stanie świadomości jest istotny, ponieważ świadomość cechuje pewne doświadczanie ciągłości z jednoczesnym różnicowaniem elementów tego procesu. Natomiast w stanie utraty świadomości te zjawiska nie występują. W toku przeprowadzonych badań Habilitant stwierdził, że obszary czołowe i ciemieniowe kory, których funkcją jest integracja informacji również w perspektywie czasowej, charakteryzowały się silniejszymi korelacjami czasowymi niż obszary sensoryczne (natychmiastowa reakcja na bodźce). Natomiast w stanie utraty świadomości zaobserwowano odwrotną zależność. Tym samym badania przeprowadzone przez Habilitanta wykazały, że zaburzenie relacji czasowych w aktywności mózgu, które sprawia, że rejestrowany sygnał upodabnia się do sygnałów losowych, może być jednym z mechanizmów odgrywających ważną rolę w utracie świadomości i związanym z nim brakiem poczucia ciągłości doświadczenia.



O wnikliwości badawczej habilitanta świadczą kolejne badania dotyczące świadomości percepcyjnej. Celem tych badań było wykazanie jakie funkcje i procesy mogą, a jakie nie mogą zachodzić bez udziału świadomości percepcyjnej i tym samym określenie roli i funkcji świadomości w relacji do procesów percepcyjnych i poznawczych. Postawiono pytanie: czy bodźce złożone są przetwarzane w sposób automatyczny poza świadomością. Mózg ma zdolność nadawania szczególnego priorytetu bodźcom istotnym, a zatem jest możliwe, że takie bodźce mogą być przetwarzane poza świadomością danej osoby. W związku z tym w badaniach wykorzystano bodźce o takiej właśnie charakterystyce: odnoszące się do „Ja” danej osoby (własne imię i zdjęcie własnej twarzy), a także bodźce nacechowane emocjonalnie oraz semantycznie niespójne. Wyjściem do badań była weryfikacja ustalonego poglądu, że mechanizmem pozwalającym na dostęp do świadomości jest późna i rozległa aktywacja obszarów czołowo-ciemieniowych wywołana przez bodziec - teoria Globalnej Przestrzeni Roboczej. Zgodnie z jej założeniami markerem świadomości jest pojawienie się komponentu P3b w potencjałach wywołanych (ERP), który sygnalizuje relatywnie późną (300 - 600 ms po bodźcu wzrokowym) i rozległą (obszary centralne i ciemieniowe) aktywację mózgu wywołaną bodźcem. Mechanizm ten jest konieczny i wystarczający do dostępu bodźca do świadomości, jednak nie wszystkie bodźce będą inicjowały to zjawisko. Wydawało się, że bodźce podprogowe nie będą wywoływały takiego efektu. W związku z tym analiza P3b (aktywność mózgu rejestrowana była przy pomocy elektroencefalografii (EEG)) posłużyła do weryfikacji czy rzeczywiście występuje tego typu ograniczenie i jeśli tak to w odniesieniu do jakich bodźców. Postawiono hipotezę, że komponent P3b może być wywołany przez nieświadomy (podprogowy) bodziec, co podważałoby założenie iż P3b jest wystarczającym markerem stanu świadomości. Wyniki okazały się zaskakujące, ponieważ rzeczywiście podprogowy bodziec może modulować amplitudę komponentu P3b i w związku z tym komponent P3b nie powinien być traktowany jako marker świadomości percepcyjnej. Jest to niezwykle ważne odkrycie zarówno w kontekście poznania mechanizmów świadomości percepcyjnej, ale również a może przede wszystkim z powodu ważnych implikacji klinicznych tych badań. Ogromnym wyzwaniem dla lekarzy jest diagnozowanie stanu świadomości u pacjentów w stanie wegetatywnym lub w stanie minimalnej świadomości. Wydawało się, że komponent p3B jest wiarygodnym markerem tego stanu, natomiast w świetle badań Habilitanta stwierdzenie wystąpienia P3b nie jest wystarczające do postawienia takiej diagnozy.

Kolejny aspekt badań dr Boli dotyczył wzajemnej relacji świadomości percepcyjnej i uwagi. Wiadomo od dawna, że te dwa procesy są ze sobą powiązane, ale jednak nie są tożsame. Celem badań było sprawdzenie czy bodziec przetwarzany bez udziału świadomości (podprogowo) przyciąga przestrzenną uwagę wzrokową, konkretnie zastosowano procedurę, która pozwalała na ustalenie czy własna twarz (bodziec o wysokim priorytecie) będzie automatycznie przyciągać uwagę osób badanych w warunkach nieświadomej prezentacji bodźca. W tych badaniach również wykorzystano pomiar ERP, z tym, że tym razem analizowano obecność komponentu N2pc (marker przerzucania uwagi). Okazało się, że zdjęcie własnej twarzy automatycznie przyciąga uwagę w warunkach świadomej prezentacji, co nie było zaskakujące. Natomiast to co zasługuje na uwagę to wykazanie automatycznego przyciągania uwagi także w warunkach nieświadomego przetwarzania tożsamości twarzy. Główny wniosek z tych eksperymentów jest taki, że znaczący bodziec wzrokowy, może angażować uwagę bez udziału świadomości. Ten „znaczący” bodziec nie musi być przekazem emocjonalnym, tak jak w przypadku prezentowanych badań taki bodziec jak tożsamość własnej twarzy może być przetwarzany bez udziału świadomości. Te wyniki są cennym



uzupełnieniem wiedzy dotyczącej istnienia specjalnych obwodów neuronalnych dedykowanych do rozpoznawania nie tylko emocji twarzy, ale również samych cech anatomicznych twarzy konkretnych osób. Habilitant wykazał, że mechanizm odpowiadający za priorytetowe przetwarzanie twarzy własnej działa w sposób automatyczny poza świadomym przetwarzaniem. Rozwinięciem tych badań była weryfikacja hipotezy o znaczeniu znajomości cech wizualnych twarzy w tym procesie. Stwierdzono, że ten aspekt nie może być mechanizmem stojącym za efektem przyciągania uwagi przez własną twarz, ponieważ w przeciwieństwie do własnej twarzy osoby badanej, inna znana twarz nie przyciągała uwagi, ani w warunkach percepcji świadomej, jak również nieświadomej.

W ostatniej publikacji z cyklu oceniano możliwość automatycznego i nieświadomego przetwarzania bodźców o większym stopniu złożoności. Do tych badań wybrano tzw. bodźce semantycznie niespójne, gdzie ważną rolę w percepcji obiektów pełni kontekst. Obiekty niespójne (nie pasujące do kontekstu) są wolniej i mniej poprawnie rozpoznawane w porównaniu do obiektów semantycznie spójnych. Rozpoznanie niespójności (które jest relatywnie złożonym procesem) bez udziału świadomości dowodziłoby istnienia niezwykle zaawansowanego mechanizmu percepcji nieświadomej. A zatem celem tych badań było sprawdzenie czy obiekty semantycznie niespójne są w stanie automatycznie przyciągać uwagę. Badania te zostały bardzo dobrze zaprojektowane. Jako swego rodzaju tło dla analizy wyników dotyczących przetwarzania bodźców niespójnych semantycznie zastosowano bodźce neutralne i nacechowane negatywnie emocjonalnie, o których wiadomo, że przyciągają uwagę. Analiza komponentu N2pc wykazała, że sceny zagrażające automatycznie przyciągają uwagę, natomiast w przypadku scen niespójnych semantycznie nie stwierdzono takiego efektu niezależnie od czasu prezentacji bodźca, pomimo iż sceny semantycznie niespójne również były rozpoznawane poprawnie. A zatem badania te wykazały, że sceny semantycznie niespójne nie przyciągają uwagi automatycznie i nie mogą być przetwarzane poza świadomością.

Prace, które wchodzą w skład osiągnięcia naukowego Michała Boli zostały starannie zaplanowane i wykonane. Zawarta w nich dokumentacja naukowa jest jednoznaczna i bardzo wysokiej jakości. Bardzo wysoko oceniam wybór celów badań, oraz założenia eksperymentalne rozprawy. Niewątpliwie, rozprawa habilitacyjna dr Michała Boli stanowi znaczące osiągnięcie naukowe, poszerzające naszą wiedzę o mechanizmach neuronalnych leżących u podłoża świadomości.

Uzyskane wyniki oraz wypływające z nich wnioski mają duże znaczenie, nie tylko poznawcze ale również praktyczne. Mogą stać się ważnym elementem procedury diagnostycznej do prawidłowej oceny stanu świadomości u pacjentów neurologicznych.

Podsumowując tę część recenzji uważam, że dr Michał Bola jest dojrzałym, samodzielnym pracownikiem naukowym, a jego osiągnięcie naukowe oceniam jako znaczące.

Ocena osiągnięć naukowo-badawczych

Według dokumentacji, na dorobek naukowy dr Boli składa się łącznie 20 prac opublikowanych w czasopismach indeksowanych w JCR. Spośród nich, 8 została opublikowana przed uzyskaniem stopnia doktora, 12 po doktoracie, z czego 6 wchodzi w skład osiągnięcia naukowego. Sumaryczny 5-letni IF wszystkich prac stanowi wartość 89,9 (prace opublikowano w czasopismach, dla których współczynnik wpływu (IF) wynosi od 2,1 – 7,1), a suma punktów MNiSW tych prac wynosi 2330. Wszystkie prace zostały wycenione według aktualnie obowiązującej listy czasopism.



Analiza publikacji wskazuje, że Habilitant opanował wiele metod badawczych: m.in. analiza danych pochodzących z dostępnych baz np. danych elektro-kortykograficznych zarejestrowanych od małp z gatunku makaków, rejestracja aktywności mózgu przy pomocy elektrod wewnętrzczaszkowych czy elektroencefalografia, analiza połączeń funkcjonalnych, korelacji czasowych, lub różnych komponentów ERP (P3b i N2pc).

Wskaźniki bibliometryczne: index H = 11 według Google Scholar i H = 10 według Web of Science i 440 cytowań (bez autocytowań), to moim zdaniem bardzo dobry wynik na etapie habilitacji. Warto przy tym wspomnieć, że Habilitant za pracę doktorską otrzymał najwyższe wyróżnienie *summa cum laude*.

Na podkreślenie zasługuje również duża skuteczność w pozyskiwaniu środków na badania naukowe. Dr Bola kierował/kieruje czterema grantami: NCN Sonata i MNiSW Iuventus Plus są zakończone, a 2 granty NCN Opus są obecnie w realizacji. Bez wątplenia przełożyło się to na sukces publikacyjny. Ponadto pozwoliło Habilitantowi zbudować już na tym etapie kariery zespół badawczy złożony z młodych naukowców: doktorantów i studentów. Jestem przekonana, że po habilitacji rozwój naukowy dr Boli jeszcze przyspieszy.

Współpraca naukowa Habilitanta jest również bardzo dobrze rozwinięta. Odbił 2 krótkoterminowe, 3-miesięczne staże w Clinical Affective Neuroimaging Laboratory, Leibniz Institute w Magdeburgu i w Sackler Center for Consciousness Science na Uniwersytecie Sussex i 2 krótsze wizyty na Uniwersytecie w Genewie i na Uniwersytecie w Tel Avivie. Zdecydowanie czasowa zmiana otoczenia naukowego oraz poznanie metod i organizacji pracy w innych dobrych zespołach, zwłaszcza zagranicznych, poszerza horyzonty i zainteresowania naukowe oraz pozwala spojrzeć na wiele problemów naukowych z nowej strony, co również stało się ważnym przyczynkiem do sukcesu naukowego dr Boli. Publikacje z udziałem zagranicznych autorów świadczą o tym, że ta współpraca jest nadal rozwijana. W kontekście współpracy międzynarodowej warto również wspomnieć o członkostwie dr Boli w Komitecie zarządzającym sieci COST CA18106 „The neural architecture of consciousness”. Liczne wystąpienia konferencyjne, jak również zaproszenia do wygłoszenia wykładu z prestiżowych jednostek naukowych świadczą o wysokiej rozpoznawalności badań dr Boli.

Podsumowując, uważam że uzyskane do tej pory osiągnięcia naukowo-badawcze świadczą o wysokich kwalifikacjach dr Boli. Pozwalają one prognozować, że skoro już teraz jest On efektywnym samodzielnym uczonym to jego dalszy rozwój naukowy rysuje się w bardzo dobrym świetle.

Ocena dorobku dydaktycznego i aktywności w zakresie popularyzacji nauki i działalności organizacyjnej

Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego jest instytucją naukową, stąd doświadczenie dydaktyczne dr Boli nie jest duże, nie mniej jednak obecnie kieruje zespołem badawczym złożonym z doktorantów, jak również studentów Uniwersytetu Warszawskiego, a zatem zdecydowanie jest to aktywność edukacyjna. Dr Bola również promuje swoje badania udzielając wywiadów czy pisząc artykuły do ogólnodostępnych gazet jak Gazeta Wyborcza, co w pełni wpisuje się w aspekt popularyzacji nauki.

Działalność organizacyjna przejawia się w udziale Habilitanta w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych czy pracy eksperckiej w konkursie NCN Preludium 37.



Wniosek końcowy

Badania prowadzone przez dr Michała Bola są ukierunkowane na pogłębienie wiedzy na temat mechanizmów świadomości. Badania świadomości wpisują się w badania zjawisk, które przez dziesiątki lat wymykały się poznaniu, jako coś „nieuchwytnego”. Obecnie tego typu badania stały się możliwe dzięki nowoczesnym metodom badań, ale przede wszystkim dzięki świetnie opracowanym koncepcjom badawczym. Z tego powodu osiągnięcia naukowe dr Boli zasługują na wyróżnienie. Badania przez niego realizowane są bardzo trudne, wymagają weryfikacji wpływu wielu zmiennych na zjawisko świadomości, a zatem opracowanie procedury badawczej jest dużym wyzwaniem, któremu Habilitant sprostał. Z pewnością połączenie wiedzy psychologicznej i neurobiologicznej dr Boli miało również ogromne znaczenie dla skutecznego opracowywania koncepcji badawczych.

Wkład osiągnięcia naukowego dr Boli w pogłębienie rozumienia mechanizmów świadomości, jak również zjawisk leżących u podłoża utraty świadomości, a także przetwarzania bodźców poza świadomością polega na stwierdzeniu, że 1) mechanizmem świadomości nie jest aktywność konkretnych struktur mózgu, ale złożona czasowo-przestrzenna dynamika aktywności neuronalnej, 2) bodźce znaczące mogą być “rozpoznawane” nawet bez udziału świadomości, wywoływać rozległe i długotrwałe aktywacje mózgu, oraz przyciągać uwagę 3) istnieje przynajmniej częściowa dysocjacja między świadomością i uwagą, ponieważ uwaga może być automatycznie przyciągana bez udziału świadomości 4) istnieją ograniczenia przetwarzania bodźców bez udziału świadomości - bardzo złożone mechanizmy percepcyjne - takie jak integracja sceny i obiektu - nie zachodzą w sposób automatyczny.

Według mojej oceny, osiągnięcie naukowe i ogólny dorobek Pana dr Michała Boli spełniają warunki formalne określone w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz U. z 2020. poz. 85 z późn. zm.), dlatego też wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego o nadanie Panu dr Michałowi Bola stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki biologiczne, a także wnioskuję o wyróżnienie rozprawy.

Prof. dr hab. Justyna Rogalska