

Streszczenie

Typowy eksperyment w badaniach neuronalnych korelatów świadomości (ang. Neural Correlates of Consciousness, NCC) opiera się na metodzie kontrastowej. Polega na rejestracji aktywności mózgu w dwóch warunkach: kiedy bodźce wzrokowe są świadomie spostrzegane, i kiedy nie są. Następnie porównuje się właściwości sygnału mózgowego w obu warunkach, aby znaleźć neuronalne korelaty świadomego przetwarzania – wzór aktywności neuronalnej obserwowany tylko wtedy, gdy bodźce są świadomie spostrzegane. Ostatnio rozgorzała dyskusja na temat potencjalnych zmiennych zakłócających wiarygodność wspomnianych porównań w sytuacji zastosowania metody kontrastowej do poszukiwania NCC. Zasugerowano potrzebę wprowadzenia manipulacji eksperymentalnych, które pozwolą na oddzielenie efektów przetwarzania postpercepcyjnego od efektów świadomego przetwarzania. Badania empiryczne ujawniły, że późna pozytywizacja przebiegu (ang. late positivity, LP), a więc fragment odpowiedzi ERP (ang. event-related potential, potencjał wywołany zdarzeniem eksperymentalnym) o dodatnim potencjale (, pojawiający się około 300 ms po rozpoczęciu bodźca, który dotychczas był uważany za marker świadomego przetwarzania, w rzeczywistości jest markerem przetwarzania postpercepcyjnego, a jego amplituda nie jest bezpośrednio powiązana ze świadomym przetwarzaniem. Celem pracy jest przedstawienie argumentów za tezą, zgodnie z którą całkowite odrzucenie LP jako NCC jest przedwczesne, szczególnie w kontekście okołoproęgowej prezentacji bodźców. W pracy zadano pytanie o związek między LP a subiektywną widzialnością i zaproponowano, że przyporządkowanie świadomego doświadczenia do kategorii subiektywnej widzialności jest procesem decyzyjnym. Taki proces decyzyjny wymaga obliczenia metapoznawczej składowej świadomej reprezentacji, którego wskaźnikiem na poziomie elektrofizjologicznym jest amplituda LP.

Przedstawiono trzy możliwe hipotezy dotyczące tego, jakie informacje niesie ze sobą składowa metapoznawcza. Zgodnie z pierwszą reprezentuje ona informację o jakości reprezentacji bodźców. Druga łączy składową metapoznawczą z informacją o wiarygodności reprezentacji percepcyjnej wykorzystywanej do podejmowania decyzji percepcyjnych. Trzecia wiąże składową metapoznawczą z informacją o wyuczonej wartości wcześniejszych decyzji dotyczących subiektywnej widoczności.

Aby przetestować pierwszą hipotezę, przeprowadzono dwa eksperymenty w paradygmacie maskowania wstecznego, który pozwala na manipulowanie jakością reprezentacji tych samych bodźców (eksperyment 1) lub podobnych bodźców (eksperyment 2). Uczestnicy wykonali dwa alternatywne zadania z wymuszonym wyborem w dwóch warunkach, na niższym lub na wyższym poziomie przetwarzania. W eksperymencie 1 bodźcami były kolorowe cyfry. Zadanie polegało na ocenie koloru (zadanie niższego poziomu) lub ocenie wielkości (zadanie wyższego poziomu). W eksperymencie 2 czarne linie lub litery umieszczono w jednym z czterech możliwych lokalizacji. Zadanie polegało na identyfikacji nachylenia linii (zadanie niższego poziomu) lub kategoryzacji liter (zadanie wyższego poziomu). W obu eksperymentach uczestnicy oceniali subiektywną widzialność każdego bodźca za pomocą Skali Świadomości Percepcyjnej (ang. Perceptual Awareness Scale, PAS). W eksperymencie 1 średnia amplituda

w oknie LP była skorelowana z oceną PAS w warunkach wysokiego poziomu, ale nie niskiego poziomu przetwarzania. W eksperymencie 2 średnia amplituda w oknie LP korelowała z oceną PAS w obu warunkach czyli nie zaobserwowano interakcji pomiędzy poziomem przetwarzania a widzialnością.

Aby przetestować drugą hipotezę, przeanalizowano ogólnodostępny zbiór danych Eklunda i Wiensa (2018). Było to badanie z zadaniem wykrywania prostego bodźca wzrokowego, podczas którego uczestnicy najpierw wskazywali lokalizację bodźca, a następnie ocenili subiektywną widzialność bodźca za pomocą 3-punktowej skali. Aby przezwyciężyć fakt niezbilansowanej liczebności prób dla różnych poziomów widzialności, co jest nieuniknioną konsekwencją stosowania subiektywnych ocen widzialności do bodźców okołoprogowych, amplitudę LP modelowano na poziomie pojedynczej próby, stosując podejście modelowania danych bayesowskich. Wyniki pokazały, że średnia amplituda w oknie LP była wyższa dla odpowiedzi prawidłowych niż błędnych, ale tylko dla bodźców ocenionych później jako widoczne. Amplituda LP również różnicowała reakcje szybkie od wolnych, ale efekt ten zaobserwowano najbardziej konsekwentnie w przypadku słabo widocznych bodźców.

Aby przetestować trzecią hipotezę, zaproponowano ponowną analizę tego samego zbioru danych Eklunda i Wiensa (2018). Celem było sprawdzenie, czy składowa metapoznawcza niesie ze sobą informację o decyzji o subiektywnej widzialności z poprzedniej próby. Interesujące były trzy aspekty decyzji podjętej w poprzednim badaniu: 1. czy wybrano tę samą ocenę widzialności, 2. jaką ocenę widzialności przyznano, 3. czy wybór oceny w poprzednim badaniu był trafny metapoznawczo (tj. wyższe oceny dla poprawnych i niższe oceny dla błędnych odpowiedzi). Wyniki pokazały, że amplituda LP w danej próbie nie różniła się w zależności od informacji z poprzedniej próby w przypadku wszystkich wymienionych aspektów decyzji z poprzedniej próby.

Dane przedstawione w części doświadczalnej pracy ukazują złożony obraz tego, czy amplituda LP jest wskaźnikiem metapoznawczej składowej świadomej reprezentacji i jakie informacje ona za sobą niesie. Jeśli chodzi o monitorowanie jakości reprezentacji (hipoteza 1 częściowo potwierdzona), dwa eksperymenty doprowadziły do różnych wniosków, przy czym jeden dostarczył dowodów na monitorowanie jakości reprezentacji oznaczone amplitudą LP, podczas gdy drugi nie. Najprawdopodobniej składowa metapoznawcza niesie informację o wiarygodności reprezentacji, gdyż amplituda LP skaluje się wraz z informacją potrzebną do percepcyjnego podejmowania decyzji (hipoteza 2 potwierdzona). Zebrane dane nie potwierdzają hipotezy, zgodnie z którą składowa metapoznawcza niesie ze sobą informację o podjętej wcześniej decyzji o subiektywnej widzialności (hipoteza 3 niepotwierdzona).

Niemniej jednak, obliczanie metapoznawczej składowej świadomej reprezentacji jest ważnym elementem świadomego przetwarzania, i nie powinno być traktowane wyłącznie jako element przetwarzania postpercepcyjnego. Amplituda LP nie jest najwcześniejszym elektrofizjologicznym korelatem świadomego przetwarzania, ale jest wskaźnikiem procesu niezbędnego do rozróżnienia między bodźcami prezentowanymi okołoprogowo, a bodźcami widzianymi wyraźniej, a tym samym jest korelatem subiektywnej widzialności. Wydaje się, że

świadome przetwarzanie wymaga procesu monitorowania decyzji percepcyjnych. Nie chodzi tylko o proste przygotowanie reakcji motorycznej. Przedstawiona praca przemawia na korzyść interpretacji amplitudy LP jako wskaźnika subiektywnej widoczności i zachęca do dalszego odkrywania relacji świadomości z metapoznaniem.

Handwritten signature in blue ink.

Abstract

A typical experimental setup for investigating the Neural Correlates of Consciousness (NCC) - the contrastive method - involves recording brain activity in two conditions: when visual stimuli are consciously perceived and when they are not. Properties of brain signals are then compared in those two conditions in order to find neural markers of conscious processing - a pattern of neural activity observed only when the stimuli are consciously perceived. Recently, a debate emerged about potential confounds influencing the reliability of the contrastive method as a tool for identifying the NCC. Thus the need for introducing experimental manipulations that allow disentangling the effect of post-perceptual processing from conscious processing was emphasized. Several empirical findings revealed that the Late Positivity (LP) - a positive deflection in the event-related potential (ERP) waveform appearing around 300 ms after stimulus onset, believed to be a marker of conscious processing, is in fact a marker of post-perceptual processing, and its amplitude is not directly linked to conscious processing. This thesis argues that completely discarding the LP as NCC is premature, especially in the context of perception of near-threshold stimuli. This thesis poses a question about the relation between LP and subjective visibility and proposes that mapping conscious experiences to subjective visibility categories is a decisional process. Such a decisional process requires computation of the metacognitive component of conscious representation, which, on the electrophysiological level, is indicated by the LP amplitude.

Three possible hypotheses are presented in relation to what information is carried by the metacognitive component. The first hypothesis claims that the metacognitive component represents information about the quality of stimuli representation. The second links the metacognitive component to information about the reliability of perceptual representation used for perceptual decision-making. The third associates the metacognitive component with the information about the learned value of previous decisions regarding subjective visibility.

To test the first hypothesis, two experiments were conducted, which involved manipulating the quality of representation for the same stimuli (Experiment 1) or similar stimuli (Experiment 2) using visual backward masking. Participants performed a two-alternative forced-choice task in two conditions, involving either lower or higher level of processing. In Experiment 1 the stimuli were coloured digits. The task was either colour judgement (lower-level task) or magnitude judgement (higher-level task). In experiment 2, the black lines or letters were presented in one of four possible locations. The task was line slope identification (lower-level task) or letter categorisation (higher-level task). In both experiments, participants rated the subjective visibility of stimuli using the Perceptual Awareness Scale (PAS). In experiment 1, the mean amplitude in the LP window correlated with the PAS rating in the high-level, but not the low-level condition. In Experiment 2, the mean amplitude in the LP window correlated with the PAS rating in both conditions, so no interaction between the level of processing and visibility was observed.

To test the second hypothesis, the openly available Eklund and Wiens (2018) dataset was reanalysed. The data came from a study with Gabor patch detection task, where participants

first indicated the stimulus location and then rated the subjective visibility of a stimulus on a 3-point scale. To overcome the unequal number of trials per visibility level, which is an inevitable consequence of using subjective visibility ratings and near-threshold stimuli, the LP amplitude was modelled at the single-trial level with the Bayesian data modelling approach. Results showed that the mean amplitude in the LP window for correct responses was higher than for erroneous ones, but only for stimuli later rated as visible. The LP amplitude also differentiated between fast and slow responses, but this effect was most consistently observed for weakly visible stimuli.

To test the third hypothesis, the reanalysis of the same Eklund and Wiens (2018) dataset was proposed. The goal was to verify whether the metacognitive component carries information about the decision regarding subjective visibility from the previous trial. Three aspects of the decision in the previous trial were of interest: 1. whether the same visibility rating was given, 2. which visibility rating was given, 3. whether the choice of rating in the previous trial was metacognitively accurate (i.e. higher ratings for correct, and lower for erroneous responses). The results showed that the LP amplitude in a given trial did not differ depending on the information from the previous trial in the case of all the above-mentioned aspects of the decision in the previous trial.

The data presented in the experimental part of the thesis suggest a complex picture of whether the LP amplitude is a marker of the metacognitive component of conscious representation, and what information the metacognitive component of conscious representation carries. As for monitoring the quality of representation (hypothesis 1 partially confirmed), two experiments arrived at different conclusions, with one providing evidence for monitoring the quality of representation marked by the LP amplitude, whereas the second did not. Most likely, the metacognitive component carries the information about the reliability of the representation, as the LP amplitude scales with the information needed for the perceptual decision-making (hypothesis 2 confirmed). The collected data does not support the idea that the metacognitive component carries information about the previous decision about subjective visibility (hypothesis 3 not confirmed).

Nevertheless, the computation of the metacognitive component of conscious representation is an important part of conscious processing, and it should not be treated as a part of post-perceptual processing. While the LP amplitude is not the earliest electrophysiological correlate of the conscious processing, it indexes the process necessary for the differentiating between brief glimpses, almost clear images, and clear images; and is therefore a neural marker of subjective visibility. Conscious processing seems to require a monitoring process for perceptual decisions, and it is not only about preparing the motor responses. This thesis tilts the balance in favor of interpreting the LP amplitude as a marker of subjective visibility and encourages further exploration of the link between consciousness and metacognition.

Y. Deda