

Streszczenie

Orientacja uwagi słuchowej oznacza skupienie jej zasobów na cechach dźwięku, czasie jego pojawienia się lub jego lokalizacji (Posner, 1980). Proponowane są trzy mechanizmy ukierunkowujące uwagę: oddolne (ang. *bottom-up*), odgórne (ang. *top-down*) oraz ukierunkowanie za pomocą doświadczenia (ang. *experience*) (Addleman i Jiang, 2019a). Ukierunkowanie oddolne wiąże się z obecnością wyrazistego bodźca (ang. *salient stimuli*), na który mimowolnie zwracamy uwagę. Przykładem może być dźwięk naszego imienia usłyszany w tłumie. Przyjmuje się, że procesy oddolne są automatyczne. Procesy odgórne z kolei związane są z aktualnymi celami, motywacją, wykonywanym zadaniem. W przeciwieństwie do procesów oddolnych, procesy odgórne uznawane są za świadome (Baghdadi i in., 2021). Wiedza na temat roli doświadczenia jest stosunkowo uboga w porównaniu do pierwszych dwóch mechanizmów. Doświadczenie oznacza szeroko rozumiany pakiet mechanizmów mogących skutkować uprzedzeniami uwagowymi (ang. *attentional biases*; Addleman i Jiang, 2019a). Wśród nich znajdują się: uczenie asocjacyjne relacji między wskazówką a celem, uczenie w oparciu o nagrody, a także historia wyboru. Historia wyboru wpływa na ukierunkowanie uwagi poprzez modyfikację prawdopodobieństwa występowania bodźców dzielących cechy z bodźcami poprzednio występującymi. Może zatem dotyczyć efektów krótkotrwałych i długoterminowych. Różnica między uwagą kierowaną odgórnie a tą kierowaną przez historię wyboru polega na okolicznościach, w jakich kształtuje się mapa priorytetów – elementów ważnych dla dalszego przetwarzania (Fecteau i Munoz, 2006). W przypadku uwagi kierowanej odgórnie wysoki priorytet jest nadawany określonym cechom lub wymiarom cech jeszcze przed rozpoczęciem przeszukiwania pola percepcyjnego (Correa i in., 2005). W przypadku uwagi kierowanej historią wyboru wartość wagi uwagowej rośnie w miarę kumulacji doświadczeń, jeśli ich struktura zawiera informację ułatwiającą odnalezienie bodźca docelowego. Aktualne modele uwagi słuchowej uwzględniają mapy priorytetów, które obejmują rolę nie tylko procesów oddolnych i odgórnych, ale także doświadczenia jako istotnie wpływających na przetwarzanie uwagowe (Addleman i Jiang, 2019a; Awh i in., 2012; Chelazzi i in., 2014; Ferrante i in., 2018, Kaya i Elhilali, 2017).

Zagadnienie doświadczenia, a w szczególności historia wyboru, wiąże się nieodłącznie z zagadnieniem przewidywalności. Jedną z najbardziej popularnych aktualnie prób wyjaśnienia przewidywalności podejmuje Teoria Kodowania Predykcyjnego (TKP)

(Clark, 2013, 2015; Egner i Summerfield, 2013; Rao i Ballard, 1999). W jej świetle mózg przewiduje zdarzenia mogące wystąpić w przyszłości. Jeśli zdarzenie odbiega od zakładanego modelu, to oczekiwania dotyczące kolejnych zdarzeń zostają zaktualizowane (ang. *belief updating*). W ramach uczenia się na podstawie doświadczeń model rzeczywistości staje się coraz bardziej precyzyjny. Przewidywalność oznacza możliwość wytworzenia predykcji dotyczących nie tylko tego, jaki bodziec wystąpi, ale także tego, kiedy i gdzie to się stanie. Prawdopodobny czas pojawienia się bodźca często określany jest wymiarem czasowym lub temporalnym, natomiast prawdopodobna lokalizacja – wymiarem przestrzennym. Czy zatem przewidywalność pozwala skupić zasoby uwagi na cesze, lokalizacji lub czasie pojawienia się bodźca w sposób bardziej efektywny niż w przypadku braku przewidywalności?

Badania nad zagadnieniem relacji przewidywalności i uwagi dostarczyły ostatnimi czasy wielu propozycji próbujących opisać relację pomiędzy nimi (Schröger i in., 2015). Mimo licznych kontrowersji – szczególnie w przypadku wymiaru czasowego i przestrzennego – wynikających z niespójnych wyników, a także braku efektów, niezaprzeczalnym jest, że proces przetwarzania informacji zależy zarówno od przewidywalności, jak i samej uwagi (Lange, 2013; Rimmele i in., 2011).

Töllner i in. (2012) zwracają uwagę, że przebieg procesu przetwarzania informacji może zależeć od samej natury zadania, z którym mają do czynienia osoby badane. Innymi słowy – zadania często swobodnie ze sobą zestawiane – jak detekcji, lokalizacji czy dyskryminacji – mogą cechować się różnicami wynikającymi z braku kontroli wielu źródeł zmienności. (jak typ zadania; Correa i in., 2004). Źródłem zmienności jest także kontekst środowiskowy. W przypadku modalności słuchowej głównym kontekstem jest typ sceny akustycznej, z którą mają do czynienia osoby badane: prosta lub złożona (Lewald i Getzmann, 2015). Prosta scena akustyczna dotyczy sytuacji, w której w danym momencie występuje tylko jedno źródło dźwięku, natomiast w przypadku sceny złożonej źródeł jest więcej. Proces uwagi przebiega inaczej w obu typach scen. Obok typu sceny akustycznej źródłem zmienności może być także organizacja statystyczna bodźców użytych w eksperymencie. Addleman i Jiang (2019a) zaznaczają, że kategoria „historia wyboru”, pod którą kryje się uczenie statystyczne, jest dość pojemna. Standardowo wyodrębnić można dwa rodzaje sposobów uczenia statystycznego. Pierwszy sposób dotyczy uczenia się w oparciu o probabilistyczne własności bodźców (zasada częstości; Jabar i in., 2017), natomiast drugi – w oparciu o sekwencyjną naturę kolejnych bodźców w czasie (zasada

kolejności; Bregman i Campbell, 1971; Daltrozzo i Conway, 2014). Zasada częstości pojawiania się bodźców oznacza, że mają one pewien rozkład probabilistyczny, na podstawie którego możemy stwierdzić co najmniej, że pewne bodźce pojawiają się częściej niż inne. Zasada kolejności pojawiania się bodźców oznacza, że podczas prezentacji bodźce te tworzą stałą, powtarzającą się sekwencję (np. dźwięk B pojawia się zawsze po dźwięku A). Obie zasady można zakwalifikować jako rodzaj uczenia statystycznego, który buduje zarazem historię wyboru omawianą przez zespół Addlemana i Jiang (2019a). Zasady częstości i kolejności także ze względu na swoją specyfikę mogą generować pojawienie się lub zniesienie pewnych efektów (np. uwagowych; Lange, 2013). Wydaje się prawdopodobne, że opisane w poprzednim akapicie rozbieżności w wynikach badań łączących uwagę i przewidywalność mogą przynajmniej częściowo wynikać ze stosowania różnych metodologii, definicji, a także paradygmatów badawczych.

Głównym celem projektu była weryfikacja hipotez dotyczących wpływu przewidywalności dźwięku w wymiarze czasowym, przestrzennym oraz czasowo-przestrzennym na orientację uwagi słuchowej w zadaniu dyskryminacji. Dynamika orientacji uwagi słuchowej została opisana na poziomie elektrofizjologicznej aktywności mózgu mierzonej z wykorzystaniem techniki potencjałów wywołanych, skorelowanych ze zdarzeniem (ang. *event-related potentials*, ERPs). Problematyka podjętych badań zbiega się z próbą odpowiedzi na następujące pytania:

- (1) Czy przewidywalna częstość i kolejność ekspozycji dźwięku w wymiarze czasowym, przestrzennym oraz czasowo-przestrzennym wpływa na orientację uwagi słuchowej w prostych i złożonych scenach akustycznych?
- (2) Jak ta przewidywalność wpływa na elektrofizjologiczną aktywność mózgu związaną z orientacją uwagi słuchowej?

Postulowana facylitacja związana z przewidywalnością pojawiania się dźwięku w wymiarze czasowym i przestrzennym przejawiać się miała zarówno na poziomie behawioralnym (czas reakcji), jak i elektrofizjologicznym (amplituda generowanych potencjałów). W literaturze dotyczącej relacji między przewidywalnością a uwagą obecne są dwa charakterystyczne potencjały wywołane opisujące wczesne i późne etapy przetwarzania. Komponentem wczesnego przetwarzania jest N1, który wywoływany jest przez pojawienie się dźwięku i generowany w korze słuchowej (Liegeois-Chauvel i in., 1994; Näätänen i Picton, 1987). W świetle obecnej literatury komponent N1 zależny jest

zarówno od przewidywalności, jak i uwagi (Lange, 2013). Choć często przyjmuje się odgórne założenie, że przewidywalność osłabia amplitudę N1, a uwaga wzmacnia, to ostatnie badania (oraz ustalenia w ramach Teorii Kodowania Predykcyjnego) uszczegóławiają naturę odmiennego wpływu predykcji i uwagi na N1. Sytuacja probabilistyczna o charakterystyce ryzyka skutkuje częstym uaktualnianiem systemu przekonań, co prowadzi do wzrostu amplitudy N1 w odpowiedzi na bodźce oczekiwane (Doherty i in., 2005; Rimmele i in., 2011; Tervaniemi i in., 1994), które można przypisać modulacji uwagi. Różnice w zakresie wpływu uwagi i przewidywalności na komponent N1 można wyjaśnić, traktując obie jako synergiczne formy wnioskowania percepcyjnego. Innymi słowy, wzmocnienie komponentu N1 obserwowane jest dla przewidywanych (bardziej prawdopodobnych) danych wejściowych, gdy oczekuje się, że będą one bardziej precyzyjne (Hohwy, 2012; Kok i in., 2012). Komponent P3 uznawany jest za późny efekt związany z zadaniem i niezależny od modalności bodźca. Wiąże się z oczekiwaniami dotyczącymi czasu (Lange, 2012), a także czasu i lokalizacji (Rimmele i in., 2011) pojawienia się bodźców. Wielkość amplitudy komponentu P3 skorelowana jest ze stopniem integracji informacji płynących z różnych modalności celem efektywnego procesu ewaluacji, aktualizacji bieżącego kontekstu czy procesami kontroli uwagowej (Donchin i Coles, 1988; Kutas i in., 1977; Verleger, 1988). Uważany jest także za korelat apriorycznego prawdopodobieństwa występujących bodźców (Kopp i in., 2016).

By odpowiedzieć na pytania badawcze, zaplanowano cztery eksperymenty, które powstały w oparciu o typ sceny akustycznej (prosta, złożona) oraz zasadę uczenia się przewidywalności (częstość, kolejność). Eksperymenty cechowały się zatem następującymi własnościami: eksperyment I: prosta scena akustyczna, zasada częstości (N = 19); eksperyment II: prosta scena akustyczna, zasada kolejności (N = 20); eksperyment III: złożona scena akustyczna, zasada częstości (N = 19); eksperyment IV: złożona scena akustyczna, zasada kolejności (N = 20). Celem osoby badanej było wykonanie zadania dyskryminacji polegającego na rozróżnieniu dwóch dźwięków – prostego od złożonego. Podczas gdy osoba zajęta była zadaniem, w sposób utajony przekazywano zasadę częstości lub kolejności. Zasada częstości dotyczyła częstszego pojawiania się bodźca w pewnych lokalizacjach (warunek przestrzenny), w określonym punkcie w czasie (warunek czasowy) lub w pewnej lokalizacji i określonym punkcie w czasie (warunek czasowo-przestrzenny). Jej przeciwieństwem (warunkiem kontrolnym) była sytuacja losowych (jednakowo prawdopodobnych) lokalizacji i czasów pojawienia się

bodźców. W przypadku zasady kolejności lokalizacje (warunek przestrzenny), interwały (warunek czasowy) lub lokalizacje i interwały (warunek czasowo-przestrzenny) tworzyły w ramach kolejnych prób stałą określoną przed badaniem 4-elementową sekwencję (element = pojawienie się bodźca w określonym miejscu i/lub czasie).

W wyniku przeprowadzonego badania udało się zaobserwować szereg podobieństw między eksperymentami. Skrócenie czasów reakcji możliwe było do zaobserwowania wyłącznie dla zasady częstości (eksperyment I i III). Dla prostej sceny akustycznej (eksperyment I) efekt dotyczył wymiaru czasowo-przestrzennego, natomiast dla złożonej sceny akustycznej (eksperyment III) – wymiaru czasowego. Eksperymenty I i III były jedynymi, w których można było zaobserwować wyższą amplitudę komponentu P3 dla wymiaru czasowo-przestrzennego w porównaniu do braku przewidywalności (bez względu na typ sceny akustycznej). W przypadku zasady kolejności tego typu integracja czasowo-przestrzenna była możliwa do zaobserwowania dla komponentu wczesnego (N1). Zasady częstości oraz kolejności wyłoniły odrębną ważność wymiarów przewidywalności – zasada kolejności pozwoliła zaobserwować facylitacyjną rolę wskazówki przestrzennej, natomiast zasada częstości – wymiaru czasowego. Odmienne funkcje obu typów uczenia się wnoszą wkład do wiedzy o trzecim czynniku orientującym uwagę słuchową – doświadczeniu (w szczególności historii wyboru; Addleman i Jiang, 2019a). Efekt wzrostu amplitudy N1 w każdym z eksperymentów wnosi dodatkową wiedzę do dyskusji dotyczącej odmiennych wpływów przewidywalności i uwagi na ten komponent (Lange, 2013). O ile odseparowanie zasad częstości i kolejności pozwoliło zaobserwować zróżnicowany wpływ przewidywalności czasowej i przestrzennej, to typ sceny akustycznej odegrał rolę w budowaniu użyteczności korzystania ze wskazówki przestrzennej. Złożona scena akustyczna, uważana za percepcyjnie trudniejszą (Lewald i Getzmann, 2015), mogła zaangażować korzystanie z informacji przestrzennej celem efektywniejszego wykonania zadania – tak, że efekt facylitacji przewidywalności przestrzennej zaobserwowany został dla obu zasad uczenia się statystycznego.

Odpowiedź na pytanie dotyczące tego, czy przewidywalna ekspozycja bodźca w wymiarze czasowym, przestrzennym i czasowo-przestrzennym odgrywa rolę w orientacji uwagi słuchowej jest niejednoznaczna. Töllner i in. (2012) proponują, że rozbieżności w wynikach badań często związane są z wariacją wynikającą ze stosowania różnych zadań, paradygmatów i kontekstów. Zespół Schrögera i in. (2015) zwraca z kolei uwagę na definicyjne i metodologiczne aspekty potencjalnych niezgodności.

Powyższe obserwacje przyczyniły się do podjęcia w niniejszym projekcie próby kontroli czynników wpływających na wariację wyników uzyskiwanych w badaniach nad relacją między przewidywalnością a uwagą. Uwzględnienie trzeciego mechanizmu ukierunkowującego uwagę – historii wyboru proponowanej przez Addlemana i Jiang (2019a), rozdzielenie zróżnicowanych w sposobie przetwarzania typów scen akustycznych (Lewald i Getzmann, 2015) oraz rodzajów uczenia się statystycznego (Lange, 2013), a także wykorzystanie wiedzy o mapach priorytetów uwzględniających aspekt przewidywalności (Kaya i Elhilali, 2014) pozwoliło na obserwację roli przewidywalności w każdym z tych warunków. W kontekście pytania drugiego związanego z elektrofizjologicznymi korelatami procesu facylitacji, interpretacja oparta na Teorii Kodowania Predykcyjnego (Hohwy, 2012, 2013), a także odniesienie do etapów przetwarzania uwagi (Eimer, 2014; Posner, 1980; Schröger i in., 2015; Treisman i Gelade, 1980) pozwoliły na poszerzenie wiedzy dotyczącej nie tylko aspektu behawioralnego facylitacji, ale także czasowego przebiegu procesu uwagowego.