

Komponent egzekucyjny procesu przetwarzania zdań zaprzeczonych oraz zdań zaprzeczonych z warunkiem logicznym – przyczynek do neuronalnego modelu przetwarzania negacji¹

Magdalena Fąfrowicz*

Instytut Psychologii Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

Tadeusz Marek

Instytut Psychologii Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

Józef Maciuszek

Instytut Psychologii Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

EXECUTIVE COMPONENT OF VERIFICATION PROCESSES OF NEGATIVE SENTENCES IN THE LOGIC CONDITION: CONTRIBUTION TO THE NEURONAL MODEL PROCESSING OF NEGATION

According to the current knowledge executive control is required to regulate conflicts which are related to suppression of inappropriate responses, recognizing patterns of objects (items) from inadequate information, coping with novelty, and maintaining items in working memory. The executive neuronal network consists of areas responsible for error monitoring (rostral anterior cingulate cortex and parietal lobes), conflict monitoring (dorsal anterior cingulate cortex and pre-supplementary motor area) and conflict resolution (lateral prefrontal cortex). In the paper the neuronal model of executive processing of negative sentences is presented and discussed.

W literaturze światowej można wyróżnić kilka obszarów badawczych dotyczących psychologicznych aspektów problematyki negacji. Po pierwsze: zagadnienie przetwarzania „negacji przynazwowej”, które wiąże się z badaniem asymetrii w przetwarzaniu antonimów nacechowanych i nienacechowanych semantycznie, asymetrii wynikającej z obecności negacji w członach nacechowanych antonimii (na przykład, niemoralny będzie trudniejsze w ocenie niż moralny) (Clark, 1977; Osgood, 1980; Zagrodzki, 1986; Okuniewska, 2004; Maciuszek, 2006). Do tego obszaru zaliczyć należy również zagadnienie asymetrii znaczeniowej zaprzeczonych biegunów opozycji przymiotnikowej; np. Colston (1999) zwrócił uwagę, że zdanie On nie jest dobry jest odbierane jako bardziej negatywne, niż On nie jest zły. Po drugie: badania dotyczące rozumienia zdań zawierających zaprzeczenia (poprzez ocenę ich prawdziwości) (Wason, 1972; Carpenter i Just, 1975; Chase i Clark, 1972; Just i Carpenter, 1971). Po trzecie: badanie wpływu obecności negacji na proces wnioskowania dedukcyjnego (Klauer, Musch i Numer, 2000; Lea i Muligan, 2002; Handley, Evans i Thompson, 2006). Po

czwarte: poszukiwanie modeli kodowania negacji i reprezentacji przeczeń w umyśle (MacDonald i Just 1989; Kaup i Zwaan, 2003; Mayo, Schul i Burnstein, 2004; Kaup, Lüdtke i Zwaan, 2006; Maciuszek, 2006; Kaup, Zwaan i Lüdtke, 2007).

KLASYCZNE MODELE PRZETWARZANIA ZDAŃ ZAPRZECZONYCH ORAZ ZDAŃ ZAPRZECZONYCH Z WARIACJĄ LOGICZNYM

Najczęściej podejmowany w literaturze światowej problem z zakresu negacji dotyczy wpływu zaprzeczenia na rozumienie i na ocenę prawdziwości zdań. Wczesne badania, przeprowadzane w latach 60-tych i 70-tych dwudziestego wieku, wykorzystywały zadania typu „zdanie – weryfikacja”, gdzie weryfikowano zdanie wobec ogólnej wiedzy lub wobec obrazka, przedstawionego przed albo po odpowiednim zdaniu. Sięgano także po zadania kończenia zdań. Bardziej pośrednie badania wpływu negacji na rozumienie polegały na mierzeniu liczby wniosków, które były wyciągane ze zdań przeczących – w porównaniu z liczbą wniosków wyprowadzanych ze zdań twierdzących (na przykład, Just i Clark 1973). Inne badania

* Korespondencję dotyczącą artykułu można kierować na adres: Magdalena Fąfrowicz, Instytut Psychologii Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, ul. prof. St. Łojasiewicza 4, 30-348 Kraków.
e-mail: vonfrovitz@gmail.com

¹ Artykuł został przygotowany w ramach grantu badawczego MNiSW nr N N 106133136.

polegały na sprawdzaniu poprawności przestrzegania zaprzeczonych instrukcji. We wspomnianych badaniach zdania przeczące były trudniejsze do przetworzenia niż zdania twierdzące – dowodzą tego dłuższe czasy przetwarzania i/lub wyższe poziomy błędów dla zdań przeczących w porównaniu ze zdaniami twierdzącymi. Jednak po włączeniu do badań zmiennej dotyczącej wartości logicznej zdania (prawda – fałsz), wyniki okazywały się niejednoznaczne; w pewnych badaniach fałszywe zdania okazywały się trudniejsze do przetworzenia niż prawdziwe – niezależnie od tego czy zawierały, czy nie operator negacji (Arroyo, 1982). W większości badań uzyskiwano interakcję negacji i wartości logicznej (Carpenter i Just, 1975) – w przypadku twierdzeń zdania prawdziwe okazywały się łatwiejsze do oceny niż zdania fałszywe, natomiast w przypadku przeczeń odwrotnie – prawdziwe zdania okazywały się trudniejsze do przetworzenia niż fałszywe. Wyniki te wyjaśniane są stosowaniem przez badanych dwóch różnych strategii przetwarzania zdań zaprzeczonych. Stosując pierwszą ze strategii badani od razu zamieniają zdania przeczące na twierdzące, przy zachowaniu tych samych warunków wartości logicznej (tzw. model fuzji) – ta strategia pozwala wyjaśnić efekt główny wartości logicznej. Druga strategia (wyjaśniania za pomocą tzw. modelu schemat-plus-znak) polega na użyciu rdzenia zaprzeczonego zdania do procesu porównań; dopasowanie rdzenia do obrazka występuje przy zdaniach fałszywych – stąd interakcja obecności negacji i wartości logicznej.

Wspomniane dwa modele przetwarzania negacji zdaniowej odnoszą się również do zadań nie wymagających oceny wartości logicznej zdania. W badaniach realizowanych w połowie minionej dekady (por. Mayo, Schul i Burnstein, 2004; Maciuszek, 2006) wykazano, że sposób przetwarzania negacji zdaniowej zależy od rodzaju orzeczeń objętych operatorem negacji. Przeczenia obejmujące terminy komplementarne przetwarzane są zgodnie z modelem fuzji, przeczenia odnoszące się do opisów jednobiegunowych przetwarzane są według modelu schemat-plus-znak. Kodowanie negacji zgodnie z modelem schemat-plus-znak oznacza, że aktywowane są treści, które zostały zaprzeczone; natomiast według modelu fuzji operator negacji powstrzymuje aktywację objętych przez niego pojęć. Przeprowadzone badania (por. Maciuszek, 2006) potwierdziły przewidywania dotyczące różnych praktycznych konsekwencji użycia przeczeń przy opisywaniu ludzi – w zależności od tego, czy negujemy opisy komplementarne czy antonimiczne. Inne wyjaśnienie sposobu przetwarzania negacji zawiera obecnie rozwijana hipoteza mentalnej symulacji zaprzeczonego stanu rzeczy podczas przetwarzania zdań zaprzeczonych (Kaup, Zwaan i Lüdtke, 2007). Istnieją dowody, że rozumienie języka jest równoznaczne z mentalnym symulowaniem opisywanej sytuacji czy wydarzeń, które ma formę reprezentacji o charakterze doświadczeniowym (experiential). Według Kaup i współpracowników (2006), przetwarzając zaprzeczone zdanie odbiorca tworzy symulację zaprzeczonego stanu rzeczy, którą oddziela od

symulacji rzeczywistego stanu rzeczy. Negacja jest wtedy uchwycona w „odchyleniach” między dwoma umysłowymi symulacjami: zaprzeczonego i faktycznego stanu rzeczy. Te symulacje różnią się czasową charakterystyką – odbiorcy przeczących zdań najpierw symulują zanegowaną sytuację i rutynowo skupiają uwagę na tej symulacji podczas i krótko po przetworzeniu tych zdań. W późniejszym punkcie procesu rozumienia odbiorcy mogą zmieniać swoją uwagę w kierunku symulacji stanu faktycznego (hipoteza symulacji dwukrokowej).

Celem niniejszego artykułu jest próba interpretacji sposobu przetwarzania zdań zaprzeczonych z punktu widzenia neurokognitywistyki. Szczegółowiej – zaproponowanie neuronalnego modelu przetwarzania zdań zaprzeczonych i zdań zaprzeczonych z warunkiem logicznym w odniesieniu do egzekucyjnego systemu mózgu i jego neuronalnych funkcji. W tym miejscu potrzebny jest krótki komentarz terminologiczny, aby rozwiać możliwe wątpliwości; w literaturze polskiej termin *executive* występuje jako „wykonawczy” (np. Nęcka, Orzechowski i Szymura, 2006). Chcemy zwrócić uwagę, iż termin „system egzekucyjny” odnosi się do modelu opisującego mechanizmy neuronalne. Termin „system wykonawczy” odnosi się do konstruktu teoretycznego (psychologicznego) budowanego na poziomie behawioralnych wskaźników. W związku z powyższym oba pojęcia nie są synonimiczne, a ich zakresy znaczeniowe i eksplanacyjne pokrywają się jedynie częściowo. Termin „system wykonawczy” jest *de facto* związany z opisem procesu, zaś termin „system egzekucyjny” z opisem funkcji neuronalnych. Pierwszy pozostaje w obszarze psychologii drugi zaś to obszar neurokognitywistyki.

SYSTEM EGZEKUCYJNY MÓZGU I JEGO FUNKCJE

Zgodnie z klasyczną koncepcją Shallice (1988) procesy egzekucyjne związane z procesami przetwarzania poznawczego uruchamiane są w specyficznych warunkach. Wyliczyć można tutaj pięć typów sytuacji, w których aktywowany jest system egzekucyjny:

1. Sytuacje wymagające planowania i podejmowania decyzji.
2. Sytuacje wymagające korygowania błędów.
3. Sytuacje, w których reakcja nie jest wyuczona i nosi znamiona zupełnej nowości.
4. Sytuacje oceniane jako zagrażające lub trudne.
5. Sytuacje wymagające wyhamowania niepożądanych reakcji.

Z badań realizowanych przy użyciu zaawansowanych metod neuroobrazowania (badania realizowane w modelu potencjałów zdarzeniowych (event related potentials)), przy zastosowaniu funkcjonalnego rezonansu magnetycznego, funkcjonalnego magnetoencefalografu oraz gęstego zapisu elektroencefalograficznego wiemy dziś, że system egzekucyjny mózgu to skomplikowana sieć neuronalna składająca się w zasadzie z czterech podstawo-

wych, współpracujących ze sobą obszarów. Są to: obszar przedniego zakrętu obręczy, obszar kory przedczołowej, obszar kory ciemieniowej oraz obszar tylnej części zakrętu obręczy (np. Firth, Gallagher i Maguire, 2004; Kim, Kroger i Kim, 2011). W niniejszym artykule skoncentrujemy się na przednim zakręcie obręczy oraz układzie bocznej kory przedczołowej, gdyż to właśnie w obrębie tych systemów neuronalnych zidentyfikowano funkcje neuronalne zezwalające na nową interpretację wyników badań nad negacjami.

Aby wprowadzić czytelnika w problematykę funkcji systemu egzekucyjnego przypominamy, w nieco zmodyfikowanej i miejscami rozszerzonej formie, przedstawiony w innym artykule (Fąfrowicz i Marek, 2010) opis systemów związanych z aktywnością przedniego zakrętu obręczy oraz bocznej kory przedczołowej.

W obrębie przedniego zakrętu kory obręczy (*anterior cingulate cortex* – ACC) wyróżnia się trzy zasadnicze obszary: dziobowy (*rostral ACC* – rACC), czasem określaną w literaturze jako przedni (*anterior rostral cingulate zone*); grzbietowy (*dorsal ACC* – dACC), czasem określaną w literaturze jako tylna część rostralnej części ACC (*posteriori rostral cingulate zone*) oraz obszar położony w tylnej, ogonowej części przedniego zakrętu obręczy – kora motoryczna zakrętu (*caudal cingulate zone* – cACC). Wspomniane obszary położone są nad spoidłem wielkim (*corpus callosum*). Bezpośrednio nad korą motoryczną zakrętu (cACC) oraz grzbietową częścią ACC (dACC), wyróżnia się korę motoryczną dodatkową (*supplementary motor area* – SMA) oraz korę przedmotoryczną (*presupplementary motor area* – preSMA).

Pomiędzy poszczególnymi częściami przedniego zakrętu obręczy występują liczne wzajemne połączenia (np. Devinsky, Morrell i Vogt, 1995; Bush i in., 2000; Etkin i in., 2006). Charakterystyczna jest również różnorodność połączeń z innymi obszarami mózgu. Część grzbietowa (dACC) ma silne połączenia z przedmotorycznym (preSMA) i motorycznym dodatkowym (SMA) obszarem ACC oraz z korą przedczołową i ciemieniową.

Z części rostralnej (rACC) wychodzą drogi łączące ją z ciałem migdałowatym, podwzgórzem, hipokampem, jądrami pnia mózgu, jądrem półleżącym oraz korą przedczołową. Obszar ten posiada również połączenia zstępujące z systemami autonomicznym, czuciowo-motorycznym oraz endokrynnym (Bush i in., 2000).

Obszary SMA i preSMA oprócz połączeń występujących w ramach ACC wykazują połączenia z systemami motorycznymi mózgu oraz systemami pamięci roboczej.

Przednia część zakrętu obręczy razem z korą przedczołową (*prefrontal cortex* – PFC) stanowią jedną z bardziej tajemniczych części mózgu. Tradycyjnie ACC kojarzona była głównie z systemem odpowiedzialnym za koordynację reakcji ruchowych dowolnych (np. Longstaff, 2002). Jednakże w świetle badań realizowanych z użyciem nowoczesnych technik obrazowania (głównie PET, fMRI i efMRI) oraz technik EEG, prowadzonych na przełomie ubiegłego i nowego stulecia oraz obecnie, pogląd ten uległ modyfikacji.

Ze wspomnianych badań wynika, iż zadania charakteryzujące się wysokim poziomem obciążenia poznawczego aktywując dACC jednocześnie deaktywują rACC. Podobna relacja ma miejsce w przypadku zadań o charakterze emocjonalnym, które aktywując rACC deaktywują dACC (Botvinick i in., 2001; Bush, 2004; Fąfrowicz i Marek, 2008). W wielu metaanalizach ACC jawi się jako struktura heterogeniczna, kontrolująca funkcjonowanie poznawcze i zarazem emocjonalne człowieka. Kontrolna funkcja systemu ujawnia się w sytuacjach z wysokim ładunkiem nowości, w sytuacjach wymagających decyzji, w przypadku działań i zachowań o niskim lub wręcz zerowym poziomie wyuczenia, sytuacjach zawierających elementy zagrożenia, sytuacjach wymagających wyboru między konfliktowymi reakcjami i/lub bodźcami, wreszcie – w sytuacjach, w których występują (lub potencjalnie mogą wystąpić) błędy oraz w sytuacjach działań korekcyjnych, a także działań polegających na wygaszaniu błędnych lub niepożądanych reakcji (zachowań) (np. Duncan i Owens, 2000; Fąfrowicz i Marek, 2008).

Wspólnym mianownikiem sytuacji, w których dochodzi do aktywowania struktur ACC są pojawiające się konflikty i/lub błędne reakcje. Metaanalizy wykazują, iż zadaniami aktywującymi ACC są tak zwane zadania konfliktowe. Obecnie wśród neurokognitywistów istnieje zgoda, iż przedni zakręt obręczy stanowi kluczowy element egzekucyjnego systemu odpowiedzialnego za mechanizmy monitorowania i przygotowywania rozwiązań konfliktów na poziomie bodźców oraz na poziomie reakcji, związanych z tradycyjnie ujmowanym komponentem poznawczym oraz emocjonalnym (Raz, 2004).

Współcześnie wielu badaczy skłania się do poglądu, zgodnie z którym dACC aktywowane jest w przypadkach występowania konfliktu między stanem zakładanym przez system poznawczo-emocjonalny a stanem osiąganym. Analityczne podejście badawcze z zastosowaniem technik efMRI, pozwoliło na rozróżnienie profili aktywności struktur w zależności od rodzaju konfliktu (konflikt występujący na poziomie bodźcowym vs. konflikt występujący na poziomie reakcji). Obszarem aktywowanym przez konflikt występujący na poziomie bodźców jest obszar preSMA oraz tylna część dACC. Konflikty związane z reakcją uaktywniają natomiast przednią część dACC (Kim, Kroger i Kim, 2011). Z badań Petit i współpracowników (1998) prowadzonych przy zastosowaniu techniki efMRI nad pamięcią roboczą (pamięć twarzy i pamięć przestrzenna) wynika, iż aktywność dACC i preSMA związana jest z przygotowywaniem reakcji w sytuacji, gdy jest ona potencjalnie wielowariantowa (sytuacji potencjalnie konfliktowej wymagającej wyboru adekwatnego rozwiązania).

Wyniki licznych badań wykazują, iż rACC aktywowane jest w wyniku pojawiającego się błędu (np. Luu i Pederson, 2004; Raz i Buhle, 2006; Marek i in., 2007; Fąfrowicz i Marek, 2007, 2008). Różnice w funkcjach dACC i rACC potwierdzają również badania realizowane z użyciem PET. Przykładowo, badania przeprowadzone pod koniec dwudziestego wieku (Elliot i Dolan, 1988) po-

kazują wyraźnie, iż dACC aktywowane jest w fazie generowania hipotez związanych z podejmowanymi działaniami, natomiast rACC wykazuje aktywność po dokonaniu wyboru między generowanymi hipotezami.

Ożywioną dyskusję – wspartą dziesiątkami eksperymentów realizowanych głównie z wykorzystaniem fMRI w kilkunastu ośrodkach badawczych – wzbudziło pytanie dotyczące udziału struktur tworzących przedni zakręt obręczy w procesie „monitorowania konfliktu” oraz procesie „rozwiązywania konfliktu”. Zgodnie z wynikami badań (np. Etkin i in., 2006) monitorowanie konfliktu wywołuje wzmożoną aktywność tylko jednego obszaru przedniego zakrętu obręczy – dACC. Dodatkowo aktywowana jest grzbietowo-przyśrodkowa część kory przedczołowej (*dorsomedial prefrontal cortex* – DMPFC). Proces rozwiązywania konfliktu nie znajduje natomiast odzwierciedlenia w aktywności struktur ACC. Aktywność w tym przypadku wykazuje boczna część kory przedczołowej (*lateral prefrontal cortex* – LPFC). Wyniki wspomnianych badań zgodne są z wcześniejszymi doniesieniami Cartera i współpracowników (1998; Carter, Botvinick i Cohen, 1999) wskazującymi, iż aktywność ACC (dokładnie dACC) wiąże się z monitorowaniem konfliktów, a nie z ich rozwiązywaniem. Większość badaczy skłania się obecnie do poglądu, zgodnie z którym grzbietowa część LPFC (*dorsolateral prefrontal cortex* – DLPFC) związana jest z selekcjonowaniem reakcji, zaś część ulokowana bardziej brzuscznie (*ventrolateral prefrontal cortex* – VLPFC) związana z identyfikacją obiektów, odgrywa istotną rolę w selekcjonowaniu wzorców prowadzących do rozwiązywania konfliktów na poziomie bodźców (np. Firth, Gallagher i Maguire, 2004).

KONFLIKT BODŹCA I KONFLIKT REAKCJI W WARUNKACH PRZETWARZANIA ZDAŃ ZAPRZECZONYCH I ZDAŃ ZAPRZECZONYCH Z WARUNKIEM LOGICZNYM – MODEL NEURONALNY

W klasie sytuacji wymagających przetwarzania poznawczego z zaangażowaniem systemu egzekucyjnego mieszczą się zadania zawierające negacje oraz zdania zawierające negacje z warunkiem logicznym. Zdania zaprzeczone, a w szczególności zdania zaprzeczone z warunkiem logicznym są klasycznym przykładem zadań konfliktowych. Ich przetwarzanie bez wątpienia związane jest z generowaniem hipotez pozostających ze sobą w konflikcie. Przetwarzanie to – w zależności od sytuacji – może dotyczyć zarówno wyboru odpowiedniej reakcji, związane we wstępnym etapie z oceną (mamy wtedy do czynienia ze śledzeniem konfliktu reakcji) lub odpowiedniej konfiguracji bodźcowej decydującej o zrozumieniu zdania (konflikt na poziomie bodźcowym). Wydaje się, iż w warunkach przetwarzania zdania zaprzeczonego występuje głównie konflikt na poziomie bodźcowym. W takich przypadkach monitorowanie owego konfliktu przez tylną część dACC i pre-SMA powoduje, iż czasy reakcji dla zdań zaprzeczonych ulegają wydłużeniu w porównaniu ze zdaniami nie zawierającymi zaprzeczenia (zdania-

mi nie zawierającymi w sobie konfliktu znaczeniowego – konfliktu bodźców). Jak pisaliśmy w pierwszej części artykułu, sytuacja komplikuje się przy wprowadzeniu obok negacji warunku logicznego (zdanie prawdziwe *vs* zdanie fałszywe), a wyniki badań przestają być tak jednoznaczne, jak w przypadku zdań zawierających jedynie negację. Wprowadzenie dodatkowego (oprócz negacji) warunku logicznego powoduje uruchomienie jeszcze jednego poziomu przetwarzania. Konieczne jest dokonanie rozstrzygnięcia na poziomie reakcji związanej z prawdziwością lub fałszem zdania. Pojawia się ocena stanowiąca punkt wyjścia do wyboru odpowiedniej reakcji. Innymi słowy, aby wybrać reakcję konieczne jest dokonanie oceny. Włącza się zatem system monitorujący konflikt reakcji (przednia część dACC). Wpływa to oczywiście dodatkowo na proces przetwarzania, komplikując jego strukturę. W obu sytuacjach, zarówno przy przetwarzaniu zdań z zaprzeczeniem jak również zdań z zaprzeczeniem zawierających warunek logiczny, do działania włącza się dodatkowo część systemu egzekucyjnego (boczna kora przedczołowa) odpowiedzialna za wyselekcjonowanie akceptowanego wzorca bodźcowego (VLPFC) oraz przygotowanie wzorca adekwatnej reakcji (DLPFC). Aktywność tej części systemu egzekucyjnego odpowiedzialna za rozstrzygnięcie, rozwiązanie konfliktu dodatkowo wydłuża czas przetwarzania. W przypadku zdań z warunkiem logicznym rozstrzygnięcie konfliktu musi dotyczyć zarówno poziomu bodźcowego jak i poziomu reakcji, co dodatkowo czyni cały proces bardziej złożonym. W przypadku zdań zawierających tylko negację (bez warunku logicznego), wymagających jedynie rozpoznania (bez reakcji), aktywowane jest głównie VLPFC zaangażowane w wyselekcjonowanie wzorca zezwalającego na rozpoznanie, a w dalszej perspektywie zrozumienie zdania.

Przedstawiony powyżej model opisuje jedynie część procesu przetwarzania zdań zaprzeczonych i zdań zaprzeczonych z warunkiem logicznym. Model ograniczony jest do opisu funkcjonowania systemu egzekucyjnego. Jak się wydaje, opisuje on jednak kluczowy moment w procesie przetwarzania zdań zaprzeczonych nie uwzględniany do tej pory zarówno w teorii, jak i w badaniach. Proces monitorowania konfliktu i jego rozwiązywania jest niejako punktem wyjścia dla procesu przetwarzania zdań zaprzeczonych oraz zdań zaprzeczonych z warunkiem logicznym. Model tworzy podstawy do wyjaśniania różnorodnych, nieraz sprzecznych wyników badań nad przetwarzaniem zdań zaprzeczonych, bez konieczności wprowadzania kilku modeli (porównaj: pierwsza część artykułu). Zaproponowany model neuronalny tłumaczy przykładowo, dlaczego zdania fałszywe okazują się trudniejsze do przetwarzania, niezależnie od tego czy zawierają negację (porównaj część pierwsza artykułu – badania Arroyo, 1982). Decyduje o tym udział w procesie przetwarzania zdania systemu odpowiedzialnego za monitorowanie konfliktu reakcji (przednia część dACC) oraz systemu, który steruje rozwiązaniem owego konfliktu (DLPFC).

Zaletą przedstawionego przez nas modelu jest możliwość jego empirycznej weryfikacji na drodze badań efMRI lub d-EEG.

LITERATURA

- Arroyo, F.V. (1982). Negatives in context. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 118–126.
- Botvinick, M.M., Braver, T.S., Barch, D.M., Carter, C.S., Cohen, J.D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 108, 3, 624–652.
- Bush, G. (2004). Multimodal studies of cingulate cortex. W: M.I. Posner (red.), *Cognitive neuroscience of attention* (s. 207–218). New York: Guilford Press.
- Bush, G., Luu, P., Posner, M.I. (2000). Cognitive and emotional influences in the anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 215–222.
- Carpenter, P.A., Just, M.A. (1975). Sentence comprehension: A psycholinguistic processing model of verification. *Psychological Review*, 82, 45–73.
- Carter, C.S., Braver, T.S., Barch, D.M., Botvinick, M.M., Noll, D., Cohen, J.D. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and on-line monitoring of performance. *Science*, 280, 747–749.
- Carter, C.S., Botvinick, M.M., Cohen, J.D. (1999). The contribution of the anterior cingulate cortex to executive processes in cognition. *Reviews in Neuroscience*, 10, 49–57.
- Chase i Clark (1972) – brak
- Clark (1977) – brak
- Colston, H.L. (1999). “Not good” is bad, but “not bad” is not good: An analysis of three accounts of negation asymmetry. *Discourse Processes*, 28, 237–256.
- Devinsky, O., Morrell, M.J., Vogt, B.A. (1995). Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour. *Brain*, 118, 279–306.
- Duncan, J., Owens, A.M. (2000). Dissociative methods in the study of frontal lobe function. W: S. Monsell, J. Driver (red.), *Control of cognitive processes* (t. 18, s. 567–576). Cambridge: MIT Press.
- Elliot, R., Dolan, R.J. (1988). Activation of different anterior cingulate foci in association with hypothesis testing and response selection. *Neuroimage*, 8, 17–29.
- Etkin, A., Egner, T., Peraza, D.M., Kandel, E.R., Hirsch, J. (2006). Resolving emotional conflict: A role for the rostral anterior cingulate cortex in modulating activity in the amygdala. *Neuron*, 51, 1–12, 2596–2607.
- Fafrowicz, M., Marek, T. (2007). Neuronal attention networks, task demands, and human error. *Occupational Ergonomics*, 7, 2, 73–81.
- Fafrowicz, M., Marek, T. (2008). Attention, selection for action, error processing, and safety. W: O.Y. Chebykin, G. Bedny, W. Karwowski (red.), *Ergonomics and psychology: Developments in theory and practice* (s. 201–216). Washington: Taylor & Francis.
- Fafrowicz, M., Marek, T. (2010). Przedni zakręt kory obręczy – perspektywa neurokonitywistyczna. *Przegląd Psychologiczny*, 51, 2, 149–160.
- Frith, C., Gallagher, H., Maguire, E. (2004). Mechanisms of control. W: R.S.J. Frackowiak, K.J. Friston, C.D. Frith, R.J. Dolan, C.J. Price, S. Zeki, J. Ashburner, W. Penny (red.), *Human brain function* (s. 329–362). Elsevier Academic Press.
- Handley, S.J., Evans, J., Thompson, V. (2006). The Negated Conditional: A Litmus Test for the Suppositional Conditional? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 3, 559–569.
- Just, M.A., Carpenter, P.A. (1971). Comprehension of negation with quantification. *Journal of Verbal Learning and Behavior*, 10, 244–253.
- Just, M. Clark, H. (1973). Drawing inferences from the presuppositions and implications of affirmative and negative sentences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 21–31.
- Kaup, B., Zwaan, R.A. (2003). Effects of negation and situational presence on the accessibility of text information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 29, 3, 439–446.
- Kaup, B., Lüdtke, J., Zwaan, R.A. (2006) Processing negated sentences with contradictory predicates: Is a door that is not open mentally closed? *Journal of Pragmatics*, 38, 1033–1050.
- Kaup, B., Zwaan, R.A., Lüdtke, J. (2007). The experiential view of language comprehension: How is negated text information represented? W: F. Schmalhofer, C.A. Perfetti (red.), *Higher level language processes in the brain: Inference and comprehension processes* (s. 255–288). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kim, Ch., Kroger, J.K., Kim, J. (2011). A functional dissociation of conflict processing within anterior cingulate cortex. *Human Brain Mapping*, 32, 304–312.
- Klauer, K.C., Musch, J., Numer, B. (2000). On belief bias in syllogistic reasoning. *Psychological Review*, 107, 4, 852–884.
- Lea, R.B. Mulligan, E.J. (2002). The effect of negation on deductive inferences. *Journal of Experimental Psychology*, 28, 303–317.
- Longstaff, A. (2002). *Neurobiologia*. Warszawa: PWN.
- Luu, P., Pederson, S.M. (2004). The anterior cingulate cortex. Regulation actions in Context. W: M.I. Posner (red.), *Cognitive neuroscience of attention* (s. 232–242). New York: Guilford Press.
- Maciuszek, J. (2006). *Negacja w języku i komunikacji. O przetwarzaniu negacji w kontekście opisu cech ludzi*. Kraków: Wydawnictwo UJ.
- MacDonald, M.C., Just, M.A. (1989). Changes in activation levels with negation. *Journal of Experimental Psychology*, 15, 633–642.
- Marek, T., Fafrowicz, M., Golonka, K., Mojsa-Kaja, J., Oginska, H., Tucholska, K. (2007). Neuroergonomics, neuroadaptive technologies, human error, and executive neuronal network. W: L.M. Pacholski, S. Trzcielinski (red.), *Ergonomics in contemporary enterprise* (s. 13–27). Madison: International Ergonomics Association Press.
- Mayo, R., Schul, Y., Burnstein, E. (2004). „I am not guilty“ vs „I am innocent“: Successful negation may depend on the schema used for its encoding. *Journal of Experimental Social Psychology*, 40, 433–449.
- Nęcka, E., Orzechowski, J., Szymura, B. (2006). *Psychologia poznawcza*. Warszawa: PWN.
- Okuniewska, H. (2004). *Asymetria, antonimia, nacechowanie. Studium psycholingwistyczne*. Warszawa: Matrix.
- Osgood, C.E. (1980). *Lectures on language performance*. New York: Springer.

- Petit, L., Courtney, S.M., Ungerleider, L.G., Haxby, J.V. (1998). Sustained activity in the medial wall during working memory delays. *Journal of Neuroscience*, 18, 22, 9429–9437.
- Raz, A. (2004). Anatomy of attentional networks. *The Anatomical Record*, 281B, 21–36.
- Raz, A., Buhle, J. (2006). Typologies of attentional networks. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 367–379.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: University Press.
- Wason, P.C. (1972). In real life, negatives are false. *Logique et Analyse*, 57–58, 19–38.
- Zagrodzki, M. (1986). Semantyczna złożoność antonimów. W: I. Kurcz, J. Bobryk, D. Kądziaława (red.), *Wiedza i język. Ogólna psychologia języka i neurolingwistyka* (s. 117–137), Wrocław: Ossolineum.