

Asymetria przetwarzania językowego – rola prawej półkuli w rozumieniu i analizie komunikatów językowych

Lateralisation of language processing – right hemisphere contribution to understanding and analysing language

Agata Wolna

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

Neuropsychiatria i Neuropsychologia 2017; 12, 1: 12–19

Adres do korespondencji:

Agata Wolna
Uniwersytet Jagielloński
ul. Ingardena 6, 30-001 Kraków
e-mail: agata.wolna@student.uj.edu.pl

Streszczenie

Chociaż u 96% praworęcznych dorosłych lewa półkula odpowiedzialna jest za większość procesów językowych (uszkodzenia w jej obrębie mogą prowadzić do upośledzenia zarówno produkcji, jak i rozumienia mowy), zjawiska zachodzące w prawej półkuli również stanowią podstawę pewnych procesów językowych. W niniejszym artykule zwrócono uwagę na badania dotyczące wkładu prawej półkuli w przetwarzanie języka, starając się wykazać, że u jego podstaw leży współpraca struktur prawej i lewej półkuli. Jednym z możliwych modeli opisujących rolę obydwu półkul mózgu w kontekście przetwarzania języka jest teoria bilateralnej aktywacji, integracji i selekcji. Opiera się ona na koncepcji pól semantycznych o różnym „zasięgu”, rozróżniając dwa typy procesów leżących u podstaw kodowania znaczeń. Procesy lewopółkulowe stanowią podstawę do wąskiej interpretacji znaczeń, podczas gdy prawopółkulowe wspierają interpretacje szerokie. Wyjaśnienie mechanizmów współpracy międzypółkulowej w procesach językowych może odwoływać się również do *Gradet Saliency Hypothesis* (GSH) opisującej różnice w przetwarzaniu wyrażen dobrze znanych, przechowywanych w lewopółkulowym leksykonie oraz niekonwencjonalnych (np. nieznanymi wcześniej metafor) angażujących również procesy prawopółkulowe. Obydwie teorie stanowią tło teoretyczne dla wyjaśnienia niektórych procesów językowych, o których wiemy, że angażują nie tylko lewą, lecz także prawą półkulę. Jednym z nich są badania nad lateralizacją przetwarzania języka figuratywnego, m.in. metafor czy przerośniętych wymagających „oderwania się” od podstawowego znaczenia słowa oraz odwołania się do bardziej odległych powiązań semantycznych. Różnice pomiędzy bilateralnymi wzorcami aktywacji obserwowane są również w badaniach nad przetwarzaniem pojęć abstrakcyjnych i konkretnych oraz słów o różnym stopniu powiązań kontekstualnych.

Słowa kluczowe: przetwarzanie języka naturalnego, lateralizacja, prawa półkula, asymetria funkcjonalna.

Abstract

Despite the fact that in 96% of right-handed adults the left hemisphere is dominant for language processing (its lesions lead to severe impairment of both perception and production of the language) there is research proving that processes occurring in the right hemisphere also take part in language processing. In this article, I would like to revise the contribution of the right hemisphere for language processing and try to demonstrate the underlying collaboration of the left and right hemispheres. One of the possible models describing the involvement of both hemispheres in language is Bilateral Activation Integration and Selection theory. It is based on the concept of semantic fields of different range distinguishing two ways of encoding the meaning – the left hemisphere processes underlie the fine semantic interpretation while the right hemisphere processes support relatively more coarse coding. In explaining the mechanisms of bilateral collaboration in language processing, we may also relate to GSH (Gradet Saliency Hypothesis), which describes the differences in processing well-known expressions, stored in the left-hemisphere lexicon, and novel expressions (e.g. metaphors one has never come across before) engaging right-hemisphere processes. Both of these theories form a theoretical background for research on the linguistic processes that engage bilateral structures. One of those cases is metaphor processing, which requires detachment of the main meaning and referring to coarser semantic associations. We can also observe differences in bilateral activations in concrete and abstract word processing and in the research on context-related associations between words.

Key words: natural language processing, functional laterality, right hemisphere, asymmetry.

Wstęp

Pomiędzy półkulami mózgu występują różnice zarówno strukturalne, jak i funkcjonalne. Pierwsi badacze zwrócili uwagę na to zagadnienie już w XIX w. Na podstawie obserwacji pacjentów ze specyficznymi uszkodzeniami w korze czołowej Paul Broca zauważył, że w wyniku urazów powstających w lewej części płata czołowego, w dolnym zakręcie czołowym, następuje głębokie upośledzenie zdolności posługiwania się językiem (Broca, 1861 za: Federmeier i wsp. 2008). Carl Wernicke, również na podstawie obserwacji klinicznych, zlokalizował inną istotną dla przetwarzania języka strukturę znajdującą się w górnej części zakrętu skroniowego górnego (1874, za: Federmeier i wsp. 2008) – odpowiedzialną za rozumienie komunikatów językowych. Fakt, że obydwa odkrycia dotyczyły struktur zlokalizowanych w lewej półkuli, doprowadził badaczy do wniosku, że to właśnie ona jest odpowiedzialna za zdolności językowe człowieka, podczas gdy prawa półkula nie jest zaangażowana w procesy leżące u podstaw przetwarzania języka.

Niedługo po odkryciach opisanych przez Brokę i Wernickego, John Hughlings Jackson sformułował hipotezę mówiącą, że prawa półkula odpowiada za automatyczne użycie słów, podczas gdy lewa podlega kontroli wolicjonalnej, przez co potrafi łączyć słowa w dłuższe wypowiedzi (Jackson 1915; za: Federmeier i wsp. 2008). Zasugerował on również, że w przeciwieństwie do produkcji języka podlegającej kontroli lewej półkuli, proces rozumienia przebiega bilateralnie. Późniejsze badania udowodniły zasadność takiego twierdzenia – dzisiaj wiemy, że poszczególne aspekty języka przetwarzane są w różny sposób przez różne struktury w naszym mózgu. Chociaż lewa półkula rzeczywiście odgrywa decydującą rolę, w prawej również możemy doszukiwać się podłoża istotnych funkcji językowych. Badania nad pacjentami z rozszczepionym mózgiem (Gazzaniga 2000) wykazały, że procesy lewopółkulowe stanowią podstawę dla nazywania i opisywania słowami otaczającego świata. Potwierdzają to obserwacje pacjentów z uszkodzoną prawą półkulą – nie mają oni problemów z komunikacją (Gazzaniga 2000). Okazuje się jednak, że prawa półkula nie jest całkiem niewrażliwa na język. Gazzaniga w swoich badaniach odwołuje się do rozróżnienia na dwa „systemy”, którymi mózg posługuje się w celu produkowania i rozumienia języka, zaproponowanego przez Pinkera (1994). Pierwszy z nich – leksykon – odpowiada za sens, znaczenie słowa. Istnieją dowody na zaangażowanie obydwu pół-

kul w przetwarzanie semantyczne, jednak Gazzaniga (2000) zauważa, że są one zorganizowane w zupełnie inny sposób. Drugim wyróżnionym przez niego systemem jest gramatyka – oparta na zasadach, które ludzie wykorzystują w celu ułatwienia komunikacji (Gazzaniga 2000). Zgodnie z przytaczanymi badaniami (Gazzaniga 1970) procesy lewo-, ale nie prawopółkulowe stanowią podstawę gramatyki generatywnej, czyli zdolności porządkowania słów zgodnie z zasadami danego języka. Prawa półkula nie jest jednak zupełnie pozbawiona wrażliwości gramatycznej – badania z wykorzystaniem paradygmatu prymowania wykazały m.in., że jest w stanie rozpoznać, kiedy dane zdanie czy wypowiedź nie są zgodne z zasadami gramatyki. Bierze również udział w uzupełnianiu brakujących miejsc w zdaniach (Kutas i wsp. 1990).

Jung-Beeman (2005) zauważa, że dowody na zaangażowanie prawej półkuli w przetwarzanie językowe możemy czerpać z kilku różnych źródeł. Badania z wykorzystaniem paradygmatu *visual half-field presentation* wskazują na różnice pomiędzy półkulami we wrażliwości na relacje semantyczne łączące poszczególne słowa. Również badania osób z uszkodzeniami w prawej półkuli ujawniają deficyty w rozumieniu języka naturalnego (Bookheimer 2002). Ponadto wiele badań wykorzystujących neuroobrazowanie wykazało, że prawa półkula jest aktywna w trakcie wykonywania zadań językowych (Bookheimer 2002; Démonet i wsp. 2005).

W artykule zostaną przedstawione doniesienia z badań dotyczących roli prawej półkuli w przetwarzaniu językowym – jakie są jej zadania i umiejętności, czy możemy mówić o specyficznie prawopółkulowych zdolnościach językowych oraz w jaki sposób możemy badać procesy zachodzące w strukturach do niedawna uważanych za zupełnie niezaangażowane w procesy językowe. W badaniach nad asymetrią językową dwa modele teoretyczne wydają się szczególnie ciekawe. Są to teoria obustronnej aktywacji, integracji i selekcji (BAIS) oparta na hipotezie wąskiego i szerokiego kodowania (Beeman 1998; Jung-Beeman 2005) oraz *Graded Salience Hypothesis* – GSH skupiająca się na wymiarze znajomości/ważności – nieznaności prezentowanego bodźca (Giora 1997; Giora 1999).

Teoria obustronnej aktywacji, integracji i selekcji (BAIS)

Teoria BAIS (*bilateral activation, integration and selection*) zaproponowana przez Junga-Beemana (2005) jest próbą opisanego zjawisk umożli-

liwiających rozumienie języka, zachodzących w różnych strukturach mózgu. Postuluje ona, że przetwarzanie językowe odbywa się poprzez trzy procesy – aktywację, integrację oraz selekcję. Wszystkie trzy aktywują struktury w obydwu półkulach mózgu, chociaż każda z nich spełnia inne funkcje. Ważnym pojęciem wprowadzonym przez Beemana w ramach omawianej teorii jest pole semantyczne – obszar analogiczny do zmysłowego pola receptorowego, czyli struktur, które dany bodziec (w tym wypadku słowo) aktywuje w mózgu. Pola semantyczne są inaczej zorganizowane w każdej z półkul – w lewej są dużo wyraźniejsze, ostrzejsze i węższe, podczas gdy w prawej wydają się „rozlane”, szerokie. Beeman sugeruje, że są one kształtowane przez kontekst, a każda z półkul wrażliwa jest na inne konteksty, inaczej modelowane m.in. przez uwagę. Z tego powodu aktywacja prawopółkulowego pola semantycznego może skutkować przywołaniem cech, które mogą mieć niewielki związek z aktualnym kontekstem, związanych np. z alternatywnym znaczeniem danego słowa. Szerokość aktywacji pozwala na zestawienie charakterystyk reprezentacji danego słowa z reprezentacją innego na podstawie ich cech drugorzędnych, umożliwiając tym samym tworzenie odległych skojarzeń, które mogą być podstawą znaczenia opartego m.in. na metaforach czy grach słów.

Pojęcie pola semantycznego odnosi się do pierwszego z procesów opisanego przez Junga-Beemana – aktywacji – zachodzącej w początkowej fazie przetwarzania, kiedy widzimy lub słyszymy słowo. Aktywuje ono reprezentacje semantyczne, zapewniając dostęp do cech oraz skojarzeń związanych ze słowem. Zgodnie z wynikami badań neuroobrazowania (Bookheimer 2002) procesy te zlokalizowane są głównie w obszarze Wernicke’go – tylnej części górnego i środkowego zakrętu skroniowego. Aktywację w środkowym zakręcie skroniowym możemy obserwować również w zadaniach angażujących pamięć werbalną wymagającą dostępu do informacji semantycznych (Bartha i wsp. 2003). Procesy aktywacji wyglądają jednak inaczej w poszczególnych półkulach – prawa koduje znaczenia „szerzej” – aktywacje są bardziej rozległe (Coulson i Williams 2005; Chiarello i wsp. 2003), przez co częściej „zachodzą” na siebie, umożliwiając dostęp do dalszych skojarzeń, opartych na mniej dystynktywnych cechach. Lewa półkula skupia się głównie na cechach powiązanych z dominującym, dosłownym albo istotnym dla kontekstu znaczeniem słowa, jednocześnie hamując cechy związane z drugorzędnymi zna-

ceniami (Chiarello i wsp. 2003). Ta umiejętność jest bardzo istotna ze względu na rolę, jaką lewa półkula odgrywa w produkcji języka – pozwala jej na tworzenie komunikatów możliwie jednoznacznych, prawidłowo odnoszących się do kontekstu oraz wykorzystujących pożądane znaczenie słowa. Badania z wykorzystaniem paradygmatu prymowania wykazały, że lewa półkula wrażliwa jest na prymy silnie powiązane z danym słowem, podczas gdy prawa półkula równie dobrze radzi sobie w sytuacji prymowania za pomocą kilku luźniej powiązanych słów (Beeman i wsp. 1994).

Kolejnym z opisywanych procesów jest integracja semantyczna. Wspiera ona interpretację komunikatu na poziomie wiadomości – sensu wyższego rzędu niż pojedyncze słowa. Neuronalne podłoże procesu opisywanego jako integracja semantyczna lokalizowane jest głównie w przedniej części płata skroniowego – przednim górnym i środkowym zakręcie skroniowym. Struktury te biorą udział w wykrywaniu, przetwarzaniu i dopracowywaniu semantycznych relacji wyższego rzędu. Zgodnie z wynikami badań wykonywanie zadań kładących nacisk na integrację semantyczną powoduje aktywację w prawej półkuli (St George i wsp. 1999). Pacjenci z uszkodzeniami po tej stronie, chociaż nie przejawiają objawów afazji, mają selektywne problemy m.in. z podążaniem za głównym wątkiem historii czy konwersacji (Beeman i wsp. 1998). Aktywacja w prawej półkuli pojawia się również, gdy w narracji pojawia się informacja niezgodna z ogólnym kontekstem (Ferstl i wsp. 2005). Sugeruje to wzajemne uzupełnianie się procesów zachodzących bilateralnie (Brownell i wsp. 1986). Badania nad pacjentami z uszkodzeniami w prawej półkuli pokazują, że mają oni problemy z wnioskowaniem na podstawie informacji zawartych w zdaniu (Beeman i wsp. 2000). W ramach integracji semantycznej zachodzą procesy konieczne do rozumienia m.in. metafor, ironii czy bardziej kreatywnych porównań. Jung-Beeman (2005), opierając się na wynikach badań Federmeier i Kutas (1999), sugeruje, że prawa półkula pełni funkcję integracyjną, lewa zaś predykcyjną, zawężając oczekiwania co do wyłaniającego się sensu zdania.

Selekcja semantyczna – ostatni z postulowanych przez Beemana procesów – polega na wybieraniu spośród konkurujących aktywacji jednej, która posłuży do stworzenia lub interpretacji danego wyrażenia. Neuroobrazowanie lokalizuje ją w przednim dolnym zakręcie czołowym. Jest to obszar odpowiedzialny m.in. za podejmowanie decyzji semantycznych, procesy

wykonawcze czy właśnie selekcję semantyczną. Wymagający szybkiej decyzji proces wywołuje silniejszą aktywację w lewej półkuli, pozwalając na podjęcie decyzji i sprawne posługiwanie się językiem. Badania wskazują, że aktywność lewej półkuli związana jest m.in. z zadaniami wymagającymi wymyślenia typowych czasowników do podanych rzeczowników (np. ciasto – pieczenie, jedzenie) podczas gdy tworzeniu zastosowań mniej typowych towarzyszy aktywność prawej półkuli (Seger i wsp. 2000).

Teoria Junga-Beemana proponuje sposób interpretacji doniesień z badań dotyczących asymetrii językowej w terminach aktywacji, selekcji i integracji. Podkreśla rolę rozległości aktywacji oraz ich wzajemnego nakładania się na siebie. Zwraca uwagę na poszczególne cechy reprezentacji umysłowych, których identyfikacja umożliwia poprawne rozumienie języka, zarówno dosłownego, jak i figuratywnego. Nie jest to jednak jedyna możliwość interpretacji badań z tej dziedziny.

Graded Salience Hypothesis (GSH)

Ideą leżącą u podstaw GSH jest znaczenie nowości oraz istotności (*salience*) znaczeń w przetwarzaniu wyrażen metaforycznych (Giora, 1997). W przeciwieństwie do teorii szerokiego i wąskiego kodowania, skupia się ona na znajomości bodźca językowego, a nie na wielkości aktywacji przez niego wywołanej. Najważniejszymi, z punktu widzenia przetwarzania językowego, charakterystykami bodźca są jego znajomość (*familiarity*) i istotność dla danej osoby. Dobrze znane, istotne znaczenia przechowywane są w leksykonie umysłowym (*mental lexicon*), przez co są łatwo dostępne. Leksykon zlokalizowany jest w lewej półkuli odpowiedzialnej za przetwarzanie dosłownych, dobrze znanych i typowych znaczeń. Nieznane, nietypowe wyrażenia oparte na metaforach nie są zapisane w leksykonie, przez co wymagają selektywnego zaangażowania się prawej półkuli w proces ich przetwarzania i rozumienia (Beeman 1998). Teoria GSH zakłada, że metafory dobrze znane, konwencjonalne, chociaż często oparte na bardzo złożonych asocjacjach, przetwarzane są sprawnie i szybko, ponieważ są łatwo dostępne dzięki „zapisaniu” w lewopółkulowym leksykonie. Badania wykorzystujące neuroobrazowanie potwierdzają założenia GSH, zwracając uwagę na rolę prawopółkulowego obszaru homologicznego do pola Wernickego, prawej i lewej kory przedrudkowej, prawej i lewej kory wyspy oraz lewopółkulowego obszaru Broki w przetwarzaniu niekonwencjonalnych

metafor (Mashal i wsp. 2007). Jest to jeden ze sposobów tłumaczenia sprzecznych wyników badań dotyczących rozumienia metafor – to nie forma wypowiedzi stanowi o sposobie jej przetwarzania, ale znajomość i łatwość dostępu do znaczeń niesionych przez konkretne słowa czy wyrażenia.

Wrażliwość na kontekst

Eksperymenty wykorzystujące paradygmat prymowania semantycznego w badaniach nad asymetrią językową doprowadziły do sformułowania wielu interesujących wniosków. W zadaniach decyzji leksykalnej słowo jest rozpoznawane (lub nazywane) łatwiej, gdy poprzedzone jest innym, znaczeniowo z nim powiązaniem, w porównaniu z sytuacją, gdy występuje pojedynczo lub w następstwie słowa niezwiązanego (Luka i Van Petten 2014; Yap i Hutchison 2016). Wykorzystanie techniki *half-visual field* wykazało, że zarówno w lewej, jak i prawej półkuli występuje efekt prymowania (Chiarello 1985). Zaobserwowano jednak, że prawa i lewa półkula wrażliwe są na innego rodzaju relacje semantyczne występujące pomiędzy prezentowanymi słowami (Chiarello i wsp. 1990). Prymowanie występuje bilateralnie dla słów nazywających przedstawicieli tej samej kategorii, powiązanych leksykalnie (np. pies – kot), nie występuje jednak wcale dla przedstawicieli leksykalnie powiązanych słów nazywających przedstawicieli różnych kategorii (np. pszczoła – miód). Jednak tylko prawa półkula wykazała efekt prymowania dla leksykalnie niepowiązanych przedstawicieli tej samej kategorii (pies – koza). Kolejne badania (Beeman i wsp. 1994) wykazały, że wykorzystanie kilku luźno powiązanych z właściwym bodźcem prym (np. ślub – biel, ceremonia, garnitur) silniej wpływa na aktywność kory w prawej półkuli, podczas gdy lewa półkula preferuje prymy pojedyncze o silnie powiązanych znaczeniach. Jung-Beeman (2005) zasugerował, że wynika to z faktu, iż procesy leżące u podłoża aktywacji znaczeń w prawej półkuli podlegają odmiennej modulacji przez uwagę, inaczej również rozkładają się w czasie – aktywacje są podtrzymywane dłużej, przez co pozwalają na powstawanie odleglejszych skojarzeń. Takie wnioski zbieżne są z konkluzjami z innego eksperymentu (Beeman i Chiarello 1998), w którym zauważono, że wyniki badań wykorzystujących paradygmat prymowania semantycznego wskazują na różnicę w przetwarzaniu relacji znaczeniowych łączących poszczególne słowa – lewa półkula wydaje się być zorientowana na bliskie leksy-

kalno-semantyczne związki, podczas gdy prawa półkula wykazuje wrażliwość na dużo luźniejsze powiązania, przez co jej aktywność często wiązana jest z kreatywnością (Aberg i wsp. 2016). Badania Faust i Chiarello (1998) wykorzystujące pomiar potencjałów wywołanych wskazują, że istotnie lewa półkula jest bardziej wrażliwa na ograniczenia wynikające z kontekstu na poziomie całej wiadomości, podczas gdy prawa półkula wykorzystuje informacje związane ze skojarzeniami, które niosą ze sobą poszczególne słowa. Badanie, na podstawie którego wyciągnięto powyższe wnioski, odnosiło się do przetwarzania dwuznacznych słów w kontekście wspierającym jedno ze znaczeń i było przeprowadzone z wykorzystaniem pomiarów EEG. Osobom badanym prezentowano prymy – zdania, których kontekst sugerował jedno z możliwych znaczeń dwuznacznego słowa znajdującego się na końcu (np. *He could not wait even for a second* lub *She stood in line and was second*). Po upływie 600 ms na ekranie pojawiał się punkt fiksacji wyświetlany przez 450 ms. W tym czasie – po 150 ms od pojawienia się punktu fiksacji – prezentowano bodziec (słowo) związany ze znaczeniem dominującym (w przypadku powyższego przykładu – *time*), podrzędnym (*number*) lub zupełnie niezwiązane z dwuznacznym wyrazem w poprzednim zdaniu (*sound*). Bodźce prezentowane były losowo w prawym lub lewym polu widzenia. Przy prezentacji bodźców w prawym polu widzenia, czyli adresowanych do lewej półkuli, efekt prymowania zaobserwowano dla słów powiązanych z sugerowanym przez kontekst znaczeniem słowa wieloznacznego. Natomiast przy prezentacji w lewym polu widzenia, czyli do prawej półkuli, efekt prymowania obecny był i w przypadku bodźców powiązanych ze znaczeniem dominującym słowa wieloznacznego (sugerowanym przez kontekst), i z jego podrzędnymi znaczeniami. Wyniki te pozwalają wnioskować o różnicach w przetwarzaniu informacji w prawej i lewej półkuli. Lewa półkula wykazuje tendencje do przetwarzania znaczenia słowa na poziomie wiadomości, odwołując się do kontekstu i hamując interpretacje alternatywne. W prawej półkuli efekt prymowania obserwowano niezależnie od kontekstu oraz pomimo prezentacji słowa aż 900 ms po rozpoczęciu prezentacji prymy, co skłania do wnioskowania o jej tendencji do analizy znaczeń słów z uwzględnieniem również ich alternatywnych znaczeń, niezależnie od interpretacji sugerowanej przez kontekst zdania.

Na podstawie powyższych wyników Federmeier i Kutas (1999) przeprowadziły badanie mające na celu określenie zaangażowania prawej

i lewej półkuli w przetwarzanie słów zgodnych lub niezgodnych z kontekstem zdania, którego są częścią. Osobom badanym prezentowane były zdania, których zakończeniem było słowo (1) oczekiwane, (2) nieoczekiwane, ale należące do kategorii semantycznej zawierającej słowo oczekiwane lub (3) niezwiązane ze zdaniem. Jako przykład można przedstawić następujące zdanie, wykorzystane w eksperymencie przez autorki badania: Stan pacjenta był krytyczny – karetka mogłaby okazać się zbyt wolna. Zdecydowali więc, by przetransportować go (1) helikopterem, (2) samolotem, (3) promem (Federmeier i Kutas 1999). Wyniki badania wykazały, że efekt prymowania w przypadku słowa oczekiwanego, zgodnego z kontekstem, wystąpił w obydwu półkulach, jednak tylko lewa półkula okazała się wrażliwa na prymowanie w przypadku słowa nieoczekiwanego, ale należącego do tej samej kategorii. Autorki badania sugerują, że jest to dowód na inny rodzaj przetwarzania informacji przez obydwie półkule. Zamiast jednak odwoływać się do wyjaśnień opartych na różnicy w zakresie aktywacji (szerokie i wąskie aktywacje, patrz: Jung-Beeman 2005) lub zorientowania na poziom wiadomości (*message-level processing*) zaproponowały rozróżnienie na dwa style przetwarzania informacji językowej. Styl właściwy lewej półkuli określiły jako „predykcyjny” (*predictive*), polegający na aktywacji cech skojarzonych z przetwarzanym obiektem i wybieraniu najbardziej prawdopodobnego elementu, który może pojawić się w zdaniu. Styl prawej półkuli opisały jako „integracyjny” (*integrative*), charakteryzujący się zaangażowaniem bezpośrednich porównań pomiędzy cechami opisywanych przez dane słowa obiektów w danym kontekście (Federmeier i Kutas 1999). Ich hipoteza znajduje potwierdzenie w badaniach skupiających się na bardziej szczegółowych rozróżnieniach biorących pod uwagę leksykalny, semantyczny i syntaktyczny aspekt zdań w zadaniu prymowania. Wskazują one na większą wrażliwość prawej półkuli na syntaktyczny aspekt zdań na poziomie całej wiadomości (Faust i wsp. 2003).

Badania wykorzystujące paradygmat *half-visual field presentation* oraz pomiar potencjałów wywołanych pozwalają stwierdzić istnienie różnic w przetwarzaniu języka przez obydwie półkule. Niemniej jednak interpretacje wyników przedstawiane przez samych badaczy oraz osoby odwołujące się do ich wyników w literaturze wydają się niejednoznaczne. Różnice w próbach wyjaśnienia zasady przebiegu przetwarzania językowego w mózgu są zapewne wynikiem nakładania się na siebie wielu procesów przyczyniających się

do funkcjonowania człowieka w świecie języka zarówno mówionego, jak i pisanego.

Figuratywne aspekty języka

Jedną z najszerzej dyskutowanych i testowanych hipotez dotyczących asymetrii przetwarzania językowego jest rola prawej półkuli w przetwarzaniu figuratywnych aspektów języka (polegającym na użyciu słów w sposób różniący się od ich słownikowej definicji), np. metafor. Wiele badań potwierdza zaangażowanie prawej półkuli w rozumienie wyrażen metaforycznych, jednak inne zdają się nie potwierdzać tej teorii (Rapp i wsp. 2007; Lai i wsp. 2015).

Billow (1975) zdefiniował metafory jako złamanie zasad denotacji, ponieważ przekazują one informacje poprzez opisywanie rzeczy za pomocą terminów, które nie są im właściwe (za: Bottini i wsp. 1994). Szczególnie wymagającym poznawczo zadaniem jest zrozumienie nowych, nieznanych wcześniej metafor, ponieważ wymaga to analizy kontekstu oraz identyfikacji podobieństw i analogii, które w dosłownym języku nie występują w taki sam sposób.

Bottini i wsp. (1994) przeprowadzili eksperyment mający na celu zbadanie wzorców aktywacji wywołanych przetwarzaniem wyrażen opartych na metaforach oraz dosłownych. Za pomocą pozytonowej tomografii emisyjnej (PET) wykazali, że przetwarzanie metafor wywołało aktywność w niektórych strukturach prawej półkuli – korze przedczołowej, środkowym zakręcie skroniowym, przedklunku oraz tylnej części zakrętu obręczy. Prawopółkulowa aktywacja nie była natomiast obserwowana w trakcie wykonywania zadania opartego na dosłownych stwierdzeniach. Inny nurt badań nad lateralizacją przetwarzania wyrażen metaforycznych opiera swoje hipotezy na GSH (Giora 1997; Giora 1999). Jest to teoria skupiająca się na znajomości (*familiarity*) bodźca językowego, a nie na wymiarze charakteryzowanym przez dosłowność i metaforyczność. Postuluje, że stopień istotności, wyrazistości determinuje porządek, zgodnie z którym przetwarzane są znaczenia poszczególnych słów. Zgodnie z założeniami GSH prawa półkula jest zaangażowana w przetwarzanie wyrażen zawierających nowe metafory, ale nie metafory konwencjonalne. Wyniki badań (Mashal i wsp. 2007; Forgács i wsp. 2014) potwierdzają powyższe założenia – podczas przetwarzania nieznanych wcześniej wyrażen metaforycznych obserwuje się aktywność w prawej tylnej części górnej bruzdy skroniowej (PSTS) oraz lewym i prawym dolnym zakręcie czołowym

(IFG). Potwierdza to założenia GSH dotyczące roli prawej półkuli w przetwarzaniu bodźców o mniejszej istotności i wyrazistości pozwalające na odkrywanie relacji będących podstawą nowych wyrażen metaforycznych. Wyniki można interpretować również w świetle teorii wąskiego i szerokiego kodowania (Jung-Beeman 2005) zakładającej udział prawej półkuli w aktywacji luźno powiązanych ze sobą znaczeń, co umożliwia zrozumienie ich metaforycznego przekazu.

Badania dotyczące przetwarzania języka figuratywnego dostarczają bardzo ciekawych, jednak niekiedy sprzecznych wyników. Zwracają one uwagę na złożoność procesów składających się na rozumienie języka. Interpretacje wyników według założeń teorii szerokiego i wąskiego kodowania oraz GSH pozwalają na stworzenie szerszego obrazu roli prawej półkuli w przetwarzaniu m.in. metafor. Ta, bardzo popularna w badaniach nad asymetrią językową, hipoteza okazuje się jednak dużo bardziej złożonym zagadnieniem, które być może związane jest nie tylko z samym charakterem metaforycznego języka, lecz także zdolnością każdej z półkul do przetwarzania bodźców wcześniej nieznanymi, których znaczenie powstaje na podstawie skojarzeń związanych z użyciem słów w pewnym kontekście (Lai i wsp. 2015).

Pojęcia abstrakcyjne i konkretne

Kolejnym ciekawym aspektem lateralizacji przetwarzania językowego jest sposób, w jaki prawa i lewa półkula radzą sobie z pojęciami konkretnymi i abstrakcyjnymi. Binder i wsp. (2005) przeprowadzili badania dotyczące przetwarzania konkretnych i abstrakcyjnych słów z wykorzystaniem funkcjonalnego obrazowania metodą rezonansu magnetycznego (*functional magnetic resonance imaging* – fMRI). Wyniki wykazały, że istnieją różnice w lateralizacji przetwarzania słów konkretnych i abstrakcyjnych. Słowa konkretne wywoływały obustronną aktywność w zakręcie kątowym, tylnej części zakrętu obręczy oraz przedklunku, a także w lewej grzbietowej korze przedczołowej. Aktywacja powstająca w wyniku przetwarzania abstrakcyjnych słów została zaobserwowana tylko w lewej półkuli – w dolnej części zakrętu czołowego, korze przedczołowej oraz w grzbietowym biegunie skroniowym. Autorzy zauważają, że bilateralna aktywacja w przetwarzaniu słów konkretnych zgodna jest z założeniami teorii podwójnego kodowania Paivio (1991) – bodźce są zapisywane nie tylko jako słowa, lecz także jak obrazy. Uzyskane wyniki świadczą o różnym sposobie przetwarzania

informacji semantycznych w obydwu półkulach – podczas gdy lewa wykorzystuje tylko kod werbalny, prawa odwołuje się do niewerbalnych znaczeń, wyobrażeń czy innego rodzaju reprezentacji.

Badania skupiające się na przetwarzaniu abstrakcyjnych i konkretnych pojęć zdają się potwierdzać hipotezę o wyraźnej przewadze lewej półkuli w rozumieniu pojęć abstrakcyjnych oraz bilateralnej interpretacji pojęć konkretnych. W świetle teorii Paivio (1991) wyniki wydają się zgodne z przekonaniem o większej roli prawej półkuli w przetwarzaniu obrazów niż bodźców werbalnych. Niemniej jednak – wiedząc, że prawa półkula spełnia istotną rolę w rozumieniu języka – taka interpretacja dostarcza cennych informacji dotyczących charakteru procesów stanowiących jej wkład w procesy językowe.

Podsumowanie

Przetwarzanie języka jest niewątpliwie jednym w najbardziej złożonych zadań poznawczych stojących przed mózgiem człowieka. Choć lewa półkula odgrywa dominującą rolę w procesach językowych, prawa również ma swój wkład w wiele z procesów składających się na rozumienie języka. Na podstawie wyników badań możemy wnioskować o jej wrażliwości na drugorzędne cechy reprezentacji denotowanych przez słowa, zdolności do przetwarzania nowych wyrażeń opartych na języku metaforycznym czy dwuznaczności oraz integracyjnym stylu przetwarzania informacji językowej. Badania oparte na interpretacji potencjałów wywołanych pozwalają na wnioskowanie o dostępie obydwu półkul do informacji językowych zarówno na poziomie znaczeń właściwych pojedynczym słowom, jak i bardziej złożonym formom. Różnice polegają głównie na sposobie przetwarzania dostarczanych informacji. Teorie szerokiego i wąskiego kodowania oraz GSH są próbami odpowiedzi na pytanie o przyczynę i istotę asymetrii językowych. Federmeier i wsp. (2008) zauważają, że asymetria półkulowa wydaje się sposobem na zapewnienie najbardziej efektywnego przetwarzania złożonych oraz szybko napływających informacji. Zastosowanie kilku równoległych strategii – analiza wąskiego i szerokiego spektrum znaczeń, wykorzystanie strategii integracyjnej i predykcyjnej czy analiza na poziomie poszczególnych słów oraz bardziej ogólnie – na poziomie wiadomości – pozwala na zmaksymalizowanie trafności i tempa przetwarzania bodźców językowych i tym samym poprawne i płynne rozumienie języka. Dalsze badania są

jednak potrzebne, by w pełni zrozumieć asymetrię językową.

Piśmiennictwo

1. Aberg CK, Doell K, Schwartz S. The "Creative Right Brain" Revisited: Individual Creativity and Associative Priming in the Right Hemisphere Relate to Hemispheric Asymmetries in Reward Brain Function. *Cereb Cortex* 2016; 1-14.
2. Bartha L, Brenneis C, Schocke M, et al. Medial temporal lobe activation during semantic language processing: fMRI findings in healthy left-and right-handers. *Cogn Brain Res* 2003; 17: 339-346.
3. Beeman MJ, Bowden EM, Gernsbacher MA. Right and left hemisphere cooperation for drawing predictive and coherence inferences during normal story comprehension. *Brain Lang* 2000; 71: 310-336.
4. Beeman MJ, Chiarello C. Complementary right-and left-hemisphere language comprehension. *Curr Dir Psychol Sci* 1998; 7: 2-8.
5. Beeman M. Coarse semantic coding and discourse comprehension. W: *Right hemisphere language comprehension: Perspectives from cognitive neuroscience*. Beeman M, Chiarello C (red.). Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah 1998; 255-284.
6. Beeman M, Friedman RB, Grafman J, et al. Summation priming and coarse semantic coding in the right hemisphere. *J Cogn Neurosci* 1994; 6: 26-45.
7. Billow RM. A cognitive developmental study of metaphor comprehension. *Dev Psychol* 1975; 11: 415-423.
8. Binder JR, Westbury CF, McKiernan KA, et al. Distinct brain systems for processing concrete and abstract concepts. *J Cogn Neurosci* 2005, 17: 905-917.
9. Bogen JE. *Partial hemispheric independence with the neocommissures intact*. Cambridge University Press, New York 1990.
10. Bookheimer S. Functional MRI of language: new approaches to understanding the cortical organization of semantic processing. *Annu Rev Neurosci* 2002; 25: 151-188.
11. Bottini G, Corcoran R, Sterzi R, et al. The role of the right hemisphere in the interpretation of figurative aspects of language A positron emission tomography activation study. *Brain* 1994; 117: 1241-1253.
12. Brownell H, Potter HH, Bihrlé A, et al. Inference deficits in right brain-damaged patients. *Brain Lang* 1986; 27: 310-321.
13. Chiarello C, Liu S, Shears C, Quan N, et al. Priming of strong semantic relations in the left and right visual fields: a time course investigation. *Neuropsychologia* 2003; 41: 721-732.
14. Chiarello C, Burgess C, Richards L, et al. Semantic and associative priming in the cerebral hemispheres: Some words do, some words don't... sometimes, some places. *Brain Lang* 1990; 38: 75-104.
15. Chiarello C. Hemisphere dynamics in lexical access: Automatic and controlled priming. *Brain Lang* 1985; 26: 146-172.
16. Coulson S, Williams RF. Hemispheric differences and joke comprehension. *Neuropsychologia* 2005; 43: 128-141.
17. Démonet JF, Thierry G, Cardebat D. Renewal of the neurophysiology of language: functional neuroimaging. *Physiol Rev* 2005; 85: 49-95.
18. Faust M, Bar-Lev A, Chiarello C. Sentence priming effects in the two cerebral hemispheres: Influences of lexical relatedness, word order, and sentence anomaly. *Neuropsychologia* 2003; 41: 480-492.

19. Faust M, Chiarello C. Sentence context and lexical ambiguity resolution by the two hemispheres. *Neuropsychologia* 1998; 36: 827-835.
20. Federmeier KD, Wlotko EW, Meyer AM. What's 'Right' in Language Comprehension: Event-Related Potentials Reveal Right Hemisphere Language Capabilities. *Lang Linguist Compass* 2008; 2: 1-17.
21. Federmeier KD, Kutas M. Right words and left words: Electrophysiological evidence for hemispheric differences in meaning processing. *Cogn Brain Res* 1999; 8: 373-392.
22. Ferstl EC, Rinck M, Von Cramon DY. Emotional and temporal aspects of situation model processing during text comprehension: An event-related fMRI study. *J Cogn Neurosci* 2005; 17: 724-739.
23. Forgács B, Lukács Á, Pléh C. Lateralized processing of novel metaphors: disentangling figurativeness and novelty. *Neuropsychologia* 2014; 56: 101-109.
24. Gazzaniga MS. *The bisected brain*. Appleton-Century-Crofts, New York 1970.
25. Gazzaniga MS. Cerebral specialization and interhemispheric communication. *Brain* 2000; 123: 1293-1326.
26. Giora R. Understanding figurative and literal language: The graded salience hypothesis. *Cogn Linguist* 1997; 8: 183-206.
27. Giora R. On the priority of salient meanings: Studies of literal and figurative language. *J Pragmat* 1999; 31: 919-929.
28. Jung-Beeman M. Bilateral brain processes for comprehending natural language. *Trends Cogn Sci* 2005; 9: 512-518.
29. Kutas M, Hillyard SA. Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature* 1984; 307: 161-163.
30. Kutas M, Hillyard SA, Volpe BT, et al. Late positive event-related potentials after commissural section in humans. *J Cogn Neurosci* 1990; 2: 258-271.
31. Lai VT, van Dam W, Conant LL, et al. Familiarity differentially affects right hemisphere contributions to processing metaphors and literals. *Front Hum Neurosci* 2015; 9: 31-40.
32. Luka BJ, Van Petten C. Gradients versus dichotomies: How strength of semantic context influences event-related potentials and lexical decision times. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2014; 14: 1086-1103.
33. Mashal N, Faust M, Hendler T, et al. An fMRI investigation of the neural correlates underlying the processing of novel metaphoric expressions. *Brain Lang* 2007; 100: 115-126.
34. Paivio A. Dual coding theory: Retrospect and current status. *Can J Psychol* 1991; 45: 255-287.
35. Pinker S. How could a child use verb syntax to learn verb semantics? *Lingua* 1994; 92: 377-410.
36. Rapp AM, Leube DT, Erb M, et al. Laterality in metaphor processing: Lack of evidence from functional magnetic resonance imaging for the right hemisphere theory. *Brain Lang* 2007; 100: 142-149.
37. Seger C A, Desmond JE, Glover GH, et al. Functional magnetic resonance imaging evidence for right-hemisphere involvement in processing unusual semantic relationships. *Neuropsychology* 2000; 14: 361-369.
38. St George M, Kutas M, Martinez A, et al. Semantic integration in reading: engagement of the right hemisphere during discourse processing. *Brain* 1999; 122: 1317-1325.
39. Yap MJ, Hutchison KA, Tan LC. Individual differences in semantic priming performance: insights from the Semantic Priming Project. W: *Big data in cognitive science: From methods to insights*. Jones MN (red.). Psychology Press, New York 2016.