



TOMASZ NOWAK

Instytut Języka Polskiego, Uniwersytet Śląski w Katowicach

## W kręgu neurolingwistycznych modeli percepcji języka i mowy Wybrane propozycje i wstępne interpretacje

**ABSTRACT:** This paper aims at presenting the evolution of neurolinguistic models and provides their review and summary. The author presents the traditional and modern models and reflects on the linguistic interpretation of the results of neurological experiments.

**KEY WORDS:** neurolinguistics, processing model, language function, neural network

W szkicu prezentuję wyniki wybranych eksperymentów neurolingwistycznych, jak również, równolegle, podejmuję próbę selekcji i interpretacji przedstawionych rezultatów z czysto lingwistycznego punktu widzenia, tj. pod kątem wartości i wagi tych osiągnięć dla językoznawstwa. Przede wszystkim jednak zależy mi na tym, żeby możliwie najwierniej oraz najpełniej zaprezentować czytelnikowi obraz języka/mowy, jaki wyłania się z wyników badań eksperymentalnych, prowadzonych – od dwudziestu kilku lat – na gruncie neurolingwistyki, ze szczególnym, co podkreślam, uwzględnieniem prac powstałych z wykorzystaniem technik neuroobrazujących. W tym kontekście niniejsza rozprawka przyjmuje charakter dydaktyczno-naukowy. (Kolejny krok – i taki planuję uczynić – powinien, jak myślę, obejmować analizę i interpretację zebranych danych pod kątem ich potencjału w sferze falsyfikacji lub konfirmacji konkretnych hipotez lingwistycznych. Wierzę bowiem silnie w to, że refleksja nad organizacją języka/mowy w umyśle/mózgu pozwoli uczonym rozwiązać co najmniej niektóre, zapewne te bardziej ogólne, problemy językowe). Swoją uwagę ogniskuję głównie na modelach neurolingwistycznych, które uogólniają szczegółowe wyniki jednostkowych badań. W swoim szkicu dzielę się więc z odbiorcą wiedzą wyniesioną z lektury wielu frapujących, a niemal wyłącznie obcojęzycznych publikacji.

Zagadnienia, które poruszam, nie wykraczają w zasadzie poza ogólnie dostępną, obiegową wiedzę. Kwestie, jakich dotykam, znalazły swoje trwałe miejsce w literaturze. Sięgam po nią zresztą w każdym ustępie swojej pracy, referując różne podej-

ścia i perspektywy (w tym sensie pozostają dłużnikiem uczonych, którym udało się dokonać fascynujących, przywoływanych przeze mnie, obserwacji). Swoje uwagi zawarłem, na dobrą sprawę, jedynie w ostatnim podrozdziale (stanowią one punkt wyjścia do językoznawczych interpretacji osiągnięć z dziedziny neurolingwistyki; lingwistycznym implikacjom, płynącym z odkryć medycznych, poświęcę odrębną – znacznie bardziej szczegółową – pracę).

## Badania neurolingwistyczne

Badania eksperymentalne, jakie prowadzi się nad przetwarzaniem języka/mowy, kumulują w sobie dwa ogólniejsze punkty widzenia, ontologiczny i gnoseologiczny. W perspektywie ontologicznej można wyszczególnić: przedmiot i aspekt, zaś w perspektywie gnoseologicznej: cel i metodę naukowych penetracji. W kolejnych partiach pracy przybliżam obydwie pierwiastki (ontyczny i gnostyczny), integrujące refleksję nad językiem/mową podejmowaną na obszarze pokrewnych dyscyplin naukowych, powinowatych względem lingwistyki – psycholingwistyki i neurolingwistyki (ze szczególnym, podkreślam, uwzględnieniem problemów neurologiczno-lingwistycznych).

Przedmiot badań obu dziedzin nauki stanowią, po pierwsze, czynności mowne, dokładniej: procesy mówienia i słuchania, po drugie, narzędzia językowe, ściślej: gramatyka i leksyka (co istotne, jedne mogą odgrywać rolę przesłanek, na podstawie których formułuje się wnioski na temat drugich). Aspekt studiów dotyczy (psycholingwistycznych) reprezentacji umysłowych i (neurolingwistycznych) implementacji mózgowych procesów i jednostek języka/mowy. Cel analiz stanowią: psycholingwistyczny pomiar czasu i neurolingwistyczny pomiar miejsca (re)akcji na wymierne bodźce językowe, dzięki którym można budować modele służące do opisywania-wyjaśniania umysłowych etapów/procesów i mózgowych poziomów/jednostek języka/mowy. Metoda „mierzenia/ważenia” lokalizacji/temporalizacji języka/mowy w umysłach/mózgach nawiązuje do historycznie wcześniejszych hipotez lingwistycznych oraz historycznie późniejszych teorii psychologicznych-neurologicznych; por. paradygmaty badawczo-naukowe („psycho-” i „neuro-”), np. psycholingwistyczne: ewaluacyjne i restrykcyjne względem koncepcji lingwistycznych (w zależności od roli, jaką wyznacza się teoriom lingwistycznym: nadrzędną czy podrzędną), a także neurolingwistyczne: afazjologiczne i imagologiczne (zależnie od podstaw formułowania hipotez lingwistycznych, tj. obserwacji mózgowych lezji lub interpretacji neuroobrazujących skanów).

Każda z omawianych w tej publikacji dziedzin nauki rozwija się w ramach konkurujących z sobą paradygmatów, przeważnie dwóch opozycyjnych, takich jak generatywizm i kognitywizm w lingwistyce, mentalizm i behawioryzm w psy-

cholingwistyce, a także lokalizacjonizm i ekwipotencjalizm w neurolingwistyce. Rezultaty, do których dochodzą przedstawiciele trzech wspomnianych nauk, stanowią ostatecznie przedmiot refleksji (syntez i analiz), jakie podejmuje się na gruncie kognitywistyki, tj. nauki o poznaniu w umyśle/mózgu, postępującej dzięki twórczej rywalizacji swoich dwu programów badawczych – komputacjonizmu i koneksjonizmu. Co znaczące, w programach tych zawarto jasno określone preferencje w zakresie afirmacji teorii lingwistycznych (w skali „psycho-” i „neuro-”), np. komputacjoniści opowiadają się bardziej po stronie generatywizmu, mentalizmu i lokalizacjonizmu, zaś koneksjoniści – bardziej po stronie kognitywizmu, behawioryzmu i ekwipotencjalizmu. Roztrząsanie tych kwestii pozostawiam sobie jednak na inną okazję.

Badania eksperymentalne nad językiem/mową absorbują uwagę lingwistów, jak również – a raczej przede wszystkim – psycho- i neurolingwistów. Jedno z najpierwszych pytań, jakie w tej sytuacji się narzuca, dotyczy wzajemnych relacji pomiędzy tymi trzema domenami poznania. Okazuje się bowiem, że przywoływane dyscypliny stawiają przed sobą, a także – co zapewne najważniejsze – przed językiem/mową, trochę odmienne cele: lingwistyczny – funkcja (komputacja) werbalna; psychologiczny – reprezentacja (algorytmizacja) mentalna; neurologiczny – instalacja (implementacja) cerebralna. Inaczej mówiąc, lingwistyka opisuje: „co”, psycholingwistyka wyjaśnia: „jak”, z kolei neurolingwistyka przewiduje: „gdzie” i „kiedy” – umysł/mózg robi (coś) z językiem/mową<sup>1</sup>. Różnice pomiędzy tymi trzema ujęciami polegają, w rzeczy samej, na kwalifikacji językowo-mownych procesów/etapów i jednostek/poziomów do zasadzających się na sobie domen; por. lingwistyczna: syntagmatyczna/paradygmatyczna, gramatyczna/semantyczna, psychologiczna: ekspresywna/impresywna, nadawcza/odbiorcza, neurologiczna: przednia/tylna, ruchowa/czuciowa (opozycje te znajdują swe odzwierciedlenie w klasyfikacji zaburzeń językowych, m.in. afazji). Jak się jednak okazuje, kwestia ta jest dużo bardziej skomplikowana i nie przedstawia się wcale tak prosto, jak by się mogło wydawać.

Problem, przed którym stają badacze zajmujący się odkrywaniem języka/mowy w ludzkim umyśle/mózgu, komplikuje się dodatkowo z racji trudności, jakie pociąga za sobą określenie najmniejszych strukturalnie i funkcjonalnie jednostek lingwistycznych, psychologicznych i neurologicznych. Okazuje się bowiem, że proste zestawienie „elementarnych cząstek” lingwalnych, mentalnych i cerebralnych nie przynosi satysfakcjonujących wyników z powodu niewspółmierności i niekategorialności charakteryzowanych przez te trzy dyscypliny domen; por. ostateczne atomy: cechy dystynktywne (w fonemie), wrażenia sensoryczne (w percepcji), kolce dendrytyczne (w neuronie)<sup>2</sup>. W związku z tym zaproponowano odmienne rozwią-

<sup>1</sup> D. MARR: *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. New York, Freeman 1982.

<sup>2</sup> D. POEPEL, D. EMBICK: *Defining the relation between linguistics and neuroscience*. W: *Twenty-First Century Psycholinguistics: Four Cornerstones*. Ed. A. CUTLER. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates 2005, p. 103–118.

zanie, które zaprowadza kompatybilność w obrębie charakterystyk: lingwistycznej, psychologicznej i neurologicznej. Przekład terminów w granicach tych trzech dziedzin powinien przebiegać w trzech etapach; por. opis tego, co, jak oraz gdzie i kiedy „robi” umysł/mózg z językiem/mową, zob. funkcja (komputacja) lingwalna, algorytmizacja (reprezentacja) mentalna, implementacja (instalacja) cerebralna. Związek pomiędzy kolejnymi poziomami przetwarzania języka/mowy wiernie oddaje przyporządkowanie (mapujące) jedno-jednoznaczne (izomorfizm strukturalno-funkcjonalny) kategorii, np. lingwistyczna: fonem, psychologiczna: kontrast, biologiczna: bruzda skroniowa górna. W takim ujęciu badania psycho- i neurolingwistyczne sprowadzają się do poszukiwania korelacji funkcji i struktur, odpowiednich dla poszczególnych jednostek/poziomów i procesów/etapów. W moim przekonaniu, ścieżka, jaką w ten sposób się wytycza, wiedzie od modeli lingwistycznych do ich psychologicznej/neurologicznej rzeczywistości, słowem: pozwala naukowcom na formułowanie opisów języka/mowy adekwatnych wyjaśniająco, a nie tylko, jak dotąd, opisowo (w stopniu wysokim i niskim). W takim duchu zostały utrzymane zawarte w tym artykule prezentacje i refleksje.

## Paradygmaty neurolingwistyczne

Neurolingwistyka w pierwszym rzędzie podejmuje problem lateralizacji i lokalizacji funkcji językowych w układzie nerwowym, tj. języka/mowy w umyśle/mózgu. W tej kwestii ścierają się z sobą dwa poglądy, pro- i antylokalizacyjny, mianowicie teoria lokalizacyjnie węższa i szersza, zakładające prowadzenie badań nad umysłem/mózgiem w wymiarze, odpowiednio, dyskretnym (czynność jako funkcja ośrodka w mózgu) oraz kontynualnym (czynność jako funkcja całego mózgu). Odpowiedź na pytanie o to, czy mieści się w umyśle/mózgu tzw. obszar mowy, przyjmuje zatem różną postać, w ścisłej zależności od tego, z punktu widzenia jakiej koncepcji jest udzielana. Ponadto – o czym nie można zapominać – wyniki, na których opierają się wyjaśniające je hipotezy, mogą być rozbieżne, co wynika ze stosowania w praktyce rozmaitych metod badawczych. W kolejnych akapitach przedstawiam dwie hipotezy (ściślej: paradygmaty) stanowiące kamienie milowe w rozwoju światowej neurolingwistyki<sup>3</sup>.

Hipoteza prolokalizacyjna nawiązuje do założeń psychologii atomistycznej (asocjacyjnej) i opowiada się za punktową (skupioną) lokalizacją funkcji psychicznych w mózgu, co oznacza, że między funkcją psychiczną a ośrodkiem anatomicznym, w którym funkcja ta posiada swoją reprezentację, istnieje przy-

---

<sup>3</sup> Szerzej na ten temat: J. PANASIUK: *Afazja a interakcja. Tekst – metaTekst – konTekst*. Lublin, Wydaw. UMCS 2013, s. 67–86.

porządkowanie jedno-jednoznaczne; w związku z tym uszkodzenie ośrodka zaburza funkcję. Kierunek prolokalizacyjny rozwija się w dwu nurtach, tradycyjnym (frenologicznym) i współczesnym (koneksjonistycznym). Ewolucja poglądów w ich obrębie dotyczyła relacji między ośrodkami i przebiegała od tezy o ich izolacji do tezy o ich koneksji. Poglądy prolokalizacyjne dominowały głównie w drugiej połowie XIX i pierwszej połowie XX wieku. W tym czasie odkryto ośrodki: mówienia i słuchania, pisanie i czytanie, stworzono mapy mózgu oraz zaczęto stosować techniki neuroobrazujące. Z hipotezą prolokalizacyjną wiąże się słynne nazwiska: Paul Broca, Carl Wernicke, Sigmund Exner, Jules Déjerine, Korbinian Brodmann, Constantin von Economo, Norman Geschwind, Jerzy Konorski. Teorię prolokalizacyjną, tj. węższą, krytykowano jako terapeutycznie pesymistyczną. Zaobserwowano bowiem, że uszkodzeniu tego samego ośrodka nierzadko towarzyszą różne objawy, natomiast ten sam objaw występuje często przy uszkodzeniu różnych ośrodków.

Hipoteza antylokalizacyjna nawiązuje do założeń psychologii holistycznej (kognitywnej) i aprobuje tezę o ogniskowej (rozproszonej) lokalizacji funkcji psychicznych w mózgu. Ściślej: czynności psychiczne posiadają organizację wielopoziomową (reprezentacje czynności na różnych piętrach układu nerwowego: energetycznym, informacyjnym, cybernetycznym); z kolei mózg, jako pewna całość, dysponuje energią potencjalną (mocą), która umożliwia mu prawidłowe funkcjonowanie, tj. wykonywanie czynności; zmiany w zakresie wartości tej potencji, zwłaszcza negatywne, wywołane jednym określonym czynnikiem, dezorganizują (w różnym stopniu – w zależności od skali uszkodzenia, a nie jego miejsca) wykonywanie czynności. Kierunek antylokalizacyjny rozwija się w dwóch nurtach, tradycyjnym (ekwipolentnym) oraz współczesnym (funkcjonalnym). Ewolucja poglądów wewnątrz kierunku dotyczy relacji: umysł – mózg w kontekście przejścia od interpretacji neuropsychologicznych do neurobiologicznych. Ujęcia antylokalizacyjne dominowały w drugiej połowie XX wieku oraz pierwszej dekadzie XXI wieku. Z opcją antylokalizacyjną kojarzą się znane postaci: John Hughlings Jackson, Karl Lashley, Henry Head, Kurt Goldstein, Aleksander Łuria, Gerald Edelman.

Współcześnie obydwa podejścia, w złączonym formie, są obecne w refleksji neurolingwistycznej; co więcej, można odnieść wrażenie, że naukowcy odwołujący się do obu paradygmatów coraz częściej poszukują bardziej punktów stycznych niż dzielących je różnic. Opozycja moduł – sieć zaczyna się nieco zacierać: w umyśle/mózgu funkcjonują bowiem procesy i modułowe, i sieciowe, i również takie, które łączą w sobie jedno i drugie. Trafny przykład funkcji i struktury o dualnym (modularno-sieciowym) charakterze stanowi fenomen przetwarzania języka/mowy, w którym aktywny udział biorą nie tylko moduły (ściśle) językowe, ale także procesor centralny i analizatory percepcyjne. Ślady tego sposobu myślenia o zjawiskach języka/mowy można znaleźć dzisiaj w każdym znanym i bardziej zaawansowanym modelu neurolingwistycznym.

## Modele neurolingwistyczne

Neurolingwistyka nie tylko przynosi szczegółowe wyniki dotyczące reprezentacji i organizacji języka/mowy w ludzkim umyśle/mózgu, ale również, poprzez uogólnienie otrzymywanych rezultatów, pozwala budować modele badawcze, które – w zamyśle ich autorów – mają przeprowadzane obserwacje trafnie opisywać i adekwatnie wyjaśniać. W zbiorze modeli neurolingwistycznych można wyszczególnić propozycje tradycyjne i współczesne. Modele tradycyjne (XIX–XX wiek), „pracujące” szeregowo i jednokierunkowo, stają się podstawą opisu, który – w świetle obecnego stanu wiedzy – zdaje się ogólnikowy i izolowany. Koncepcje te są próbą powiązania trzech faz, tj. lingwistycznej (komunikacja), psychologicznej (afazja) i neurologicznej (lezja). Twierdzenia formułowane w ramach tradycyjnych ujęć uzasadnia się wynikami badań dotyczącymi mózgow osób chorych, tj. z perspektywy afazjologicznej. Jako przykłady podejść tradycyjnych podaje się zazwyczaj dwa modele, ogólniejszy – Wernickego-Lichtheima i bardziej szczegółowy – Wernickego-Geschwinda. Modele współczesne (XX–XXI wiek) natomiast, funkcjonujące równoległe i dwukierunkowo, umożliwiają tworzenie opisu zdecydowanie bardziej szczegółowego i zintegrowanego. Ujęcia te sprzęgają z sobą trzy sfery: lingwistyczną (komputacja), psychologiczną (reprezentacja) i neurologiczną (instalacja). Tezy, jakie wyprowadza się z przyjętych założeń, podbudowuje się rezultatami studiów dotyczących mózgow osób zdrowych, czyli z punktu widzenia imagologicznego. Istnieje wiele modeli współczesnych (o różnym stopniu szczegółowości), spośród których postanowiłem wybrać i rozważyć (oprócz dwóch „najstarszych”: WL/WG i FSM) cztery: dwa szczegółowe – DSM i TPM oraz dwa ogólne – MUC i MAS. W kolejnych podrozdziałach przedstawiam najważniejsze, w moim mniemaniu, teoretyczno-materiałowe koncepcje, które scalają mnogość szczegółowych ustaleń i wyników (rzecz jasna, wybór przedstawionych ujęć, jaki przeprowadziłem, ma charakter subiektywny; ze względu na ograniczone ramy niniejszego opracowania muszę zrezygnować z prezentacji wielu wspańiałych teorii).

### Model WL/WG<sup>4</sup>

Model WL/WG (od: Wernicke i Lichtheim oraz Wernicke i Geschwind), przytaczany i omawiany w wielu pracach (zarówno naukowych, jak i popularnych), ilustruje schemat przypominający dom/trójkąt lub rysunek przedstawiający lewą półkulę, z zaznaczoną bruzdą boczną, a także ze znajdującymi się na obu jej krańcach

---

<sup>4</sup> C. WERNICKE: *Der aphasische Symptomencomplex*. Berlin, Springer-Verlag 1874; L. LICHTHEIM: *On aphasia*. „Brain” 1884, No. 7, p. 433–484.



ośrodkami mowy/słuchu – ruchowym i czuciowym, połączonymi pęczkiem łukowatym. Model WL/WG opisuje związki między strukturami (ośrodkami) i funkcjami (drogami), które – na stosownych schematach i rysunkach – markują punkty (ośrodki) i strzałki (drogi). W modelu zakłada się istnienie trzech ośrodków i trzech łączących te ośrodki dróg, jak również sześciu zaburzeń (afazji), które odpowiadają prognozowanym ośrodkom i drogom. Kolejno przedstawiam struktury i funkcje modelu, tj. ośrodki i drogi, a także, sankcjonujące zasadność ich wyodrębniania, dysfunkcje (w zakresie czynności mowy i słuchu).

Termin „ośrodek” obejmuje swoim zakresem trzy struktury, ściśle związane z mową ludzką: bezpośrednio – ośrodek ruchowy i czuciowy oraz pośrednio – ośrodek pojęciowy. W skrócie, ośrodek ruchowy mowy pełni funkcję nadawczą (fonacyjną), tzn. wykorzystuje ruchowe (mowne) reprezentacje słów oraz odpowiada za operację mówienia (Broca: IFG) i pisania (Exner: PM); ośrodek czuciowy mowy pełni funkcję odbiorczą (audytywną), tzn. przechowuje czuciowe (słuchowe) reprezentacje słów oraz angażuje się w operację słuchania (Wernicke: STG) i czytania (Déjerine: AG); ośrodek pojęciowy mowy realizuje za to cele nadawczo-odbiorcze (konceptualne), tzn. koduje pojęciowe (myślone) reprezentacje słów, które zostają przywoływane podczas mówienia i słuchania, a więc w toku, odpowiednio, konceptualizacji (Łuria: PFC) i interpretacji (Geschwind: TPO) wypowiedzi.

Termin „droga” odnosi się do trzech ról, które odgrywają komunikujące się z sobą ośrodki, a mianowicie operacji słuchania i mówienia oraz powtarzania i nazywania. Droga słuchowa, silniejsza i utrwalona na wczesnym etapie przyswajania mowy, wiedzie od narządu słuchu (na wejściu) do ośrodka czuciowego (droga słuchowa pierwsza), a następnie od ośrodka czuciowego do ośrodka pojęciowego (droga słuchowa druga). Droga mowna z kolei, słabsza i aktywowana w późnej fazie rozwoju języka, wiedzie od ośrodka pojęciowego do ośrodka ruchowego (droga mowna druga) i, dalej, od ośrodka ruchowego do narządu mowy (na wyjściu) (droga mowna pierwsza). Droga mowno-słuchowa *vel* słuchowo-mowna przebiega przez tzw. pęczek łukowaty, łącząc z sobą ośrodki mowy/słuchu – ruchowy i czuciowy.

Model WL/WG wyjaśnia i przewiduje fakt, że uszkodzenie poszczególnych ośrodków i/lub dróg prowadzi do określonych zaburzeń mowy – afazji. Twórcy modelu wyodrębniają trzy rodzaje afazji ruchowych i czuciowych: korową, podkorową i międzykorową, w zależności od tego, jaki ośrodek lub jaka droga zostały dotknięte chorobą. Afazję korową powoduje uszkodzenie ośrodka ruchowego/czuciowego, afazję podkorową wywołuje przerwanie drogi ruchowej/czuciowej, natomiast afazję międzykorową pociąga za sobą naruszenie więzi pomiędzy ośrodkiem ruchowym i czuciowym.

Model WL/WG jest wciąż obecny zarówno w teorii, jak i w praktyce. Powoli jednak ustępuje miejsca nowszym propozycjom, uzupełniającym bądź wręcz podważającym związane z nim przewidywania.

### Model FSM<sup>5</sup>

Model systemów funkcjonalnych, opowiadając się po stronie podejść antylokalizacyjnych, problematyzuje kwestię złożoności i wielopoziomowości operacji mowy/słuchu, mianowicie akcentuje swoiste pierwszeństwo funkcji biologicznych i kulturowych nad strukturą mózgu. Mówienie/słuchanie – jako funkcje psychiczne – są czynnościami złożonymi, które wyróżnia organizacja hierarchiczna (systemowa) i dynamiczna (plastyczna). Obwody języka przyjmują postaci łańcucha mowy, którego wymienne części (przestrzennie odległe, lecz funkcjonalnie bliskie ośrodki oraz ich łącza) realizują stałe cele. Czynność mówienia i czynność słuchania obejmują sześć ogniw w układzie nerwowym, które posiadają wyrazistą lokalizację i pełnią określone funkcje. W kilku słowach, po kolei, je omawiam: mowa wewnętrzna (w okolicy przedczołowej, tj. do przodu od okolicy Broki) programuje rozwinięte wypowiedzi; gnozja somestetyczna (w wieczku ciemieniowym, do tyłu od okolicy Broki) umożliwia czucie ułożenia części aparatu artykulacyjnego; synteza sekwencyjna (w okolicy Broki) organizuje ruchy aparatu mownego; słuch fonematyczny (w okolicy Wernickego) różnicuje cechy diakrytyczne dźwięków mowy; pamięć słuchowa (część tylna płata skroniowego, w dół od okolicy Wernickego) przechowuje w pamięci słyszane słowa; synteza symultatywna (na pograniczu trzech płatów: skroniowego, ciemieniowego i potylicznego, w górę od okolicy Wernickego) analizuje pod względem treści napływające informacje. Założenia teorii systemów funkcjonalnych aprobuje model gradientu korowego. W świetle ustaleń tej teorii, część tylna kory przedczołowej kontroluje zachowania werbalne, a wieczko czołowe reprezentuje struktury gramatyczne, część dolna przedczołowej kory kontroluje organizację mowy, zaś część dolna kory ruchowej steruje ruchami artykulacji.

W kolejnych podrozdziałach prezentuję modele współczesne, oparte nie tylko na wynikach obserwacji klinicznych, ale też – czy może przede wszystkim – na rezultatach eksperymentów przeprowadzanych z wykorzystaniem technik neuroobrazujących.

### Model MUC<sup>6</sup>

Model MUC (ang. *memory, unification, control*) przedstawia proces przetwarzania mowy, którego kolejne poziomy i etapy zostały w tym ujęciu zgrupowane w trzech blokach: pamięciowym, unifikacyjnym i kontrolnym. Te trzy ogólniejsze komponenty (pamięć, unifikacja, kontrola) posiadają własną lokalizację i pełnią

<sup>5</sup> A.R. ŁURIA: *Podstawy neuropsychologii i neurolingwistyki*. Warszawa, PWN 1976.

<sup>6</sup> P. HAGOORT: *On Broca, brain, and binding: a new framework*. "Trends in Cognitive Sciences" 2005, No. 9, p. 416–423.



odrębne funkcje. Po pierwsze, procesy pamięciowe, rozlokowane w płacie skroniowym (w części tylnej), pełnią funkcję kumulacyjną, konkretniej: identyfikują jednostki słownika umysłowego i kierują procesami dostępu leksykalnego, co sugeruje, że umożliwiają zapamiętywanie i odpamiętywanie jednostek. Po drugie, procesy unifikacyjne, umiejscowione w płacie czołowym (w części tylnej), odgrywają rolę integracyjną: umożliwiają inkorporację napływających jednostek do selekcyjnych je kontekstów. Co istotne, procesy unifikacyjne zachodzą na trzech poziomach: fonologicznym, gramatycznym i semantycznym (warto porównać z budową zdań pod względem kompatybilności cech – intonacyjnych, akomodacyjnych i selekcyjnych). Podstawą modelu MUC jest założenie o jednoczesnej korelacji odpowiednich podprocesów i podstruktur, np.: procesy fonologiczne przebiegają w części górnej (BA 44/6), procesy gramatyczne – w części środkowej (BA 45/44), a procesy semantyczne – w części dolnej (BA 47/45) płata czołowego, a dokładniej: jego części tylnej (IFG). Po trzecie, procesy kontrolne, umieszczone w płacie czołowym (w części przedniej), pełnią funkcje regulacyjne: sterują transferem ról nadawczo-odbiorczych w dyskursie (monologu i dialogu), m.in. organizują ekspresję intencji komunikacyjnej pod kontrolą uwagi i sterują kolejnością operacji w złożonych sekwencjach. Co interesujące, procesy kontrolne aktywują się najczęściej wówczas, gdy do głosu dochodzą interferencje pragmatyczne z kontekstem lub akomodacje stylistyczne do sytuacji aktu mowy. Struktury szczególnie aktywne dyskursywnie obejmują m.in. zakręt czołowy środkowy (część grzbietowo-boczna: BA 9/46) oraz zakręt obręczy (część przednia: BA 24/32).

### Model MAS<sup>7</sup>

Model MAS (ang. *memorizing, analyzing, synthesizing*) podsumowuje i uogólnia rezultaty badań neurolingwistycznych; ściślej: prezentuje proces przetwarzania języka na poziomach: fonologicznym, gramatycznym i semantycznym, włączając wiele cząstkowych podprocesów w granice trzech najogólniejszych, w przekonaniu twórców modelu, operacji; por. pamiętanie, a także analizowanie i syntetyzowanie. Po pierwsze, operacje pamięciowe, umiejscowione w płacie skroniowym, pełnią funkcję identyfikacyjną dla magazynowanych – zapamiętywanych i odpamiętywanych – jednostek: fonologicznych, gramatycznych i semantycznych. Po drugie, operacje analityczne, przebiegające w płacie ciemieniowym, odgrywają rolę transformacyjną, tj. przekształcają jednostki sensoryczne w motoryczne, jak również motoryczne w sensoryczne. Po trzecie wreszcie, operacje syntetyczne, uruchamiane w płacie czołowym, pełnią funkcje kombinacyjne, tj. integrują jednostki kolejnych trzech poziomów w złożone konstrukcje. Co istotne, kierunek przetwarzania

<sup>7</sup> D.B. SHALOM, D. POEPPPEL: *Functional Anatomic Models of Language: Assembling the Pieces*. "Neuroscientist" 2008, No. 14, p. 119–127.

informacji językowej w mózgu wytycza wzorzec anatomiczny, zgodnie z którym procesy fonologiczne odbywają się w części górnej, procesy gramatyczne – w części środkowej, a procesy semantyczne – w części dolnej każdego z trzech zaangażowanych w przetwarzanie języka płatów (odpowiednio): skroniowego, ciemieniowego i czołowego.

### Model DSM<sup>8</sup>

Model DSM (ang. *Dual Stream Model*) jest próbą wyjaśnienia funkcjonalnej (werbalnej) i strukturalnej (korowej) organizacji mowy, odbieranej słuchowo i nadawanej głosowo. Model opiera się na założeniu o analogii między przetwarzaniem optycznym i akustycznym. Procesy optyczne biegną dwoma strumieniami, brzuszny i grzbietowy, przy czym droga brzuszna obsługuje system konceptualny, odpowiadający za identyfikację obiektów, a droga grzbietowa wspomaga system motoryczny, generujący akcje, jakie przeprowadza się na zidentyfikowanym obiekcie. Procesy akustyczne, tak jak optyczne, przebiegają – w osądzie autorów modelu DSM – drogą brzuszną i grzbietową (w dodatku dwukierunkowo i równolegle); por. systemy: konceptualno-semantyczny (brzuszny) oraz motoryczno-artykulacyjny (grzbietowy). Wątek ten stanowi nić przewodnią (i zarazem oś) modelu DSM.

Zgodnie z modelem DSM można wyróżnić dwa etapy przetwarzania mowy, centralny i peryferyjny, przy czym etap centralny (środkowy) stanowi oś, wokół której organizują się części etapu peryferyjnego, a mianowicie strumień brzuszny (dolny) i grzbietowy (górny). Etap centralny zakłada system akustyczny (bilateralny), identyfikujący percepcje słuchowe, a konkretniej: mapujący dźwięki na jednostki mowy – fonemy i sylaby. System akustyczny funkcjonuje w dwóch blokach, zob. analiza spektrotymoralna (dSTG) i sieć fonologiczna (mpSTS), która odpowiada za procesy dystynktywne (w półkuli lewej) i prozodyczne (w półkuli prawej). Etap peryferyjny przebiega dwiema drogami – strumieniem brzuszny i grzbietowy. Droga brzuszna obsługuje system konceptualny, odwzorowujący percepcję na konceptualizację, tj. mapujący dźwięki na treści. System konceptualny (o słabej lewostronnej lateralizacji) obejmuje dwa główne bloki – łącznik leksykalny (pMTG/pITS) i sieć kombinatoryczną (aMTG/aITS). Droga grzbietowa wspomaga system artykulacyjny, transformujący percepcję na artykulację – mapujący dźwięki odbierane na nadawane. System artykulacyjny (o silnej lewostronnej lateralizacji) organizuje się wokół dwóch składników, tj. łącznika sensoryczno-motorycznego (SPT) i sieci artykulacyjnej (pIFG, dPM, aINS). Droga brzuszna i grzbietowa łączą się z sobą w dwóch obszarach, zob. łącznik leksykalny i sieć artykulacyjna, dzięki

---

<sup>8</sup> G. HICKOK, D. POEPPPEL: *The cortical organization of speech perception*. "Nature Reviews Neuroscience" 2007, No. 8, p. 393–402.

temu, że pozostają – za pośrednictwem sieci czołowych wyższego rzędu – w silnym związku z siecią pojęciową.

### Model TPM<sup>9</sup>

W modelu TPM (ang. *Three Phasis Model*), w jego oryginalnej wersji, zostały wyróżnione trzy fazy przetwarzania syntaktyczno-semantycznego języka: ELAN/LAN, N400 i P600. Te trzy efekty ERPs (potencjały wywołane) stanowią część większej całości – syntetycznej teorii rozumienia języka mówionego, w ramach której odbywa się analiza: najpierw akustyczno-fonologiczna (N100 i CPS), a potem syntaktyczno-semantyczna (ELAN, LAN, N400 i P600), aż do chwili osiągnięcia pełnej interpretacji wypowiedzi (w czasie około 1000 ms). W kolejnych ustępach przybliżyłam model TPM, omawiając w najogólniejszych zarysach językowe sieci i drogi, efekty i cechy.

### Sieci i drogi

Zgodnie z modelem TPM istnieją wyspecjalizowane w przetwarzaniu języka neuronalne sieci i drogi. Zarówno sieci, pełniące określone funkcje, jak i obsługujące je drogi odwołują się do wielu zaangażowanych w procesy językowe struktur korykalnych, m.in. okolic, np. FOP, INS, PAC, PM, PP, PT, SPT, i ośrodków, np. BA 22/42, BA 44(dv)/45(ap), a także bruzd, np. IFS, ITS, STS, i zakrętów, np. AG, HG, IFG, ITG, MTG, STG. W podrozdziale przybliżyłam sieci i drogi aktywne w trakcie zachodzących w ludzkim mózgu procesów językowych.

Sieci językowe kojarzą z sobą wspólne – częściowo wzajemnie się nakładające – obwody neuronalne, z których każdy odgrywa w toku przetwarzania językowego sobie tylko właściwą (krytyczną) rolę. Poszczególne podsieci można wyodrębnić, uwzględniając – w charakterze poręcznego kryterium – poziom/etap, w ramach którego się aktywują, zob. sieć fonologiczna niższa (HG + PAC + PP: aSTG/aSTS + PT: pSTG/pSTS) i wyższa (PM); sieć gramatyczna niższa (aSTG/aSTS + FOP) i wyższa (pSTG/pSTS + pIFG (BA 44) + BG); sieć semantyczna niższa (mpSTG/MTG/ITG + AG) i wyższa (aIFG: BA 45/47). Od niedawna dyskutuje się nad istnieniem dróg w tzw. ukrytej (domyślnej) sieci językowej, mianowicie w regionie kory perysylwiańskiej, w wieczkach: czołowym, skroniowym i ciemieniowym, na styku trzech płatów. Miejsce, o którym mowa, stanowi łącznik między okolicą IFG i STG, jak również, co znaczące, aktywuje się tylko w eksperymentach językowych. Sieci językowe spajają od wewnątrz wyspecjalizowane pod tym względem drogi nerwowe.

<sup>9</sup> Dalej na podstawie: A.D. FRIEDERICI: *The brain basis of language processing: From structure to function*. "Physiological Reviews" 2011, Vol. 91 (4), p. 1357–1392.

Drogi językowe mają zasięg długi lub krótki. Drogi długiego zasięgu obsługują przeważnie sieci skroniowo-czołowe. Najczęściej wyodrębnia się (po dwie) drogi brzuszne i grzbietowe, por. VP1 i VP2 oraz DP1 i DP2. Drogi brzuszne, usytuowane na poziomie niższym niż drogi grzbietowe, projektują cechy percepcyjne (dźwiękowe) na konceptualne (treściowe) – wiążąc elementy lokalne-sąsiadujące (w zdaniach prostych), organizują wczesne etapy przetwarzania, tj. etap syntaktyczny, VP2 (*via* UF): aSTG ↔ FOP, oraz etap semantyczny, VP1 (*via* ECFS): aSTG ↔ BA 45/47. Drogi grzbietowe, umiejscowione z kolei na poziomie wyższym niż brzuszne, mapują cechy percepcyjne (dźwiękowe) na artykulacyjne (dźwiękowe): kojarząc z sobą elementy nielokalne-niesąsiadujące (w zdaniach złożonych), konstruują późniejsze etapy przetwarzania, tj. etap fonologiczno-leksykalny, DP1 (*via* AF/SLF): pSTG ↔ PM (+ AG/SG), oraz etap syntaktyczno-semantyczny, DP2 (*via* AF/SLF): pSTG ↔ BA 44 (+ AG/SG). Poza tym DP1, zaangażowana w procesy wcześniejsze (oddolne), rozwija się w ontogenezie nieco wcześniej niż DP2, wspomagająca procesy późniejsze (odgórne). Jak wspomniałem, drogi językowe mogą mieć zasięg nie tylko długi, ale też krótki, por. ścieżka dziobowa: HG (PAC) ↔ PP (aSTG/aSTS) oraz ogonowa: HG (PAC) ↔ PT (pSTG/pSTS).

## Efekty

Model TPM jest oparty na technikach badawczych, które umożliwiają modulację spontanicznej aktywności bioelektrycznej mózgu. Metoda potencjałów wywołanych (ERP), stanowiąca bazę metodologiczną modelu TPM, umożliwiła pomiar sprzężeń, jakie zachodzą między bodźcami lingwalnymi i reakcjami cerebralnymi. Czym są owe bodźce i reakcje, które rejestruje badacz, jako podstawy empiryczne modelu? Bodziec lingwalny to eksperyment, jaki przeprowadza się na tekście, aby móc wejrzeć w tkwiący u jego źródeł system. Eksperyment lingwistyczny powinien umożliwiać dotarcie do informacji syntaktyczno-semantycznych, jakie projektuje na tekst mózg. Detekcję informacji syntaktycznej i semantycznej gwarantują techniki polegające na regulacji złożoności syntaktycznej i semantycznej (mierzonych liczbą węzłów i lektur), na komparacji list syntaktycznych i semantycznych (zdań i nie-zdań, słów i nie-słów), wreszcie na konstrukcji zdań i form dewiacyjnych. Reakcja cerebralna to z kolei wzrost amplitudy fali: załamek elektrododatni lub elektroujemny, jako odpowiedź mózgu na specyfikę obliczanego aktualnie zadania językowego. O ile mi wiadomo – jak dotąd – udało się badaczom względnie poprawnie zidentyfikować około dziesięciu efektów mózgowych. Co ciekawe, każdy efekt ERPs koreluje z zadaniem, jakiemu na aktualnym etapie/poziomie przetwarzania bodźca językowego musi podołać ludzki mózg. Problem, przed jakim staje mózg, wykazuje związek z jednostkami/procesami odpowiednimi dla poziomów/etapów, na których przebiega „obliczanie” możliwych rozwiązań, np. ramowe zestawienie cerebralnych efektów i lingwalnych cech (zostały dokładniej przedstawione w kolejnych partiach pracy): 1) efekt N100: cechy dystynktywne; 2) efekt ELAN:

cechy kategoriale; 3) efekt N200: cechy leksykalne; 4) efekt P200: cechy prognostyczne; 5) efekt P300: cechy kontekstowe; 6) efekt LAN: cechy akomodacyjne; 7) efekt N400: cechy selekcyjne; 8) efekt LAN: cechy tematyczne; 9) efekt P600: cechy syntaktyczno-semantyczne; 10) efekt CPS: cechy prozodyczne.

## Tło modelu TPM

W modelu TPM przewidziano, w jego oryginalnej wersji, trzy fazy przetwarzania syntaktyczno-semantycznego zdań: ELAN/LAN, N400, P600. Gwoli kompletności obrazu funkcjonowania mózgu w procesie rozumienia mowy uzupełniłem tę propozycję o krótką charakterystykę kilku dodatkowych, co więcej, ściśle z nią kompatybilnych efektów (potencjałów wywołanych), np. N100 i N200.

Efekt N100 staje się mierzalny w czasie 100 ms, w sieci HG (PAC) + PP (aSTG/aSTS) + PT (pSTG/pSTS) + PM, którą obsługują dwie drogi krótkiego zasięgu, dziobowa: HG (PAC) ↔ PP (aSTG/aSTS) i ogonowa: HG (PAC) ↔ PT (pSTG/pSTS), tudzież jedna droga długiego zasięgu: DPI (*via* AF/SLF): pSTG ↔ PM. Relacje między nimi układają się w taki sposób, że o ile droga ogonowa kontroluje procesy wcześniejsze, dzięki którym mózg identyfikuje proste cechy głosek (reagując na mowę zarówno zrozumiałą, jak i niezrozumiałą), o tyle droga dziobowa monitoruje procesy późniejsze, dzięki którym mózg analizuje złożone cechy głosek (reagując wyłącznie na mowę zrozumiałą). Eksperyment, który stwarza możliwość zajrzenia do wnętrza procesów akustyczno-fonetycznych, opiera się na manipulacji ciągłym sygnałem akustycznym, w funkcji bodźca, i jednoczesnej obserwacji dyskretnych (określonych co do miejsca i czasu) odpowiedzi mózgu, w roli reakcji; w ten sposób można „podglądać” pracę mózgu w zakresie identyfikacji sygnału akustycznego jako mowy/nie-mowy, zrozumiałej/niezrozumiałej.

Sieci przetwarzające dźwięki mowy znajdują się zarówno w półkuli lewej, jak i w prawej. Podsieć zlokalizowana w półkuli lewej, pracującej w częstotliwości gamma i rozdzielczości 20–50 ms, przeprowadza analizę segmentalną, co oznacza, że interpretuje głoski w kategoriach binarnych cech dystynktywnych (spółgłoskowa, sylabiczna, sonorna itd.). Podsieć ulokowana w półkuli prawej, pracującej w częstotliwości theta i rozdzielczości 150–300 ms, wspomaga analizę suprasegmentalną, z czego wynika, że interpretuje głoski w kategoriach niebinarnych cech prozodycznych (wysoka, głośna, długa itp.). Potencjały wywołane, jakie dotąd udało się ustalić dla obu podsieci (dla każdej z osobna), obejmują efekt N100 (LH) i CPS (RH).

Przetwarzanie dźwięków mowy ludzkiej odbywa się w dwóch etapach: najpierw przebiega analiza spektralna, w ramach której sygnał akustyczny (na wejściu) zostaje przekształcony w reprezentację akustyczną (na wyjściu); w drugiej kolejności aktywuje się sieć fonologiczna, w której zasięgu toczy się proces transformacji reprezentacji akustycznej (na wejściu) w fonologiczną (na wyjściu) – za pomocą wyuczonych, odrębnych dla różnych języków, dyskretnych wzorców (swoistych bramek). Dopiero następnie, na etapie N200, aktywują się powoli procesy leksykalne.

Efekt N200 ujawnia się w czasie 200 ms, w sieci mpTC (mpMTG, mpITG). Efekt N200, a także sąsiadujący z nim (na osi czasu) załamek P200 i P300, współwystępują ze zjawiskami leksykalnymi, w szczególności zaś korelują z procesami dostępu leksykalnego, dzięki którym mózg projektuje „dźwięk na treść”, mianowicie do sygnału akustycznego (dowolnego języka) i formatu fonologicznego (konkretnego języka) dobiera przewidziane dla niego (w leksykonie mentalnym) porcje informacji gramatycznych i semantycznych. Proces dostępu leksykalnego, a więc analiza fonologiczno-leksykalna, przebiega dwoma torami, centralnym i peryferyjnym. Różnica między trybem centralnym i peryferyjnym sprowadza się do ich komplementarnych funkcji – interpretacyjnych (dla ścieżki centralnej) i weryfikacyjnych (dla ścieżki peryferyjnej). Neuroprogram centralny i peryferyjny pracują równolegle, przy czym o ile neuroprogram centralny przeprowadza analizę, o tyle neuroprogram peryferyjny dokonuje syntezy sygnału mowy, dzięki czemu mózg generuje decyzję o identyfikacji słowa. W gruncie rzeczy, zanim zapadnie decyzja leksykalna, bodziec językowy pokonuje wieloetapową drogę. Otóż przetwarzanie (centralne i peryferyjne) biegnie dwoma strumieniami, segmentalnym (na poziomie głoski) oraz prozodycznym (na poziomie sylaby). Wyniki analiz trafiają w obydwu sytuacjach do matryc – swoistych dla każdego języka – cech dystynktywnych, które stanowią podstawę centralnej analizy oraz peryferyjnej syntezy, dzięki czemu realizuje się wstępna identyfikacja form słów, mianowicie mózg formułuje, w obu sytuacjach, hipotezy leksykalne, następnie inicjuje (centralnie) wyszukiwanie leksykalne i generuje (peryferyjnie) „kandydatury” leksykalne, aby na koniec porównać je i wyszukać najlepszego „kandydata”. Co istotne – i godne odnotowania – neuroprogram centralny i peryferyjny, projektując „dźwięk na treść” i „dźwięk na motor”, uruchamiają procedurę analizy przez syntezę, która umożliwia nie tylko elastyczne przetwarzanie, ale również efektywne obliczanie w sytuacji, gdy sygnał mowy jest zakłócony (zaszumiony).

Efekt N200 poprzedza reakcję P200 i P300, które korelują z prognozami restrykcji (P200), jakie rozpoznane słowo (P300) narzuca napływającemu materiałowi językowemu w funkcji swojego bezpośredniego kontekstu, a także z realizacją, zwłaszcza nieoczekiwaną, tych przewidywań, a ściślej – z aktualizacją kontekstu przy zidentyfikowanym słowie.

Eksperymenty, dzięki którym badacze mogą „podglądać” procesy leksykalne, opierają się na procedurach, w myśl których badający pyta się badanego o formę lub treść słowa, zaczynając przy tym od prezentacji – w postaci werbalnej – treści (definiens) bądź formy (definiendum) słowa. Co więcej, jeśli badający pragnie zgłębić problem dostępu do słów, może przedstawić badanemu listę słów i nie-słów (np. „psbtu”, „kawa”, „kawwa”, „galop”, „galomp”, „hmrft”, „stól”, „mijśce”, „motor”, „tasp”, „koref”, „redaktor”), jak również przykłady zawierające skontrastowane z sobą słowa treściowe i funkcyjne (typu „bee” – pszczoła i „be” – być), np. „Piotr stoi na krześle” vs „Piotr ma nadzieję na lato”.



## Fazy modelu TPM

Model ten, w zamyśle jego autorki, powinien wyjaśniać przeszłą i przewidywać przyszłą aktywność bioelektryczną mózgu, która ujawnia się w sytuacji, gdy mózg przetwarza (oblicza) określonego typu zjawiska językowe. Model opiera się na regularnych (i obserwowalnych) korelacjach: skrupulatnie śledzi i wychwytuje reakcje generowane przez mózg w odpowiedzi na zadania, jakie piętrzy przed nim codzienna komunikacja, która dokonuje się za pomocą – zdawałoby się, prozaicznych – narzędzi językowych i czynności mownych. Model TPM, przypomnę, symuluje proces syntaktyczno-semantycznej interpretacji zdań, akcentując trzy efekty (potencjały wywołane): ELAN/LAN, N400 i P600.

Efekt ELAN odnotowuje się w czasie 120–200 ms, w sieci aSTG + FOP, którą obsługuje droga VP2 (*via* UF): aSTG ↔ FOP. Efekt ELAN wiąże się z przetwarzaniem gramatycznym. Relacje syntaktyczne między sąsiadującymi z sobą elementami mózgu przetwarza w dwóch etapach: w pierwszym (powyżej 120 ms) identyfikuje klasę gramatyczną napływających słów w poszukiwaniu słowa pełniącego funkcję podstawy frazy (dzięki percepcji tych części słów, które pozwalają podjąć decyzję co do ich kwalifikacji jako określonych części mowy), z kolei w drugim (poniżej 200 ms) buduje strukturę lokalnej frazy, uwzględniając informacje na temat klasy gramatycznej podstawy frazy oraz przechowywany w pamięci szablon (schemat) frazy. Wzrost amplitudy, ze szczytem w czasie 120–200 ms, zostaje wywołany bodźcem językowym, który adekwatnie ilustrują eksperymentalne przykłady: „Pizza została w restauracji zjedzona” (*vs* \*, „Pizza została w zjedzona”) oraz „w tym pokoju” (*vs* \*, „tym w pokoju”).

Efekt LAN rejestruje się w czasie 300–500 ms, w sieci pSTG + pIFG (BA 44), którą łączy w całość droga DP2 (*via* AF/SLF): pSTG ↔ pIFG (BA 44). Efekt LAN ujawnia się podczas obliczania relacji gramatycznych (morfotaktycznych i syntaktycznych) pomiędzy składnikami w zdaniach. Mózg przetwarza własności morfosyntaktyczne zdań w dwóch etapach; najpierw weryfikuje zgodność cech akomodacyjnych (wartości kategorii morfologicznych podmiotu i dopełnienia z orzeczeniem), a następnie kontroluje zgodność cech tematycznych (wartości ról semantycznych agenta i pacjenta przy predykcji). Najprawdopodobniej etap morfotaktyczny dokonuje się w czasie 300–400 ms, a etap syntaktyczny – w czasie 400–500 ms. Co ciekawe, w chwili gdy mózg nie będzie w stanie identyfikować sygnałów morfo- i/lub syntaktycznych (w zależności od języka), żeby ustalić relacje tematyczne kluczowe dla przyszłej interpretacji, zarzuci przetwarzanie oparte na regułach gramatycznych i uruchomi strategię kognitywną. Co łatwe do przewidzenia, efekt LAN dochodzi do głosu podczas analizy przykładów w rodzaju: „Nie czytam książki” (*vs* \*, „Nie czytam książkę”) i „Prosiątko goni cielątko” (*vs* \*, „Drzewo uderzyło mężczyźnę”).

Efekt N400 pozwala się oznaczyć w czasie 400 ms, w sieci mpTC (mpSTG, mpMTG) + AG + aIFG (BA 45/47), którą wyznacza droga VP1 (*via* ECFS): aSTG ↔ aIFG (BA 45/47). Wzrost amplitudy fali N400 następuje w trakcie przetwarzania

zdań (poprawnych i błędnych), w sytuacji kiedy mózg podejmuje próbę integracji składników pod kątem ich semantycznych atrybutów. Procesy semantyczne przebiegają w dwóch etapach; najpierw mózg oblicza liczbę, a następnie – jakość argumentów predykatu; ściślej mówiąc, mózg, dołączając argumenty do predykatów, kieruje się ich cechami, najpierw – subkategoryzacyjnymi, następnie – selekcyjnymi. Zjawiska charakterystyczne dla tego etapu przetwarzania zdań ilustruje kilka eksperymentalnych przykładów: „Janek je” (*vs* \*,„Janek spożywa”), „Ona płacze” (*vs* \*,„Ona dała”); „Wynająć ochroniarza/dziecko” (*vs* \*,„Wynająć kurę/drut”), „Ona pije wino” (*vs* \*,„Ona pije krzesło”).

Efekt P600 można określić w czasie 600 ms, w sieci pSTG + pIFG (BA 44), którą wiąże w jedność droga DP2 (*via* AF/SLF): pSTG ↔ pIFG (BA 44). Nie wszyscy badacze przystają jednakże na tę interpretację, argumentując, że efekt P600 wywołują procesy wyższego rzędu – syntaktyczne i semantyczne, z kolei strukturami, jakie reagują na zdania poprawne formalnie i znaczeniowo, są składniki podsieci czołowo-skroniowej – aIFG i pSTG. Najprawdopodobniej, podczas tej obustronnej współpracy przebiega ostatni etap przetwarzania zdań, polegający na tym, że mózg oblicza relacje (pod kątem formy i treści) pomiędzy elementami, które z sobą nie sąsiadują. Najpierw mózg integruje informacje syntaktyczno-semantyczne, projektując je (na siebie) w celu osiągnięcia satysfakcjonującej interpretacji; następnie wykrywa anomalie syntaktyczno-semantyczne, poddając trudne lub błędne wypowiedzi (re)analizie i reparacji. (Po upływie około 1000 ms – w sytuacji gdy integracja wiedzy o języku i wiedzy o świecie, uzyskanych na podstawie analizy-syntezy zdania i kontekstu, się powiedzie – proces interpretacji syntaktyczno-semantycznej wypowiedzenia dobiega końca). Warto na koniec przytoczyć przykłady, których cerebralny rozbiór może prowadzić do pojawienia się fali dodatniej ze szczytem po 600 ms – zdanie z wieloznacznością: „Janek czyta list jest za długi”, zdanie z luką: „Jakie Marysia wzięła z sobą sukienki?” oraz zdanie z błędem: \*,„Czyjej kupiłeś książkę matki?”.

Efekt CPS pozwala się mierzyć przez cały czas trwania przetwarzania zdania, w sieci RH: DL PFC & aTL. Co godne odnotowania, efekt CPS ma naturę prozodyczną; wiąże się jednak nie tyle z prozodią emocjonalną, ile z prozodią językową, mianowicie koreluje ze zjawiskiem klauzuli frazy prozodycznej. Jak wiadomo, modulacja cech akcentuacyjnych, intonacyjnych i iloczynowych, powiązanych z głośnością, wysokością i długością głosek w sylabach, pozwala sygnalizować funkcje kulminacyjne i delimitacyjne, które znajdują bezpośrednie przełożenie na strukturyzację i interpretację zdań, np. „Matka # mówiła siostrze # Basia # nigdy do nas nie wróci” oraz „Ponieważ pracował # w domu # wszyscy chodzili na palcach”. Nadawcy i odbiorcy komunikatów percypują granice fraz dzięki wyraźnym sygnałom prozodycznym, por. sygnały puste (pauzy) i pełne, np. akcent, intonacja i iloczyn. Co ciekawe, mózgi dzieci, które dopiero przyswajają język, nie generują efektu CPS, jeśli nie pojawi się na końcu frazy (w charakterze sygnału delimitacyjnego) wyczuwalna pauza; z kolei mózgi dorosłych, kierujące się bardziej wska-

zówkami syntaktycznymi niż prozodycznymi, ujawniają efekt CPS nawet wówczas, gdy nie percypują pauzy. Jak widać, procesy prozodyczne i syntaktyczne, mimo że przetwarzane przez sieci z dwu różnych półkul, są z sobą skorelowane, m.in. efekt CPS współwystępuje z efektem (E)LAN i N400/P600. Można się o tym przekonać w sytuacji, gdy zderzy się z sobą zdania, w których dopełnienie wiąże się z orzeczeniem ze zdania nadrzędnego i podrzędnego, a następnie zbuduje się na ich podstawie zdanie, w którym można się spodziewać (na podstawie wskazówek syntaktycznych) czasownika przechodniego, chociaż w tekście (o czym informują wskazówki prozodyczne) pojawia się czasownik nieprzechodni; por. zdanie z dopełnieniem w związku z orzeczeniem ze zdania nadrzędnego: „Peter verspricht Anna zu arbeiten”, zdanie z dopełnieniem w związku z orzeczeniem ze zdania podrzędnego: „Peter verspricht # Anna zu helfen”; zdanie zawierające konflikt syntaktyczno-prozodyczny: \*,„Peter verspricht # Anna zu arbeiten”.

### Dyskusja na temat funkcji struktury IFG i STG

Struktury IFG i STG znalazły trwałe miejsce w literaturze neurolingwistycznej jako neuronalne korelaty słynnych obszarów językowych, tj. okolic odkrytych przez Brokę i Wernickego. Jakkolwiek – w świetle aktualnie zgromadzonej wiedzy – rejon te samodzielnie nie odgrywają kluczowej roli w mózgowej obróbce mowy, jako fragmenty większych, językowo wyspecjalizowanych sieci wciąż absorbują uwagę badaczy. W zasadzie nie sposób znaleźć w najnowszej literaturze pozycji, których autorzy nie odwoływaliby się do tych struktur, a zwłaszcza – do pełnionych przez nie, ściśle językowych funkcji. W następnych akapitach przybliżam nieco dyskusje i spory, jakie toczą się wokół lingwistycznych interpretacji obu rejonów (aktywnych również w modelu TPM).

Zakręt czołowy dolny (IFG) parceluje się przeważnie na dwie części, przednią (aIFG: BA 47/45a) oraz tylną (pIFG: BA 44dv/45p). Rozróżnienie to – w moim osądzie bardzo ważne – okaże się kluczowe dla wykładanych w tym ustępie treści.

Badacze od pewnego czasu zadają sobie pytanie: czy IFG jest dla języka i mowy obszarem specyficznym, krytycznym, czy raczej jedynie częścią ogólnego mechanizmu poznawczego? Nie ulega wątpliwości, że IFG obsługuje te aspekty pamięci operacyjnej, które ściśle wiążą się z przetwarzaniem napływającego materiału percepcyjnego pod względem sekwencyjnym i strukturalnym. Spór, jaki się obecnie toczy, dotyczy więc w gruncie rzeczy tego, czy procesy pamięciowe, które IFG reguluje, mają naturę ogólnopoznawczą czy szczegółowo-językową, w szczególności – fonologiczną oraz werbalną i syntaktyczną. Co ciekawe, eksperymentalnie wykazano, że istnieje istotny i silny związek między strukturą IFG oraz przyswajaniem języka i procesami pamięciowymi. Eksperyment, jaki przeprowadzono, polegał na tym, że badający uczyli badanych sztucznego języka – skonstruowanego na podstawie formalnych reguł. Podczas eksperymentu, w trakcie przyswajania sztucznego języka, rejestrowano w mózgach badanych neuronalną aktywację: w pierw w hipo-

kampie, potem w zakręcie czołowym dolnym, w części przedniej i tylnej (BA 45). Co najważniejsze, aktywacja w hipokampie na początku rosła, a na końcu malała, by ostatecznie ogarnąć obszar IFG. Jak wytłumaczyć obserwowane zjawisko? Otóż można zaproponować wyjaśnienie, zgodne z którym nowo przyswajane reguły trafiały do płata skroniowego, a gdy – dobrze utrwalone – zautomatyzowały się, zostały przeniesione do pamięci proceduralnej i znalazły się w płacie czołowym. W ten sposób, przedstawiając rzecz skrótowo, układają się relacje między procesami językowymi i pamięciowymi: pierwsze stanowią część drugich. Istnieje argument na rzecz tezy, która głosi, że stanowisko ogólne (poznawcze) i szczegółowe (językowe) można pogodzić; mianowicie, o czym wiadomo, jedna struktura może pełnić (i najczęściej właśnie pełni) wiele różnych funkcji, innymi słowy: jedna podsieć może wejść w obręb wielu sieci – jako ich część – specjalizujących się w realizacji rozmaitych i, co istotne, odrębnych funkcji.

IFG odgrywa wiele różnych ról. W zakresie przetwarzania języka powszechnie przyjmuje się, że IFG bierze udział w procesach unifikacyjnych; mianowicie integruje składniki zdań, uwzględniając w toku operacji komputacyjnych ich cechy fonologiczne, gramatyczne i semantyczne, ściślej: artykulacyjne, akomodacyjne i selekcyjne, w czym – co interesujące – specjalizują się określone odcinki IFG, odpowiednio: BA 6/44, BA 44/45 i BA 45/47. Przede wszystkim jednak IFG przyporządkowuje sobie wzajemnie reprezentacje form (dla treści) i treści (dla form) zdań. W związku z tym przednie i tylne partie IFG wchodzi w skład bardziej rozległych sieci, np. procesy syntaktyczne monitoruje podsieć BA 9, 46, 44 (w regionie PFC grzbietowo-ogonowym), z kolei procesy semantyczne kontroluje podsieć BA 11, 47, 45 (w regionie PFC brzuszno-dziobowym). Podział zadań pomiędzy oboma strukturami rysuje się następująco: przyłączając jednostki napływające (nowe) do przyrastających (starych), podsieć syntaktyczna uwzględnia – w toku unifikacji – ich cechy sekwencyjno-strukturalne, natomiast sieć semantyczna – informacyjno-kontekstowe.

Zakręt czołowy dolny (IFG), a zwłaszcza jego część tylna (pIFG: BA 44dv/45p), aktywuje się szczególnie wtedy, gdy przetwarzany materiał językowy odznacza się co najmniej jednym z dwóch parametrów: odległością składników i/lub złożonością operacji. Warto, pragnąc tę – kluczową dla IFG – kwestię rozwiązać, przeprowadzić (heurystyczną) parcelację tego regionu; mianowicie proponuję przyjąć dla obszaru pIFG orientację pionową i poziomą, z biegunami wysuniętymi w górę (IFS) i stronę prawą (PRCS). Ta topografia koreluje, jak wynika z obserwacji, zarówno z dystansem, jak i z komplikacją. Okazuje się bowiem, że aktywację obszaru pIFG (w stronę IFS) wywołuje przetwarzanie składników, które – jakkolwiek pozostają z sobą w związku – zajmują względem siebie pozycje odległe; por. zdanie: „Achim wysokiego mężczyznę wczoraj późnym wieczorem widział”. Co interesujące, aktywację obszaru pIFG (w stronę PRCS) determinuje przetwarzanie składników: nie tyle od siebie jednak odległych, ile względem siebie (ściślej: w stosunku do szyku kanonicznego dla danego języka) przesuniętych (vIFG), rozdzielonych

(dvIFG) i zagnieżdżonych (dIFG); por. przykłady ilustrujące: dyslokację składników, np. „Mężczyznę przywitał chłopiec” (vs „Chłopiec przywitał mężczyznę”), separację składników, np. „Dzisiaj był chłopcu lizak dziadek dał” (vs „Dzisiaj był dziadek chłopcu lizak dał”), i rekurencję składników, np. „Maria, którą Hans, który był przystojny, kochał, Johanna pocałowała” (vs „Piotr wiedział, że...”). Aktywnością struktury pIFG (w zakresie przetwarzania odległości i złożoności), o czym należy tu wspomnieć, steruje pewna istotna zależność: im większa odległość między składnikami i im większa złożoność przeprowadzanych operacji (w parserze), tym silniejsza potrzeba mocy obliczeniowych (od procesora). Co ciekawe, siła tej korelacji zmienia się w pewnej zależności od stopnia opanowania języka. Skąd to wiadomo? Otóż przeprowadzono eksperyment, który polegał na tym, że badacz, prezentujący badanym zdanie, systematycznie degradował wejście akustyczne, co – jak się okazało – skutkowało m.in. tym, że mózg, proporcjonalnie do zakresu degradacji, angażował do rozwiązywania problemów językowych struktury o coraz większej mocy, zob. FOP < IFG < IFS. (Zjawiska, które przedstawiam, egzemplifikują też zdania: „Pies/kość porwał kość/pies”, „Chłopiec został przez dziewczynkę popchnięty”, „Szczer, którego kot, którego pies goił, ugryzł, zjadł cały ser”).

Mechanizm przetwarzania języka/mowy bada się zarówno wtedy, gdy pracuje poprawnie, jak i wówczas, kiedy funkcjonuje błędnie. Zaburzenia w zakresie syntezy/analizy mowy mogą mieć różne podłoże. Szczególnie ciekawie, ze względu na podejmowane w tej pracy kwestie, rysuje się dysfunkcja w dziedzinie przetwarzania języka pod kątem jego budowy, mianowicie agramatyzm. Studia nad agramatyzmem mogą przynosić wiele cennych informacji na temat procesów mówienia i słuchania, w tym pod kątem obróbki morfoskładniowej struktury zdań; zwłaszcza że agramatyzm kwalifikuje się jako zakłócenie działania modułu języka, ściślej rzecz ujmując – parsera gramatycznego, jego wyspecjalizowanego podzespołu. Dysfunkcje, które dewastują procesy gramatyczne, mogą mieć źródło w nieprawidłowościach natury słownikowej: mam na myśli „niewrażliwość” chorych na jednostki funkcyjne, tj. leksemy i morfemy o funkcji prymarnie gramatycznej, co często prowadzi do akceptacji interpretacji leksykalnych, powstających na podstawie wskazówek semantycznych i pragmatycznych, a nie – poprawnych – syntaktycznych, zbudowanych zgodnie ze wskazówkami gramatycznymi. Otóż jeżeli parser gramatyczny (IFG) – z powodu niewystarczających mocy, ograniczonych poprzez dotkliwą chorobę lub wysoki stopień trudności zadania, por. wieloznaczności w rodzaju „Cielątko goni prosiątko” – nie jest w stanie podołać problemowi językowemu, jego funkcję przejmuje silniejszy procesor centralny (IFS), np. osoby zdrowe bez widocznego trudu produkują i percypują zdania względne podmiotowe i dopełnieniowe, por. „Dziewczynka, która popchnęła chłopca, była wysoka” oraz „Dziewczynka, którą popchnął chłopiec, była wysoka”, natomiast osoby chore, cierpiące na którąś z licznych odmian agramatyzmu, nie potrafią zidentyfikować (w zdaniach prostych biernych i złożonych względnych) związku między przeniesionym śladem i tematyczną rolą (podmiotu/dopełnienia w zdaniach



względnych), którą markują sygnały (odmiany i szyku). Nie mogąc się oprzeć na mechanizmie nieczynnego parsera, odwołują się do informacji, jakie udostępnia procesor, lub – mówiąc prościej – zgadują (np. w przypadku podanego przykładu: „kto kogo popchnął”). Hipoteza zatartego śladu (TDH)<sup>10</sup>, obejmująca sytuacje awaryjne, w których procesor przejmuje rolę parsera, głosi, że przetwarzanie zdań wymaga uruchomienia procesów dwu grup, kompensacyjnych (w zakresie rozbioru zdań czynnych i względnych podmiotowych) oraz rywalizacyjnych (w dziedzinie rozbioru zdań biernych i względnych dopełnieniowych). Funkcjonujący poprawnie parser – usytuowany w IFG – potrafi stawić czoło obu procesom, zaś parser, którego działanie zakłóca afatyczna nieprawidłowość (u osób chorych) albo językowa trudność (po stronie osób zdrowych), oddaje pole procesorowi centralnemu, zlokalizowanemu m.in. w IFS. Rejon IFG koaktywuje się nierzadko wraz z okolicą STG, której poświęciłem ostatni akapit tego rozdziału.

Zakręt skroniowy górny (STG) dzieli się na dwie części, przednią (aSTG: BA 22a/38) oraz tylną (pSTG: BA 22p/39). Obydwa regiony reagują silniej w sytuacji, gdy mózg przetwarza złożone konstrukcje, tj. zdania i teksty. Rejon aSTG bierze udział w analizie/syntezie spójności frastycznej i transfrastycznej, w skali syntaktycznej (BA 38) i semantycznej (BA 22), zob. zjawiska kohezji i koherencji. Rejon pSTG aktywizuje się natomiast jako cerebralna odpowiedź na bodźce językowe, które odznaczają się syntaktyczną komplikacją (BA 22) oraz semantyczną kompozycją (BA 39); ściślej rzecz biorąc: zakręt skroniowy górny (część tylna) specjalizuje się w przetwarzaniu struktur predykatowo-argumentowych. Tezę tę potwierdza – jak się wydaje – sugestia, w myśl której region pSTG odpowiada za integrację jednostek nie tylko w skali językowej (BA 22), ale również – co istotne – poznawczej (BA 39). Dodatkowo rejon pSTG, konkretniej: okolica SPT, bierze udział w procesach, które umożliwiają korzystanie z matrycy cech dystynktywnych w procesie słuchania i mówienia, por. czynność powtarzania.

## Próba lingwistycznej interpretacji

Istnieje obecnie nieprzebrana mnogość modeli lingwistycznych, pozwalających opisywać język/mowę z punktu widzenia rozmaitych dyscyplin językoznawczych. Hipotezy, jakie formułują uczeni, pozostają w dwojakim uwikłaniu, w zależności, po pierwsze, od siebie (model względem modelu), oraz, po drugie, od dziedziny (model wobec modułu). W pierwszym wypadku hipotezy lingwistyczne wartościuje się jako współmierne lub niewspółmierne, równoważne lub nierównoważ-

---

<sup>10</sup> Y. GRODZINSKY, A. SANTI: *The battle for Broca's region*. "Trends in Cognitive Sciences" 2008, No. 12, p. 474–480.



ne, a w drugim – jako adekwatne lub nieadekwatne, realne lub nierealne. Problem, jaki się rysuje, można poglądowo zilustrować następującym przypadkiem: modele gramatyczne (syntaktyczne) PSG i DG są względem siebie współmierne i równoważne, a ściślej mówiąc, identyczne ilościowo i różne jakościowo, gdyż opisują identyczny zbiór zdań, ale przyporządkowują poszczególnym zdaniom różne rozbiory. Nie sposób jednak – i tu wyłania się prawdziwy kłopot – na podstawie kryteriów językoznawczych zawyrokować, która z tych obu gramatyk jest bardziej adekwatna i, zwłaszcza, realna. W związku z czym, aby ustalić, który model sytuuje się bliżej prawdy, por. relacja modelu do modułu, z konieczności trzeba posiłkować się rezultatami obserwacji/eksperymentów psycho- i neurolingwistycznych. Konkludując, pytanie, na które w tym podrozdziale szukam odpowiedzi, brzmi: po pierwsze, jakie informacje na temat przetwarzania języka/mowy przynoszą badania eksperymentalne oraz, po drugie, która koncepcja lingwistyczna najsilniej koresponduje z danymi doświadczalnymi, tj. nie koliduje z nimi i przynajmniej częściowo je potwierdza?

Ogólniejszy schemat przetwarzania języka/mowy w umyśle/mózgu, jaki można wyczytać z modelu MAS i MUC, obejmuje trzy globalne składniki: kontrola + pamięć + synteza/analiza. W kolejnych wersjach swoją uwagę skupiam jedynie na kwestiach związanych z analizą/syntezą (na poziomie gramatycznym i semantycznym) – taką, jaką prowadzi ludzki umysł/mózg.

Umysł/mózg w odmienny sposób przetwarza zdania/wypowiedzenia łatwiejsze, np. proste i/lub krótkie, oraz trudniejsze, np. złożone i/lub długie. Co interesujące, wielkości te: łatwość vs trudność poddają się ocenie (są krytycznie wymierne), por. pojemność pamięci operacyjnej (powyżej 7 elementów) oraz zawilość drzewa derywacyjnego (powyżej 2–3 węzłów). Operatywne kryterium, które pozwala na obiektywny pomiar stopnia łatwości/trudności zdań, stanowi w tym zakresie transformacja, tj. dowolny transfer składnika – z jednego miejsca w drugie. W związku z tym, niemalże od ręki, można zbiór potencjalnych zdań poklasyfikować na konstrukcje pre- i posttransformacyjne. Konstrukcje pretransformacyjne, zachowujące szyk kanoniczny, powstają w drodze aplikacji algorytmów generatywnych albo heurystyk kognitywnych, które umożliwiają budowę fraz, nie wymagając zarazem angażowania obszernych zasobów pamięci w operacje syntaktyczne. Konstrukcje posttransformacyjne, konserwujące szyk niekanoniczny, tworzą się za to w toku operacji typu: dyslokacja (przesunięcie), separacja (rozdzielenie) lub rekursja (zagnieżdżenie), które nie tylko absorbują (pokaźne) zasoby pamięci, lecz również wymagają uruchomienia odrębnego mechanizmu, tzw. luk.

Analiza zdań (strukturyzacja gramatyczna i interpretacja semantyczna), jaką przeprowadza ludzki umysł/mózg, przebiega w kilku etapach oraz na kilku poziomach. Po pierwsze, procesy derywacyjne – bazujące na cechach leksykalnych i kategoryalnych – rozgrywają się w czasie ELAN oraz w miejscu aSTG (TP) i vIFG (OP). Po drugie, procesy ewaluacyjne – opierające się na cechach akomodacyjnych i tematycznych (LAN), jak również subkategoryzacyjnych i selekcyjnych (N400) – zacho-

dzą w czasie LAN/N400 i w miejscu pIFG i aIFG. Po trzecie, procesy integracyjne – dokonujące się na strukturze frazowej i predykatywnej – odbywają się w czasie P600 oraz w miejscu pSTG i AG. W tych kilku etapach i na tych kilku poziomach, umysł/mózg derywuje jednostki syntaktyczne, ewaluuje stosunki syntaktyczne i, ostatecznie, integruje jedne z drugimi. Przetwarzanie zdań (ang. *parsing*) przebiega naprzemiennie: szeregowo (ELAN), równolegle (LAN/N400), a następnie znowu szeregowo (P600).

Rozbór (wpierw) gramatyczny i (potem) logiczny obejmują kompozycję kolejnych fraz: umysł/mózg odrębnie, mianowicie w osobnych miejscach i czasach, buduje frazy leksykalne, np. NP i VP, a także funkcjonalne, np. INFL i COMP. Frazy leksykalne powstają na etapie derywacyjnym w taki sposób, że w wejściach leksykalnych, na podstawie informacji o ich klasach gramatycznych, umysł/mózg identyfikuje składniki frazowe: rdzenny, uzupełniający i określający, żeby ostatecznie, uwzględniając przechowywany w pamięci szablon frazy (schemat projekcyjny), zsintetyzować frazę leksykalną. Frazy funkcjonalne tworzą się z kolei na etapie ewaluacyjnym dzięki temu, że umysł/mózg inicjuje translokację składników fraz leksykalnych (z niższych pięter drzew derywacyjnych na wyższe) w celu kontaminacji ich z odpowiednimi składnikami fraz funkcjonalnych, m.in. składnikami fleksyjnymi (INFL w zdaniach prostych) oraz składniowymi (COMP w zdaniach złożonych). Co ciekawe, kolejne procesy gramatyczne wykorzystują drogę, jaką wyznacza schemat projekcyjny:  $X + \text{Comp} \rightarrow \text{Spec} + X' \rightarrow X''$ .

## Podsumowanie

Modele lingwistyczne, które w największym stopniu odpowiadają rezultatom eksperymentów neurolingwistycznych, sytuują się w kręgu propozycji generatywnych – transformacyjnych lub reprezentacyjnych. Podążając tym obiecującym tropem, można wstępnie i roboczo przyjąć, że mózg postępuje (co najmniej częściowo) w myśl teoretycznych dezyderatów, np. teorii rządu i wiązania (GBT) i/lub gramatyki leksykalno-funkcyjnej (LFG)<sup>11</sup>. Wątki te wymagają jednak dalszych i pogłębionych studiów – z wykorzystaniem rezultatów badań zarówno neuro-, jak i psycholingwistycznych. W artykule zarysowałem jedynie pewien kierunek poszukiwań, w kolejnym szkicu zamieszczonym w tomie rozwijam i obszerniej dokumentuję zasygnalizowane wstępnie propozycje interpretacyjne.

<sup>11</sup> J. BRESNAN: *A theory of grammatical representation*. Department of Linguistics and Philosophy, MIT 1979; N. CHOMSKY: *Lectures on Government and Binding. The Pisa Lectures*. Dordrecht, Foris 1981.

## Bibliografia

- BRESNAN J.: *A theory of grammatical representation*. Department of Linguistics and Philosophy, MIT 1979.
- CHOMSKY N.: *Lectures on Government and Binding. The Pisa Lectures*. Dordrecht, Foris 1981.
- FRIEDERICI A.D.: *The brain basis of language processing: From structure to function*. "Physiological Reviews" 2011, Vol. 91 (4), p. 1357–1392.
- GRABOWSKA A.: *Mózgowe mechanizmy komunikacji językowej z perspektywy metod neuroobrazowania*. W: *Język jako przedmiot badań psychologicznych. Psycholingwistyka ogólna i neurolingwistyka*. Red. I. KURCZ, H. OKUNIEWSKA. Warszawa, Wydaw. SWPS „Academica” 2011, s. 308–347.
- GRODZINSKY Y., SANTI A.: *The battle for Broca's region*. "Trends in Cognitive Sciences" 2008, No. 12, p. 474–480.
- HAGOORT P.: *On Broca, brain, and binding: a new framework*. "Trends in Cognitive Sciences" 2005, No. 9, p. 416–423.
- HICKOK G., POEPEL D.: *The cortical organization of speech perception*. "Nature Reviews Neuroscience" 2007, No. 8, p. 393–402.
- KĄDZIEŁOWA D.: *Mowa i język na podstawie dysfunkcji ośrodkowego układu nerwowego*. W: *Język jako przedmiot badań psychologicznych. Psycholingwistyka ogólna i neurolingwistyka*. Red. I. KURCZ, H. OKUNIEWSKA. Warszawa, Wydaw. SWPS „Academica” 2011, s. 295–397.
- LICHTHEIM L.: *On aphasia*. "Brain" 1884, No. 7, p. 433–484.
- ŁURIA A.R.: *Podstawy neuropsychologii i neurolingwistyki*. Warszawa, PWN 1976.
- MARR D.: *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. New York, Freeman 1982.
- MAZURKIEWICZ-SOKOŁOWSKA J.: *Transformacja i strategie wiązania w lingwistycznych badaniach eksperymentalnych*. Kraków, Universitas 2006.
- OKUNIEWSKA H.: *Nowe propozycje rozumienia funkcjonalnej neuroanatomii mowy i języka*. W: *Język jako przedmiot badań psychologicznych. Psycholingwistyka ogólna i neurolingwistyka*. Red. I. KURCZ, H. OKUNIEWSKA. Warszawa, Wydaw. SWPS „Academica” 2011, s. 348–376.
- PANASIUK J.: *Afazja a interakcja. Tekst – metaTekst – konTekst*. Lublin, Wydaw. UMCS 2013.
- POEPEL D., EMBICK D.: *Defining the relation between linguistics and neuroscience*. W: *Twenty-First century Psycholinguistics: Four Cornerstones*. Ed. A. CUTLER. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates 2005, p. 103–118.
- SHALOM D.B., POEPEL D.: *Functional Anatomic Models of Language: Assembling the Pieces*. "Neuroscientist" 2008, No. 14, p. 119–127.
- WERNICKE C.: *Der aphasische Symptomencomplex*. Berlin, Springer-Verlag 1874.