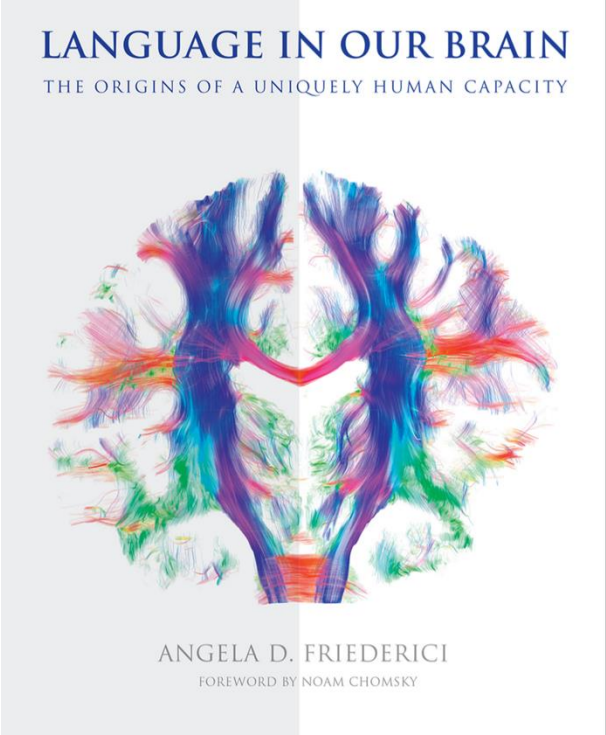
معرفی و مرور کتاب: زبان در مغز ما، پیشگفتار، مقدمه، فصل اول
آنجلا فردریچی (۲۰۱۷)



سخنران: نیره جودی (دانشجوی دکتری زبان‌شناسی، دانشگاه علامه طباطبائی)

تاریخ: ۱۴۰۰/۱/۲۶، ساعت: ۱۹-۱۷

کتاب فردریچی ۲۰۱۷ در چهار بخش، هشت فصل و ۲۹۹ صفحه تنظیم شده است فهرست کتاب به شرح زیر است:

یشگفتار نوآم چامسکی
پیشگفتار نویسنده
سپاسگزاری
مقدمه
زبان ویژگیِ منحصر به بشر
زبان نظام شناختی خاص
زبان نظامی مغزی
بخش اول
۱.کارکردهای زبان (سطوح زبانی) در مغز: از درونداد آوایی تا درک جمله،

۲ . سیری در مطالب اصلی
۱.۲ درک و تولید زبان: پایهٔ دانش مشترک زبان
۲.۲ درک و ارتباط زبان: فرای نظام هسته‌ای زبان
بخش دوم
۳ . ساختار شبکهٔ زبان
۴. کارکرد شبکهٔ زبان
بخش سوم
۵ . دورهٔ حساس مغز برای یادگیری زبان
۶ . رشدشناسی عصبی شبکهٔ زبان
بخش چهارم
۷. فرگشت زبان
۸ .پایه‌های عصبی زبان

در بخش اول (فصل ۱و ۲) کارکردهای پایه‌ای زبان و بنیان‌های مغزی آنها از درون‌داد شنیداری تا درک جمله، با توجه به «زمان» و «مکان» رویداد پردازش‌های آنها را شرح می‌دهد. نظام پیچیدهٔ زبان را به زیربخش‌هایش تجزیه می‌کند و سپس این اجزا و قطعات را کنارهم می‌گذارد تا انگاره‌ای نوروآناتومیکی کارکردی برای درک زبان به دست دهد.

در ادامهٔ فصل ۱ در فصل ۲ به مسائلی فرای مبحث درک زبان می‌پردازد. داده‌های تجربی در پشتیبانی از این دیدگاه فراهم می‌شود که دانش پایه‌ای مشترک برای درک و تولید زبان وجود دارد. همچنین به صورت خلاصه به جنبه‌هایی از ارتباطات پرداخته می‌شود که بخشی از نظام هسته‌ای زبان نیست.

در بخش دوم کتاب که شامل فصل ۳ و ۴ می‌گردد شرحی ساختاری و کارکردی از شبکهٔ زبانی به دست داده می‌شود که مناطق مختلف مربوط به زبان در مغز را به هم مرتبط می‌کند. نویسنده در این مرحله ویژگی‌های مکانی و زمانی شبکه عصبی زبان را ترسیم می‌کند؛ با پیشنهاد مدار پویای عصبی برای زبان نواحی مرتبط به زبان در مغز بزرگسالان را توصیف می‌کند.

در بخش سوم کتاب (فصل ۵ و ۶) دربارهٔ بنیان‌های مغزی زبان‌آموزی بحث می‌شود و چگونگی رشد زبانی در سال‌های ابتدایی کودکی و جنبه‌های آموختن زبان دوم را می‌کاود. در این مرحله دربارهٔ شرایط نوروبیولوژکی رشد زبانی می‌آموزیم. انگاره‌ای عصب-شناختی از هستی زایی زبان و به اطلاعات مربوط به این موارد می‌پردازد.

در بخش چهارم (فصل ۷ و ۸)، ابتدا به فرگشت زبان و محدودیت‌های عصبی زیرساختی پرداخته می‌شود و سپس مباحث مطرح در فصل‌های مختلف درکنار هم قرار می‌گیرد . در پایان دیدگاهی منسجم دربارهٔ بنیان‌های عصبی نظام هسته‌ای زبان به دست داده می‌شود.

نویسنده امیدوار است با پیش رفتن مباحث کتاب، همراه بحث دربارهٔ داده‌های بیشتر در ابتدا با طرح انگاره‌ای کارکردی محض که سپس به‌سوی انگاره‌ای عصب-شناختی پیش می‌رود و پیچیده‌تر می‌شود خواننده را به پایگاه داده‌ای غنی دربارهٔ زبان و مغز هدایت کند. در این کتاب خواهیم دید که نواحی زبان-مرتبط متفاوت نیز در مغز نمی‌تواند به تنهایی زبان را شرح دهند و تبادل اطلاعات بین این مناطق توسط الیاف و رشته‌های عصبی موجود در مادهٔ سفید برای رشد و فرگشت زبانی حیاتی است.

چامسکی در پیشگفتار دربارهٔ دستاوردهای فردریچی چنین می‌نویسد:

«مهمترین نتیجهٔ فردریچی به بخشی خاص از ناحیهٔ بروکا ((BA 44 and BA 45 و بخشی از رشته‌های عصبی مادهٔ سفید در قسمت پشتی/بالایی[1] مربوط می‌شود که منطقهٔBA 44 را به قشر گیجگاهی پسین مرتبط می‌کند.

فردریچی بیان می‌کند که «این الیاف را می‌توان پیوندی گمشده دانست که باید برای امکان یافتن ظرفیت زبان کامل فرگشت یافته باشند.

این نتیجه با شواهدی پیشتیبانی می‌شود؛ شواهدی که در آنها نشان داده شده است که این مسیر پشتی در میمون‌ها و شامپانزه ها ضعیف است و در نوزادان نیز هنوز میلین نشده و قوت کافی[2] ندارد اما در بزرگسالان با مهارت‌های زبانی، کاملاً قوی شده است.

آزمایش‌ها گزارش می‌دهند که «درجهٔ میلین شدگی می‌تواند رفتار در پردازش پیچیدهٔ نحوی جمله‌های غیر قابل قبول/ نامتعارف را پیش‌بینی کند و افزایش قدرت مسیر بیان شده با پردازش ساخت‌های نحوی پیچیده رابطهٔ مستقیم دارد». نتایج آزمایش‌های گوناگونی بیان می‌کند که «این رشته‌های عصبی و چگونگی وضعیت آنها را می‌توان دلیل تفاوت توانایی‌های زبانی در بزرگسالان و نوزادان یا میمون‌ها دانست». فردریچی می‌گوید: « این ساختارها باید فرگشت یافته باشند تا برای ظرفیت پردازش نحوی سودمند باشند؛ ظرفیتی که مرکز قوهٔ زبانی بشر است». بنابراین BA 44 مسئول تولید ساختارهای پایگانی نحوی است و بر همین اساس «درسطح نوروفیزیولوژیکی مشخصه‌های ویژه‌ای دارد» که با دیگر بخش‌های مغز در هر دو سطح کاربردی و ریزساختاری تفاوت دارد. به‌ویژه، در بخش بطنی ناحیهٔ BA 44 [3]محاسبات ابتدایی نحوی (در ساده‌ترین مورد ادغام) صورت می‌یابد در حالی که در مناطق همجوار آن عملیات مختلف و مستقل از پردازش ساختار نحوی انجام می‌شود. همچنین BA 45 مسئول پردازش‌های معنایی است. در درون ناحیهٔ بروکا شبکه‌های عصبی زبان و کنش از هم تفکیک می‌شوند. این‌ها یافته‌های مهمی هستند و مسائل ضمنی و مهمی را مطرح می‌کنند که با پژوهش‌های بیشتر تثبیت یا تکمیل می‌شوند. اثر فردرریچی مرور زمینه‌های مهم و اساسی را در بردارد. تا نمونه‌ای از عنوان‌های بررسی شده و نتایج آنها را به دست دهد، او به بررسی مطالعات دربارهٔ پردازش نحوی و معنایی می‌پردازد.

او شواهد مربوط به تخصیص یافتن نیمکرهٔ راست مغز به پردازش نوای گفتار در مراحل ابتدایی فرگشت را بررسی می‌کند و به چگونگی پردازش نوای گفتار در کسری از ثانیه می‌پردازد. پژوهش‌های تجربی فرایندهای تولید را آشکار می‌کنند که مقدمهٔ برونی‌کردن[4] است. مسائل تولید، اگرچه با توجه به کارهای پیشروان این زمینه Ursula Bellugi و Ann Petitto و دیگران، اکنون می‌دانیم نشانه کاملاً در دسترس برونی‌شدگی است و در دیگر جنبه‌های مرتبط ممکن بسیار شبیه گفتار است، فردریچی این نتیجه را مطرح می‌کند که « نظام عصبی زبان به‌صورت گسترده‌ای از دیگر حوزه‌های حسی و ادراکی مستقل است». مناطق مغزی به پردازش اطلاعات نحوی-معنایی و پردازش جمله‌های پیچیده و غیرقابل قبول/نامتعارف اختصاص یافته است. پژوهش‌های رفتاری و عصب‌شناختی نشان می‌دهند مهارت زبانی با روش‌های نظام‌مند و بسامان و همگانی توسعه می‌یابد؛ با دوره‌های نیمه حساس [5]مشخص برای حساسیت. همانطور که مشاهدات رفتاری و عصبی بر روی تخصیص قلمروهای خاص عصبی در مغز به پردازش

---

[1] white matter dorsal fiber tract

[2] poorly myelinated

[3] ventral part of B44

[4] externalization

[5] semi-critical periods

ساختارها و فرایندهای نحوی نشان می‌دهد تا سن ۲-۳ سالگی کودکان دانش نحوی مهمی به دست آورده‌اند اگرچه کسب مهارت کامل زبانی تا اوایل بلوغ ادامه می‌یابد. نتیجهٔ این اکتشافات گسترده روشنگر مسائلی است که تاکنون در این حوزهٔ گسترده و همچنان به سرعت در حال توسعه بررسی و معلوم شده‌اند و تصویری از دورنمای این حوزه ترسیم می‌کند». (نوآم چامسکی، نوامبر ۲۰۱۶: کمبریج، ماساچوست).

مقدمه

فردریچی در سه بخش (زبان ویژگیِ منحصر به بشر، زبان نظام شناختیِ خاص، زبان نظامی مغزی) می کوشد ماهیت زبان و رابطهٔ آن با مغز را تشریح و رویکرد نظری خود را به این مفاهیم مشخص کند. در ادامه بخشی از مقدمهٔ کتاب تکرار می‌شود: «زبان ما را انسان می‌سازد. زبان بخشی ذاتی از نهاد ما است. ما آن را می‌آموزیم به‌کار می‌بریم و به ندرت دربارهٔ آن می‌اندیشیم. اما آنگاه که به آن بیندیشیم، زبان شبیه اعجازی محض است. زبان هستاری کاملاً پیچیده است با زیر بخش‌های گوناگون برای صدای زبان، معنای واژه‌ها، و قواعد دستوری حاکم بر روابط بین واژه‌ها. اکنون ۳۵ سال پس از آن دوران دانش ما از ارتباط مغز و رفتارهای شناختی با توجه به پیشرفت تکنیک‌های تصویر برداری عصبی از مغز مانند توموگرافی و تشدید مغناطیسی کارکردی به صورت چشم‌گیری افزایش یافته است.

این موضوع به‌ویژه دربارهٔ قلمرو زبان نیز صادق است با توجه و سپاس از پژوهش‌هایی که در این حوزه بر پایهٔ نظریه‌های زبانی انجام شده‌اند. زبان‌شناسی توصیفی نظام‌مند از سه سطح زبان به دست می‌دهد: آوای زبان، معنای زبان (که به معنای واژه‌ها و ترکیب واژه‌ها مرتبط است) و نحو (که به قواعد دستوری مشخص کنندهٔ چگونگی ترکیب واژه‌ها می‌پردازد). همهٔ این سازه‌ها در هزارم ثانیه با هم کار می‌کنند تا کارکرد برخط زبان ادامه یابد. اگر بخواهیم زبان را دریابیم باید این هستار درهم‌تنیده و پیچیده را به بخش‌های مرتبط ساده‌تری تبدیل کنیم و چگونگی کارکرد آنها را بررسی کنیم تا بفهیم این بخش‌ها چگونه باهم همکاری می‌کنند و کاربرد زبان ممکن می‌شود. مثل تصویری کاشکی کاری‌شده که با درجای خود قرار گرفتن همه قطعه‌ها تصویر منسجم ترسیم خواهد شد. در «زبان در مغز ما» خواهم کوشید از نظام‌های مغزی مرتبط به زبان و زیربخش‌های آن، چگونگی رشد این نظام‌ها در سال‌های ابتدای زندگی و همچنین چگونگی توسعهٔ احتمالی آنها در روند فرگشت توصیفی به دست دهم. در این کتاب داده‌های آزمایش‌های تجربی موجود در پیشینهٔ این حوزهٔ مطالعاتی دربارهٔ رابطهٔ زبان-مغز بررسی می‌شوند. بخشی از این داده‌ها از مقاله‌هایی است که من آنها را با دانشجوها یا همکارانم نوشته‌ام؛ کار و بحث با آنها به این اثر انجامید. ازهمهٔ آنهایی که در طول این سال‌ها با من همکاری کرده‌اند، سپاسگزارم.»

در فصل ۱ با تمرکز روی نظام مرکزی زبان در مغز بالغ و مسیر پردازش زبان را از درون‌داد شنیداری تا درک برپایهٔ انگارهٔ عصب-شناختی توصیف می‌کند. انگاره‌ای که پردازش‌های گوناگون زبانی و بنیان‌های عصبی آن را از نظر جایگاه و زمان لازم برای پردازش در مغز تعریف می‌کند. در ادامه بخش‌های از ترجمهٔ متن کتاب ارائه می‌شود:

۱-۱ انگاره‌ای شناختی برای درک شنیداری زبان

انگارهٔ پردازش زبانی در تصویر ۱.۱ ترسیم شده است مراحل پردازش مختلف از درون‌داد شنیداری تا تفسیر (برای نسخه‌های مختلف این انگاره فردریچی، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ را ببینید). در مرحلهٔ ابتدایی فرایندهای صوت‌شناختی-واجی صورت می‌یابند که با کورتکس یا قشر شنیداری در هر دو نیمکره در ارتباط است. سپس برون‌داد این فرایند ابتدایی با توجه به ویژگی‌هایش در نیمکرهٔ چپ یا نیم‌کرهٔ راست پردازش می‌شود- صداهای زنجیرهٔ گفتار در نیم‌کرهٔ چپ و عناصر زبرزنجیری در نیم‌کرهٔ راست پردازش می‌شود. در

نیم‌کرهٔ چپ، سه مرحلهٔ پردازش مرتبط با نحو و اطلاعات معناشناسی، پیش از تفسیر و تلفیق با پیکرهٔ علم موجود ممکن است. نیمکرهٔ راست مغز دست‌کم مسئول پردازش دو جنبهٔ مجزای اطلاعات نوایی در گفتار است: اول پردازش ملودی و آهنگ جمله است که می‌تواند نشانهٔ ابتدا و پایان گروه نوایی در جمله باشد و دوم پردازش تکیهٔ کانونی اطلاعات موضوعی. در جریان درک شنیداری گفتار زیر نظام‌های مختلفی در یک نیم‌کره (همچنین در هر دو نیمکره) با یکدیگر فعالیت می‌کنند تا درک روان حاصل شود. این فرایندهای مختلف در انگارهٔ شناختی کارکردی (تصویر ۱.۱: فردریچی،۲۰۱۱) شرح داده شده است. انجام فرایندها به صورت موازی و همراه با هم‌پوشانی در نظر گرفته می‌شود. به این معنا که هر نظام در سریع‌ترین زمان ممکن برون‌داد خود را برای ادامهٔ پردازش به نظام دیگر می‌سپارد که سبب فعالیت موازی نظام‌های پردازشی مختلف در مغز می‌گردد. هر کدام از زیر نظام‌ها با شبکهٔ محلی مربوط به قشر مغز در مناطق اختصاص یافته به فعالیت پردازشی متفاوت منطبق است (فردریچی، ۲۰۱۱) که باهم از شبکه‌های عصبی در معیاری گسترده، درک زبان را پشتیبانی می‌کند (فردریچی و سینگر، ۲۰۱۵). چالش توصیف مناسب و کافی از بنیان‌های عصبی زبان این است که نظام‌های پردازش مختلف در مغز نه‌تنها با توجه به مکان فعالیت آنها بلکه با توجه به زمان و سرعت رویدادشان شناسایی شوند. فعالیت‌های زبان-مرتبط مانند هر فعالیت دیگری در مغز، برپایهٔ فعالیت سلول‌های و آثار عصبی است که سبب بروز فعالیت الکتریکی قابل اندازه‌گیری از روی پوست سر به‌وسیلهٔ الکتروانسفالوگرافی در عرض میلی‌ثانیه می‌شوند. چون هر جریان الکتریکی میدان مغناطیسی دارد، فعالیت مغز را همچنین می‌توان با مگنتوانسفالوگرافی اندازه‌گیری کرد. به علاوه، چون فعالیت عصبی به جریان خون مغزی وابسته است، اندازه‌گیری تغییرات جریان خون را می‌توان به عنوان شاخص فعالیت مغزی در نظر گرفت. اندازه‌گیری فعالیت مغز با توجه به جریان خون مغزی و با به‌کارگیری تصویربرداری مغناطیسی کارکردی مغز و طیف‌نمایی ممکن است. در ادامه با دو رویکرد پیش خواهم رفت: برای هریک از فرایندهای بنیادی در انگارهٔ درک شنیداری کارکردی زبان، پارامترهای عصب‌زمانی را با توجه به تکنیک‌های الکتروانسفالوگرافی و مگنتوانسفالوگرافی شرح می‌دهم و پارامترهای عصب‌مکانییک یا چند ناحیه از مغز را که با اندازه‌گیری جریان خون و به‌وسیلهٔ تصویربرداری کارکردی مغناطیسی مغز و طیف‌نمای فروسرخ نزدیک، یا با محاسبهٔ منبع اثر مشاهده شده در داده‌های الکتروانسفالوگرافی و مگنتوانسفالوگرافی شرح دهم. به این تکنیک‌های رایج در پژوهش‌های عصب‌شناختی به صورت مختصر می‌پردازم، زیرا بخشی ضروری برای درک اطلاعات نهان در رابطهٔ زبان- مغز و انگارهٔ عصب-شناختی درک زبان به‌شمار می‌روند. به صورت سنتی، رابطهٔ مغز- زبان در کار با بیمارانی بررسی می‌شد که آسیب مغزی سبب بروز ناتوانی‌های زبانی در آنها شده بود. در اواخر قرن ۱۹ آسیب‌های مغزی در پژوهش‌های روی مغز پس از مرگ بیمار تشخیص داده شد اما با تشکر از دسترسی به توموگرافی کامپیوتری در قرن ۲۰ صدمه‌های مغز در پژوهش‌ها بر روی جانداران نیز قابل تشخیص شد.

پیشرفت تکنیک‌های تصویربرداری عصبی از مغز در دهه‌های اخیر زمینه‌ساز دانشی بنیادی دربارهٔ بازنمایی جنبه‌های مختلف زبان در مغز سالم و آسیب‌دیده شد. با توجه به این واقعیت که آسیب‌های مغزی، به‌ویژه آسیب‌های عروقی ناشی از سکته، همواره به درستی مرزبندی نشده‌اند بلکه به صورت قلمرو کلی و صدمه به یک رگ خونی در نظر گرفته می‌شوند و نامشخص هستند در این کتاب به پیشینهٔ مطالعات زبانی مربوط به بیماران نمی‌پردازم. هر چند پژوهش‌های مربوط به بیماران که همراه دیگر پژوهش‌های عصب‌شناسی است را گزارش می‌کنم تا اطلاعات کافی برای توصیف مناسبی از زبان در مغز به دست دهم.

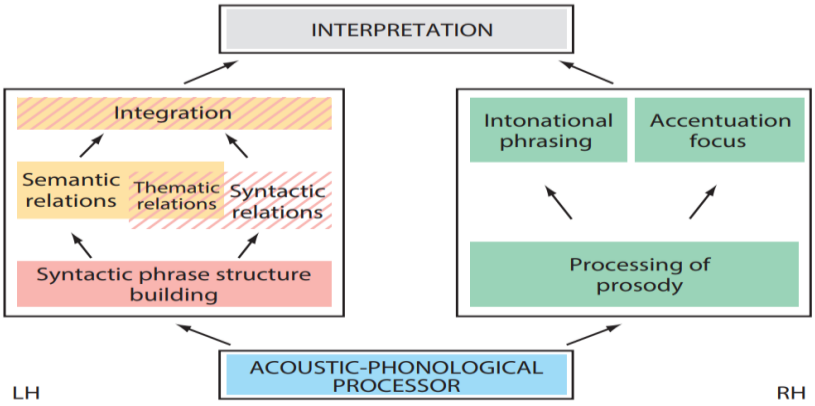


Figure 1.1 Cognitive model of auditory language comprehension. The model represents the different subprocesses during comprehension from auditory input to interpretation. Different color-coded boxes represent subprocesses assumed to take place in the left hemisphere (LH) and right hemisphere (RH). For the details of these subprocesses see text. Adapted from Friederici (2011). The brain basis of language processing: From structure to function. Physiological Reviews, 91 (4): 1357–1392

در بخش پیش رو سازه‌های کاربردی بازنمایی‌شده در شکل انگارهٔ شناختی با جزئیات بیشتری و با توجه به مکان و زمان فعالیت آنها در مغز شرح داده می‌شود .فرایندهای صوت‌شناختی-آوایی در بخش ۱.۲ و پردازش اطلاعات نحوی معنایی سطح واژه در ۱.۳ بررسی می‌شود و در ادامه به ساخت ابتدایی ساختار گروه در بخش ۱.۴ و پردازش نحوی در ۱.۵ معنایی ۱.۶ و پردازش اطلاعات موضوعی و رابطهٔ این سطوح با یکدیگر در ۱.۷ پرداخته می‌شود. پردازش نوایی در بخش ۱.۸ مرور می‌شود. در ۱.۹ مدل یا انگارهٔ مغز-بنیاد معرفی می‌شود که سازه‌های کاکردی مختلف در انگارهٔ شناختی برای درک شنیداری زبان به صورت خودکار جایگاه‌های ویژه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند.

۱-۲ پردازش‌های صوت‌شناختی- واجی

درک زبان گفتاری با تحلیل صوت‌شناختی- واجی درون‌داد گفتاری آغاز می‌شود. این گام با فرایندهای پردازش زبانی بعدی تنها در دو میلی ثانیه پس از آغاز گفتار دنبال می شود. فرایند پردازش آوایی- واجی با مؤلفه‌های ای. آر. پی خاصی بازنمایی می‌شود و این مؤلفه‌ها سبب می‌شوند بتوانیم زمان پردازش آوایی- واجی و همچنین مکان پردازش این اطلاعات در مغز را توصیف کنیم. در بخش‌های پیش‌رو پژوهش‌های با دقت زمانی و مکانی به‌صورت مجزا بررسی شده‌اند اما با توجه به زمان این ارائه مختصری از آنها شرح داده می‌شود.

زمان پردازش: پژوهش‌های ای. ای. جی./ ام. ای. جی.: هر زبان صداها/آواهای گفتاری متفاوتی برای بازشناسی واژه‌ها دارد. آن آواهای گفتاری که در زبان مورد نظر نقشی حیاتی برای ایجاد تمایز در واژه‌های آن زبان دارد در نظریه‌های زبان شناسی واج نامیده می‌شود. برای مثال در انگلیسی دو آوای گفتاری /l/ و /r/ دو واژهٔ low و row را ازهم متمایز می‌کند. برای مثال در انگلیسی دو آوای گفتاری:

/l/و /r/ دو واژهٔ low و row را ازهم متمایز می‌کند بنابراین این دو آوا در انگلیسی واج‌اند.

در زبان ژاپنی دو آوای /l/ و /r/ سبب بروز تمایز در واژه‌ها نمی شوند یا تمایز معنایی ایجاد نمی کنند بنابراین در ژاپنی این دو آوا، واج نیستند.

در هر زبانی شناسایی واج ها اولین گام حیاتی برای فهم گفتار است. پژوهشگران عصب‌شناسی اثری از تکنیک ای. آر. پی. را یافتند که در حدود ۱۰۰ میلی‌ثانیه پس از آغاز گفتار شنایایی واج‌ها را بازنمایی می‌کند. این مؤلفه/ اثرکه ان۱۰۰ نامیده شد انحرافی منفی در موج ای. آر. پی. است ((Obleser, Lahiri, and Eulitz, 2003.دومین مؤلفه ای از تکنیک ای. آر. پی که در بحث پردازش نحوی مطرح شد با فاصلهٔ کوتاهی بعد از ۱۰۰ میلی‌ثانیه روی می دهد و مؤلفهٔ منفی عدم انطباقmismatch negativity نامیده می‌شود(Näätänen et al., 1997)

توجه شود که این مؤلفه مخصوص زبان نیست بلکه تشخیص تفاوت در دسته‌های شنیداری را بازنمایی می‌کند. اگرچه می‌تواند در بررسی جنبه‌های زبان شناختی مانند تشخیص واج‌ها با استفاده از محرک‌های هجا یا واج به‌عنوان مواد آزمایشی به کار رود (برای مرور این پژوهش‌ها را ببینید: Näätänen and Alho, 1997; Phillips, 2001; Näätänen, Paavilainen, Rinne, and Alho, 2007; Winkler, Horvath, Weisz, and Trejo, 2009) پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بازنمایی‌های زبان-ویژه با فاصلهٔ اندکی پس از درک گفتار در سطح واج و هجا ساخته می‌شوند (Dehaene-Lambertz, Dupoux, and Gout, 2000; Phillips et al., 2000).پژوهشی روی پردازش واجی در واحدهای واژه-مانند word-like شنونده‌های ژاپنی و انگلیسی را مقایسه کرد و دریافت در طول پردازش زبانی یا درون‌داد زبانی مستقیماً به صورت واجی و زبان-ویژهٔ مختص زبان بومی native language شنونده‌ها تجزیه می‌شود. این مسئله سبب پردازش سریع بازنمایی واجی از درون‌داد گفتاری می شود و بنابراین می‌تواند زمینه‌ساز دستیابی به صورت آوایی/ واجی واژه شود که در واژگان ذخیره شده است. واژگان را عموماً فهرستی از همهٔ واژه‌ها می‌دانند و اطلاعات پیوست‌شده به هر واژهٔ دربارهٔ صورت واجی/آوایی واژه، مقولهٔ نحوی (اسم، فعل، ...) و معنای آن. هرچند صورت واجی واژه ابزاری است که با آن می‌توان به واژگان دست یافت ((Dehaene-Lambertz et al., 2000. هرچند مؤلفهٔ زود هنگام و زبان-ویژه که در حدود ۱۰۰ میلی‌ثانیه پس از آغاز گفتار روی می‌دهد مدت‌ها است برای پردازش جنبهٔ آوایی و واجی زبان گزارش شده است (مطالب زیر را ببینید). پژوهش‌های اخیر مؤلفه‌ای پیش از ۱۰۰ میلی ثانیه را نیز گزارش کرده‌اند.

در هنگام پردازش گفتار این مؤلفه برای تشخیص وضعیت واژگانی واژه گزارش شده است برای نمونه «آیا عنصری از واژه در زبان من است یا خیر؟»

(MacGregor, Pulvermüller, van Casteren, and Shtyrov, 2012) همچنین برای تشخیص مقولهٔ نحوی واژه، مثلاً « آیا مقولهٔ نحوی واژه در این بافت گروهی درست است؟»

Herrmann, Maess, Hahne, Schröger, and Friederici, 2011)).

این مؤلفه‌های زودهنگام از تکنیک ای. آر. پی این دیگاه کاملاً معتبر از نظام پردازش زبانی را به چالش می‌کشد که در آن پردازش‌های فرعی تنها زمانی می‌توانند آغاز شود که پردازش قبلی به پایان رسیده باشد. آنها نظامی ادراکی با کارکردی تا حدی به صورت موازی ارائه می‌دهند که در آن حتی اطلاعات مکانی از پردازشگر واجی صوت-شناختی به سطح بعدی پردازشی منتقل می‌شود تا پردازش‌های زودهنگام سطح واژه امکان یابد.

تخصیص جایگاه؛ دقت مکانی: پژوهش‌های اف. ام. آر. آی

کورتکس شنیداری و نواحی مجاور آن بخش‌هایی هستند که می‌توان آنها نامزد عصبی آشکار پذیرش مسئولیت تحلیل های صوت‌شناختی-واجی گفتار دانست. و درواقع مؤلفۀ ان۱۰۰ و مؤلفۀ منفی تخطی در پاسخ به پردازش واجها در کورتکس شنیداری و نواحی مجاور آن واقع می شوند (Diesch, Eulitz, Hampson, and Ross, 1996; Poeppel et al., 1997,) بنابراین نشان داده می شود که این فرایندها در مراحل اولیۀ پردازش و درک گفتار در این منطقه روی می دهند. این نتیجه با یافته‌های پژوهش های تصویر برداری عصبی دربارۀ پردازش واجی سازگار است که درآنها مؤلفۀ ان۱۰۰ برای پردازش واکه ها و همخوان ها در بخش موسوم به شکنج هشل و بخش درپوش گیجگاهی انجام شده است، بخش‌هایی که جزئی از قشر شنیداری هستند و هر دو در بخش‌های بالایی لوب گیجگاهی واقع شده‌اند (برای آشنایی با جزئیات آناتومیکی تصویر ۰.۱ را ببنید) (Obleser et al., 2003; Oble- ser, Scott, and Eulitz, 2006; Shestakova, Brattico, Soloviev, Klucharev, and Huotilainen, 2004). اما کورتکس شنیداری همچنین باید نظام پردازشی عمومی باشد و همانطور که اینگونه است این بخش از مغز مسئول پردازش هر گونه درون‌داد شنیداری است. برای شرح میزان و چگونگی رویداد درک واجی در قلمرو عمومی شنیداری یا مناطق خاص پردازش گفتار، مناطق فرعی در بخش‌های بالایی لوب گیجگاهی باید به صورت آزمایشگاهی از نظر نوروآناتومیکی و کارکردی بررسی شوند. چنین اطلاعاتی می‌توانند انگاره های کارکردی را ارائه دهند دربارۀ اینکه این شواهد باید چگونه مولفۀ زبان ویژه برای پردازش واجی را بازنمایی کنند. پردازش آواهای زبانی در درک درون‌داد گفتاری آکوستیکی مراحل مختلفی دارد. در اولین مرحلۀ درک شنیداری مغز تحلیلی آکوستیکی در شبکۀ قشر شنیداری انجام می‌دهد که از قشر شنیداری ابتدایی آغاز می‌شود و اطلاعات در دو مسیر جریان می‌یابد:

درمسیر پسین به سمت planum temporale و بخش‌های پسین و بالایی شکنج گیجگاهی و در مسیر پیشینی planum polare و بخش‌های پیشین بالایی شکنج گیجگاهی؛ همچنین planum temporale در بخش‌های پسینی و بالایی شکنج گیجگاهی مسئول پردازش کلی شنیداری درکانون محاسباتی"computational hub" در نظر گرفته می‌شود که اطلاعات از انجا به‌سوی سطوح بالاتر مناطق قشری می‌روند (Griffiths and War- ren, 2002) به بیان دیگر در مراحل ابتدایی درک شنیداری و تشخیص گفتار مشخصه‌های آکوستیکی فیزیکی (آواها) و طبقه‌بندی‌های واجی در مغز به صورت متفاوت پردازش و بازنمایی می‌شوند.

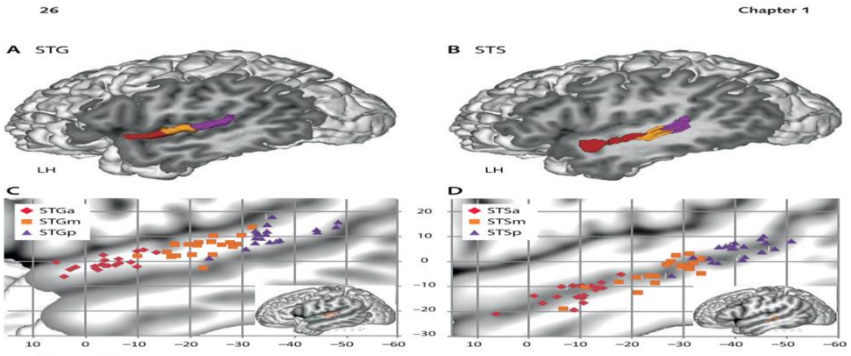


Figure 1.3
Connectivity-based parcellation of left STG/STS. Parcellation of the (A) superior temporal gyrus (STG) and (B) superior temporal sulcus (STS) of the left hemisphere (LH) for one representative participant into 3 different areas—anterior (a, red); middle (m, orange); and posterior (p, purple)—superimposed on an individual brain. The STS areas are plotted on top of the anatomical slice for better visualization. Intersubject variability of the parcellation result of (C) left STG and (D) left STS. Each participant is represented by the respective symbol (diamond, cube, triangle) within each of the 3 areas. Centers-of-mass of the individual anterior (red), middle (orange), and posterior (purple) subdivisions of the STG/STS (in MNI coordinates originated by the Montreal Neurological Institute) displayed on the MNI 152 standard brain, but note the general subdivision of the regions into 3 clusters. Adapted from Raettig et al. (submitted). The language connection: a structural connectivity-based parcellation of the left superior temporal cortex.

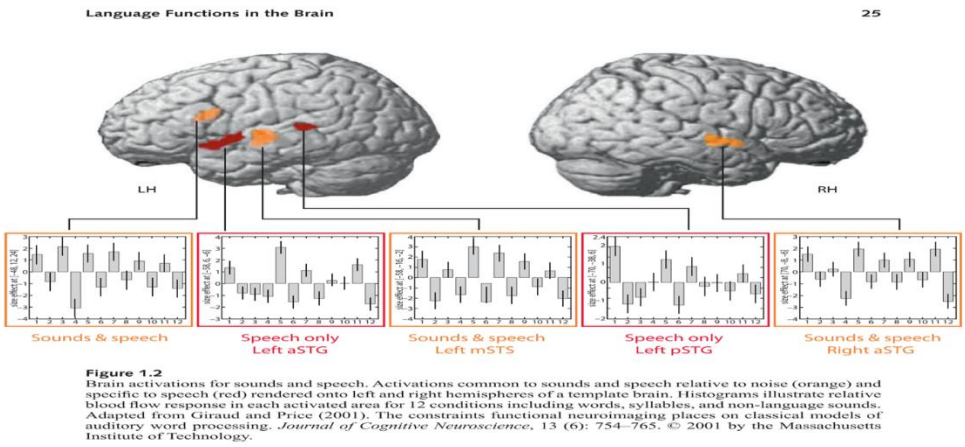


Figure 1.2
Brain activations for sounds and speech. Activations common to sounds and speech relative to noise (orange) and specific to speech (red) rendered onto left and right hemispheres of a template brain. Histograms illustrate relative blood flow response in each activated area for 12 conditions including words, syllables, and non-language sounds. Adapted from Giraud and Price (2001). The constraints functional neuroimaging places on classical models of auditory word processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13 (6): 754–765. © 2001 by the Massachusetts Institute of Technology.

۳-۱ از واژه تا شکل‌گیری اطلاعات نحوی و واژگانی- معنایی

(Mesulam, Thompson, Weintraub, and Rogalski, 2015)

(Rogalsky, 2015)

(Vandenberghe, Nobre, and Price, 2002; Pallier, Devauchelle, and Dehaene, 2011)

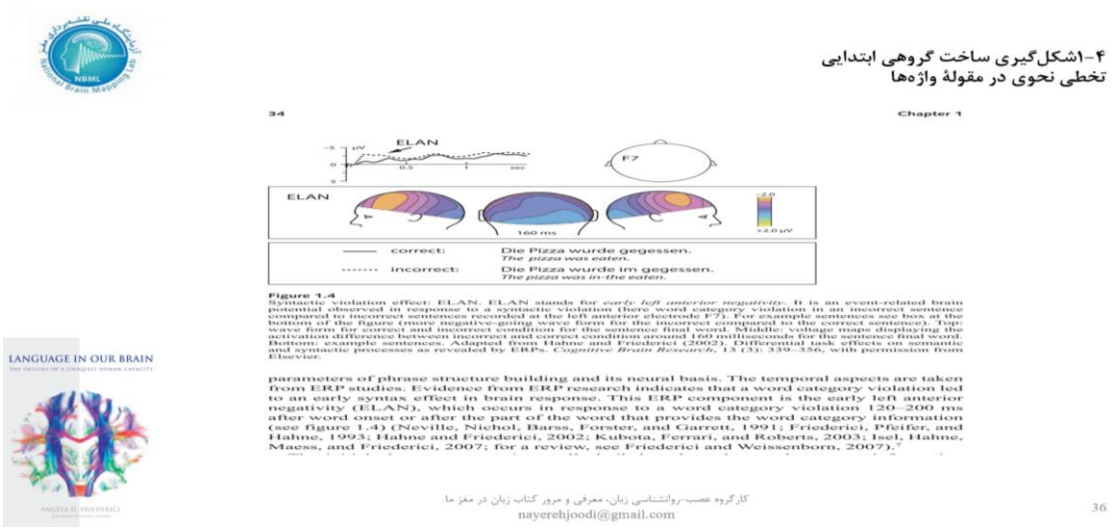
Démonet, Thierry, and Cardebat (2005) and Price (2010)

این پژوهش‌ها به بررسی چگونگی پردازش واژه پرداخته‌اند. شایان توجه است که اگر چه تکنیک‌های پژوهشی و طراحی‌های متفاوتی در این آزمایش‌ها به کار گرفته شده است شواهد آزمایشگاهی حاصل هیچ یک از نظریه‌های معنایی تأیید نکرده و نپذیرفته است. (فردریچی، ۲۹:۲۰۱۷). بخش پیشین لوب گیجگاهی کانون معناشناختی semantic hub در نظام حافظه در نظر گرفته می‌شود (Patterson and Lambon Ralph, 2016) جنبه‌های معنایی در لوب گیجگاهی پردازش می‌شوند.

(Quian Quiroga, Reddy, Kreiman, Koch, and Fried, 2005) یک سلول نه تنها به برج پیزا بلکه به برج ایفل نیز واکنش نشان داد که می‌توان نتیجه گرفت آن تک سلول مسئول پردازش ویژگی‌های معنایی برج است.

(Sajin and Connine, 2014; Li, Shu, Liu, and Li (2006) kahk nhnkn افزایش پاسخ‌های مغزی در تکنیک ERP تابعی از تعداد تخطی‌های (عدم تطابق‌های) مشخصه‌های معنایی است. در انگاره‌های شناختی درک شنیداری اولین گام به‌سوی درک دستیابی به فرهنگ لغت ذهنی و اطلاعات ذخیره‌شده در مدخل واژگانی است. لوب گیجگاهی و مخصوصاً شکنج گیجگاهی به همراه لوب گیجگاهی میانی و هیپوکامپوس نقشی اساسی در این فرایند دارند.

۴-۱شکل‌گیری ساخت گروهی ابتدایی؛ تخطی نحوی در مقولهٔ واژه‌ها



رویکردی چندگانه: بررسی مکان مربوط به شکل‌گیری ساخت گروهی در مغز

در این بخش فردریچی رویکردهای بررسی چگونگی پردازش و شکل‌گیری ساخت گروهی سازه ها را معرفی می‌کند:

۱)به‌کارگیری الکتروانسفالوگرافی و مشاهده نشدن ELAN در بیمارانی که ضایعه‌هایی در بخش پیشانی نیمکرهٔ چپ داشتند هرچند بیمارانی که در بخش چپbasal ganglia/عقده‌های قاعده‌ای آسیب‌دیدگی داشتند این مؤلفه را نشان دادند Friederici, von Cramon, and Kotz, 1999) . همچنین در سیگنال مغزی ثبت‌شده ازبیمارانی که در بخش پیشین گیجگاهی نیمکرهٔ چپ آسیب داشتند نیز مؤلفهٔ ELAN مشاهده نشد اما در بیماران که در بخش گیجگاهی نیمکرهٔ راست ضایعه داشتند این مؤلفه مشاهده شد.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت قشر پیشانی مغز و نیز بخش پیشین گیجگاهی نیمکرهٔ چپ در مراحل ابتدایی ساخت گروهی نقش دارند (Friederici and Kotz, 2003).

۲)بررسی ELAN با استفاده از مگنتوانسفالوگرافیMEG:

(Knösche, Maess, and Friederici, 1999; Frie- derici, Wang, Herrmann, Maess, and Oertel, 2000):
در قشر پیشین گیجگاهی و قشر پسین پیشانی

(Her- rmann, Maess, Hasting, and Friederici, 2009; Gross, et al., 1998): تنها در قشر گیجگاهی در آزمایش‌ها با محرک شنیداری. در آزمایش‌های دیداری تخطی صرفی نحوی فعالیت در قشر بینایی برای جمله‌هایی که در آنها اطلاعات مقولهٔ واژه از نظر صرفی نشان‌دار بود (Dikker, Rabagliati, and Pylkkänen, 2009) . جداسازی اطلاعات صرفی، نحوی، و موضوعی دشوار است زیرا این فرایندها در میلی ثانیه پردازش می‌شوند.

۳)به‌کارگیری fMRI: بررسی جمله‌ها با تخطی نحوی یا تخطی معنایی: فعالیت در شکنج گیجگاهی بالایی (بخش میانی و پسین) برای هم تخطی نحوی و هم معنایی. اما در تخطی نحوی فعالیت شکنج گیجگاهی (بخش پیشین) و درپوش پیشانی frontal operculum مشاهده شد که می‌توان به این دلیل باشد که فرایند ساخت گروهی در این مناطق پردازش می‌شود(Friederici, Rüschemeyer, Hahne, and Fiebach, 2003)

۴)بررسی و مقایسۀ چگونگی پردازش جمله ها دربرابر فهرست واژه‌ها (ساختار نیافته): فعالیت در درپوش پیشانی مشاهده شد (Friederici, Meyer, and von Cramon, 2000) . در پژوهش‌های fMRI نیز این یافته مشاهده شد.

Stowe et al., 1998; Vandenberghe, Nobre, and Price, 2002; Humphries, Binder, Medler, and) Liebenthal, 2006; Humphries, Love, Swinney, and Hickok, 2005; Snijders et al., 2009), Vandenberghe and colleagues (2002) البته در محرک‌هایی که امکان شکل گیری گروه و ترکیب واژه ها وجود داشت.

۵)استفاده از دستورهای مصنوعی که فاقد اطلاعات معنایی است برای بررسی چگونگی شکل‌گیری ساخت گروهی(Petersson, Forkstam, and Ingvar, 2004; Friederici, Bahlmann, Heim, Schubotz, and Anwander, 2006) ؛ (Friederici, Bahlmann, et al., 2006)؛ (Petersson, Folia, and Hagoort, 2012)

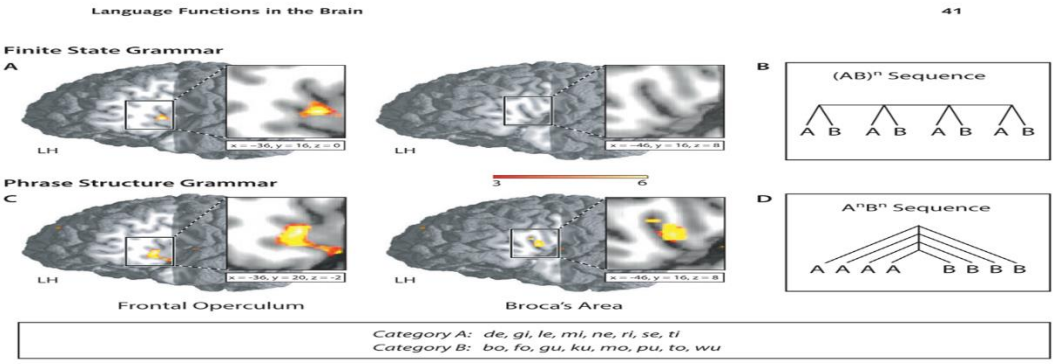


Figure 1.6
Brain activation as a function of grammar type. Statistical parametric maps of the group-averaged activation during processing of violations of two different types of artificial grammar ($P < 0.001$, corrected at cluster level). (A) The contrast of incorrect vs. correct sequences in the Finite State Grammar (FSG) is shown for the frontal operculum (left) and Broca's area (right). (B) The FSG sequence structure. (C) The contrast of incorrect vs. correct sequences in the Phrase Structure Grammar (PSG) is shown for the frontal operculum (left) and Broca's area (right). (D) The PSG sequence structure. Bottom: Members of the two categories (A and B) were coded phonologically with category "A" syllables containing the vowels "i" or "e" (de, gi, le, ri, se, ne, ti, and mi) with category "B" syllables containing the vowels "o" or "u" (bo, fo, ku, mo, pu, wo, tu, and gu). Adapted from Friederici, Bahlmann, et al. (2006). The brain differentiates human and non-human grammars: Functional localization and structural connectivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 103 (7): 2458–2463. © (2006) National Academy of Sciences, U.S.A.

(Zaccarella and Friederici, 2015a, see below) براساس فرایند ادغام که در (Chomsky, 2013) معرفی شد.

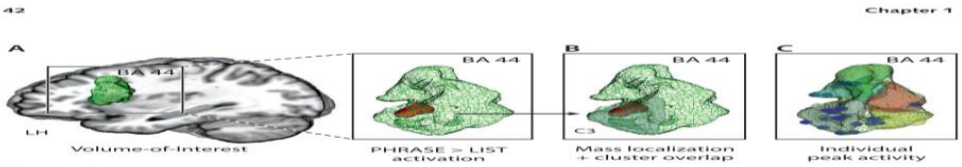


Figure 1.7
Brain activation for phrase structure building. Brain activation of phrase structure building during Merge computation. Volume of interest analysis in BA 44. (A) Activation contrast between a determiner phrase building condition (*the ship*) compared the processing of a two-word list condition (*this, the*) within BA 44 extracted from the whole brain (green part). (B) localization within BA 44 (C3 cluster according to Clos et al., 2013). (C) Individual peak activity distribution within BA 44. Different clusters are color-coded. Significant accumulation of individual peaks (blue dots) are located in cluster C3 ($P = .01$). Adapted from Zaccarella and Friederici (2015a). Merge in the human brain: a sub-region based functional investigation in the left pars opercularis. *Frontiers in Psychology*; 6:1818. doi:10.3389/fpsyg.2015.01818

and *ship*, to form a minimal hierarchical phrase, namely a determiner phrase, for instance, *this ship*. Multiple applications of Merge can lead to quite complex sentence structures. Here, however, the focus is on a single Merge process, necessary to build a determiner phrase like *this ship*. When comparing this condition that allows determiner phrase building with a condition that only presents two words as a list, for example, *eternal ship*, a clear activation in the most ventral anterior portion of the BA 44 was found (Zaccarella and Friederici, 2015a, see figure 1.7). This activation was clearly confined in one out of five predefined subregions in BA 44 (Clos, Amunts, Laird, Fox, and Eickhoff, 2013) with a high consistency across individuals. This result adds a crucial piece of information to the question of where in the adult human brain initial phrase structure building processes are located. From these data we can conclude that the frontal opercularis is responsible for the combining of two elements independent of syntactic phrasal aspects, whereas syntactic phrase structure building is subserved by BA 44 in Broca's area.

The interpretation that BA 44 comes into play when processing syntactic structures has been supported by a number of studies, for complex artificial grammars (Bahlmann, Schubotz, and Friederici, 2008; Uddén et al., 2008; Bahlmann et al., 2009), for artificial grammars with syntactic categories (Opitz and Friederici, 2003, 2007), and for hierarchy building in natural languages (see section 1.5).

در این بخش فردریچی به بررسی پژوهش‌های پرداخت که شکل‌گیری گروه‌های نحوی را از مراحل ابتدایی پردازش گفتار در نظر می‌گیرند (انگاره‌های ابتدا-نحو). برای ترکیب دو عنصر زبانی فارغ از شکل گیری ساخت گروه‌ها فعالیت در شکنج گیجگاهی (بخش بالایی و پیشین) و درپوش پیشانی مشاهده می‌شود. درحالی که فعالیت بخش بطنی شکنج پیشانی پایینی/زیرین و به‌ویژه بطنی‌ترین بخش BA44 مراحل ابتدایی ساخت گروهی را بازنمایی می‌کند.

۵-۱ روابط نحوی در هنگام پردازش جمله

that Broca’s area and the posterior superior temporal gyrus/superior temporal sulcus

بروکا و شکنج پیشانی بالایی پسین/ بخش بالایی شیار گیجگاهی شبکهٔ پردازش فرایندهای نحوی را می‌سازد. هر محرک در هر آزمایش یک جنبهٔ نحوی را بکاود تا پاسخ‌های مغزی مرتبط دقیق ارزیابی شود.

“Colorless green ideas sleep furiously,” already indicates that syntactic relations can be identified and processed independent of meaningful semantic relations.

گوناگونی پیچیدگی‌هایِ نحوی

ترتیب واژه‌ها (سازه‌های جمله)

فاعل- فعل – مفعول

قلب نحوی: جابه جایی سازه‌های جمله تغییر جایگاه مفعول به جایگاه پیش از فاعل در تصویر ۱-۸ کتاب

ساختار نامتعارف جمله با توجه به قواعد ترتیب سازه‌ها و روابط مربوط به موضوع‌های فعل در همان زبان مشخص و درجه بندی می‌شود

حرکت و ساختار درونی بند موصولی در زبان‌هایی که ترتیب سازه‌ای نسبتاً ثابت دارند (مانند انگلیسی)

درجه و سلسله مراتب درونه‌گیری‌شدگی سازه‌ها درجمله

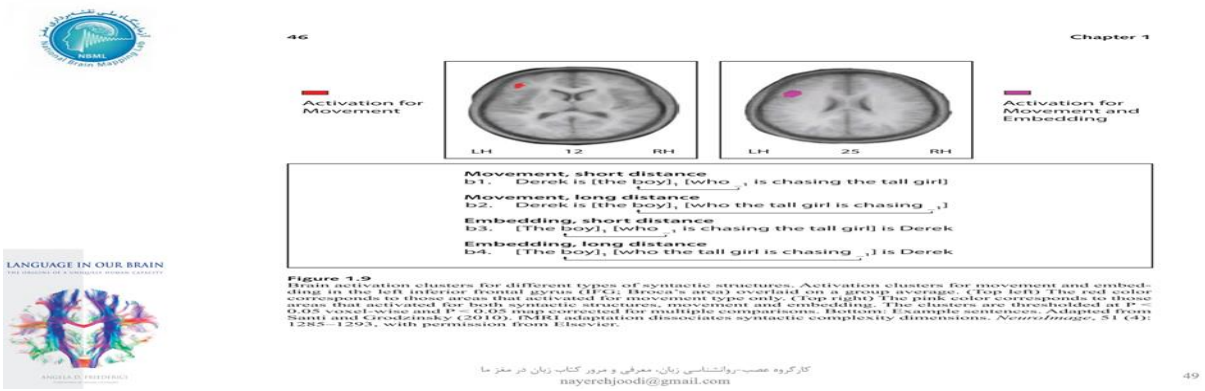
Friederici, Fiebach, Schlesewsky, Bornkessel, and von Cramon, 2006

این پژوهش که با استفاده از تکنیک اف. ام آر. آی انجام شد نشان داد: باز ترتیب دادن(reordering) بخش‌های پایین شکنج پیشانی و به‌ویژه در ناحیهٔ ۴۴ (تقسیم‌بندی برادمِن) بروکا: inferior frontal gyrus, in particular BA 44 in Broca’s area

پژوهش‌های دیگری به شرح زیر این یافته را تأیید کردند:

inferior frontal gyrus: Röder, Stock, Neville, Bien, and Rösler, 2002; Grewe, Bornkessel, Zysset, ;Wiese, and von Cramon, 2005

BA 44:Friederici, Fiebach, et al., 2006; Meyer, Obleser, Anwander, and Friederici, 2012حرکت و ساختار درونی بند موصولی در زبان‌هایی که ترتیب سازه‌ای نسبتاً ثابت دارند (مانند انگلیسی) (Santi and Grodzinsky, 2010)



بند موصولی به سمت راست بند اصلی حرکت کند b1-b2

بند موصولی در بند اصلی درونه‌گیری شود:b3-b4

مشابه بررسی‌های قلب نحوی رابطۀ گروه اسمی حرکت کرده و رد آن بررسی می‌شود. حرکت (رابطۀ سازۀ جابه‌جا شده با رد خود): پردازش بندهایی که موصول مفعولی b2-b4دشوارتر است از بندهایی که موصول فاعلیb3-b1؛ فعالیت در BA 44 and BA 45 within Broca's area. درونه‌گیری (پیچیدگی بند): همچنین بندهایی که در درون بند اصلی b3-b4 درونه‌گیری شده‌اند دشوارتر از بندهایی است که به سمت راست بند اصلی حرکت کرده‌اند b1-b2؛ فعالیت فقط در BA 44. یافته‌های مشابهی از بررسی حرکت در زبان عبری:

activation in left BA 45 and in the left posterior superior temporal sulcus, (Ben-Shachar, Hendler, Kahn, Ben-Bashat, and Grodzinsky, 2003; Ben-Shachar, Palti, and Grodzinsky, 2004).

پرسش: فعالیت مشاهده شده دربروکا پیامد بازترتیب دادن است یا حافظۀ کاری؟ (Rogalsky and Hickok, 2011)

(Meyer et al., 2012): fMRIروی زبان آلمانی با بررسی عوامل ترتیب سازه‌ای (object-first vs. subject-first German sentences) و ذخیرۀ حافظۀ کاری y (one vs. four phrases intervene between the critical argument and the verb)

یافته‌ها نشان می دهد : فعال شدن حافظۀ کاری در پردازش جمله سبب فعالیت در مناطق گیجگاهی- آهیانه‌ای temporo-parietalمی‌شود.

درحالی که بازترتیب دادن به سازه‌ها مناطق BA 44 در بروکا را فعال می‌کند.

(Romero Lauro, Reis, Cohen, Cecchetto, and Papagno, 2010): TMS تحریک BA40,BA44 نیمکرۀ چپ افراد سالم در هنگام پردازش جمله نتایجی مشابه به دست داد: تحریک ناحیۀ BA44 سبب کاهش دقت پردازش جمله‌های از نظر

نحوی پیچیده شد در حالی که تحریک BA40 نه‌تنها دقت پردازش جمله‌های پیچیده را کاهش داد بلکه دقت جمله‌های از نظر نحوی ساده‌تر اما طولانی‌تر را نیز کاهش می‌داد.

درجه و سلسله مراتب درونه‌گیری‌شدگی سازه‌ها درجمله

fMRI:(Makuuchi, Bahlmann, Anwander, and Friederici, 2009) پژوهشی که نشان داد پردازش سلسه‌مراتب درونه‌گیری مستقل از فرایندهای حافظهٔ کاری مربوط به جمله سبب فعالیت در BA44 می‌شود.البته این یافته برای پردازش زبان اول است در پردازش جمله‌های زبان دوم فعالیت در مناطق پیشین‌ترanterior مشاهده شد (Jeon and Friederici, 2013)

(Jonides et al., 1998; Gruber and von Cramon, 2003)همچنین باید توجه شود که پردازش وابستگی نحوی سبب فعالیت در inferior frontal sulcus در حالی که حافظهٔ کاری زبانی به صورت عمومی فعالیت temporo-parietal cortex می‌شود.

(Grossman et al., 2002; Meyer et al., 2012) پردازش جمله‌ها با ترتیب سازه‌ای نامتعارف (فاصلهٔ زیاد بین سازه با رد)= فعالیت حافظهٔ کاری= فعالیت قشر آهیانه‌ای

(Fiebach, Schlesewsky, and Friederici 2001, 2002)): fMRI+ERP= دونظام حافظهٔ کاری مربوط به زبان:

۱.قشر پیش پیشانی مخصوص پردازش نحوی

۲.حافظهٔ کاری در قشر آهیانه‌ای مخصوص نحو نیست و به حافظهٔ کاری زبانی به‌طور عمومی‌تر مربوط است.

بسیاری از پژوهش‌های fMRI برای پردازش جنبه‌های نحوی فعالیت در BA44 را ثبت کرده‌اند (as in Friederici, Fiebach, et al., 2006; Newman, Ikuta, and Burns, 2010). درحالی که بسیاری دیگر فعالیت همزمان BA44 و BA45 را تأیید کرده‌اند (Kinno, Kawamura, Shioda, and Sakai, 2008; Tyler and Marslen-Wilson, 2008; Tyler et al., 2010; Fedorenko, Behr, and Kanwisher, 2011; Pallier et al., 2011)

چرا این اتفاق روی داده است؟ تفاوت در محرک‌ها؛ تفاوت در تکلیف‌ها؛ تفاوت در نظام و ساختارهای زبان‌های مورد مطالعه

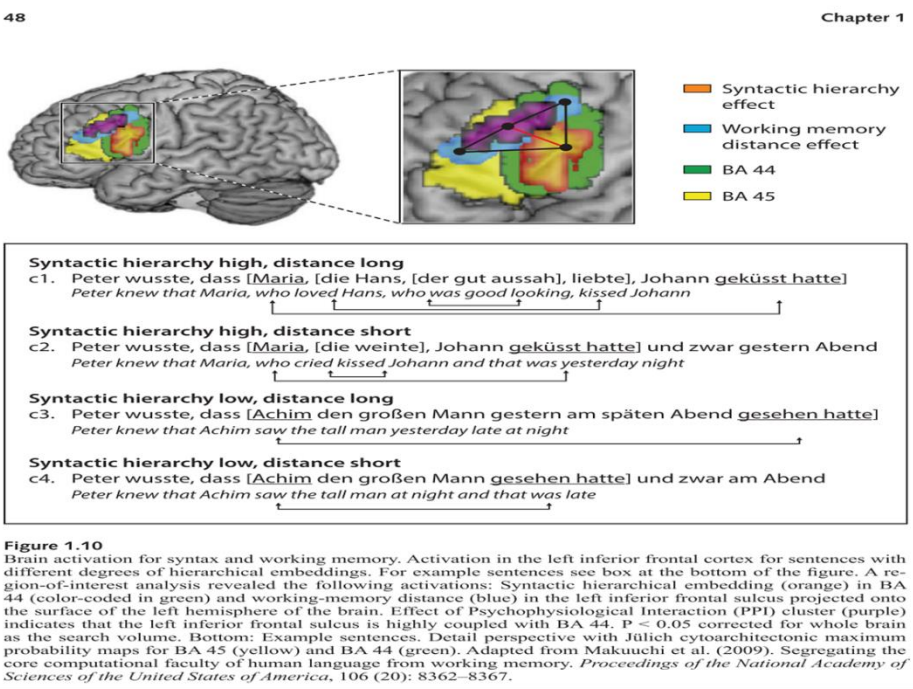


Figure 1.10
Brain activation for syntax and working memory. Activation in the left inferior frontal cortex for sentences with different degrees of hierarchical embeddings. For example sentences see box at the bottom of the figure. A region-of-interest analysis revealed the following activations: Syntactic hierarchical embedding (orange) in BA 44 (color-coded in green) and working-memory distance (blue) in the left inferior frontal sulcus projected onto the surface of the left hemisphere of the brain. Effect of Psychophysiological Interaction (PPI) cluster (purple) indicates that the left inferior frontal sulcus is highly coupled with BA 44. $P < 0.05$ corrected for whole brain as the search volume. Bottom: Example sentences. Detail perspective with Jülich cytoarchitectonic maximum probability maps for BA 45 (yellow) and BA 44 (green). Adapted from Makuuchi et al. (2009). Segregating the core computational faculty of human language from working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106 (20): 8362–8367.

مقایسهٔ آلمانی و انگلیسی: هر دو از شاخهٔ زبان‌های هندو اروپایی

آلمانی ترتیب سازه ای نسبتاً آزاد، اطلاعات صرفی نحوی غنی (صرف تصریفی). انگلیسی اطلاعات صرفی-نحوی کم، ترتیب سازه ای ثابت برای تشخص نقش‌های نحوی سازه‌ها، استفاده از اطلاعات معنایی

(Friederici, Fiebach, et al., 2006; Makuuchi et al., 2009; Obleser, Meyer, and Friederici, 2011)دستکاری‌های نحوی گوناگون در آلمانی سبب فعالیت در BA 44

(Caplan, Chen, and Waters, 2008; Santi and Grodzinsky, 2010; Tyler et al., 2010)در انگلیسی فعالیت همزمان BA44 و BA45

(Goucha and Friederici (2015

(Ohta, Fukui, and Sakai, 2013)

پژوهشfMRI جایگزینی واژه‌ها به شبه‌واژه حضور ادات دستوری و عناصر صرفی-نحوی

در زبان ژاپنی تصریف سبب شناسایی اسم‌ها و فعل ها و روابط موضوعی می شود

نتایج: فعالیت BA 44/45 برای جمله‌های درونه‌گیری شده در مقایسه با جمله‌های ساده. پردازش روابط موضوعی با توجه به تصریف برخلاف آلمانی سبب بروز فعالیت در BA 45 می‌شود. بار دیگر فعالیت BA 44 در پردازش فرایندهای نحوی تأیید شد. بنابراین می‌توان گفت که BA 45 را باید به دو بخش پیشین تر و پسین‌تر تقسیم کرد(Amunts et al., 2010) : پخش های پسین BA 44 در پردازش جنبه‌های مختلف نحوی فعالیت دارند. پخش های پیشین BA47 در پردازش معنایی.

ساختن ساخت‌های نحوی: از سازه‌ها تا جمله‌ها

مشاهده کردیم حذف عوامل معنایی برای بررسی چگونگی پردازش جنبه‌های نحوی یک روش رایج در پژوهش ها است. راه دیگر تجزیهٔ نحو به اجزای بنیادی و دوباره ساختن آن است. یکی از فرایندهای پایه‌ای نحوی ادغام است که به نظر می‌رسد در همهٔ زبان‌ها وجود دارد (Chomsky, 2013; Berwick et al., 2013). ادغام اسم و حرف تعریف و سپس ادغام با فعل و دیگر سازه‌های جمله درمراحل بعدی

The ship sank late at night during the heavy storm.

چگونگی پردازش ادغام

(Zaccarella and Friederici, 2015a):پردازش ادغام در گروه حرف‌تعریف سبب بروز فعالیت در بخش ventral anterior part of BA 44

(Zaccarella, Meyer, Makuuchi, and Friederici, 2015): پردازش دو ادغام درگروه حرف اضافه ای on the ship و جمله The ship sinks سبب بروز فعالیت در منطقهٔ BA 44 and in the posterior superior temporal sulcus شد (در مقایسه با فهرست واژه‌ها). در پردازش جمله فعالیت BA45 هم مشاهده شد که حضور فعل مربوط است. فعالیت BA44 در هر دو شرایط آزمایش بازنمایی‌کنندهٔ فرایندهای ساختن ساخت نحوی یا ادغام است.

(Ding, Melloni, Zhang, Tian, and Poeppel, 2015) پژوهشی بر پایهٔ تکنیکMEG magnetoencephalography این پژوهش نشان می‌دهد پردازش سازه‌های مختلف زبان بومی شامل: هجاها، گروه‌ها، جملات سبب بروز الگوی نوسانی متفاوتی در سیگنال MEG می شود. پژوهش الکتروانسفالوگرافی تکمیل کنندهٔ این پژوهش نشان داد که پردازش این فرایندهای مربوط به سلسله‌مراتب ساخت سازه‌ای سبب فعالیت در middle and posterior superior temporal gyrus bilaterally and the left inferior frontal gyrus می‌شود.

(Pallier and colleagues 2011) پژوهشی روی زبان فرانسه نشان داد در پردازش و ساخت سازه‌های زبان به صورت سلسله‌مراتبی درposterior superior temporal sulcus and the inferior frontal gyrus که نشانگر ارتباط نزدیک ساخت سازه‌ها و ساخت گروه نحوی است.

شبکهٔ کارکردی پردازش جمله‌های پیچیده

پس در پردازش جمله علاوه بر مشاهدهٔ فعالیت در منطقهٔ بروکا فعالیت در posterior superior temporal gyrus/superior temporal sulcus که نشان می‌دهد درک زبان سازوکاری تعاملی در پردازش گونه‌های مختلف اطلاعات (نحوی و معنایی) دارد(Friederici, 2011) . این نتایج از پژوهش‌هایی به دست آمد که در آن فعالیت posterior superior temporal gyrus بازنمایی کنندهٔ پردازش پیچیدگی ساخت زبان طبیعی بود در شرایطی که اطلاعات معنایی نیز موجود بود و جمله را تفسیرپذیر می‌کرد(Friederici,

Makuuchi, and Bahlmann, 2009) اما در پژوهش ها روی دستور مصنوعی سلسله‌مراتبی که هیچ اطلاعات معنایی در دست نبود مشاهده نشد (Bahlmann et al., 2008)

دو انگاره

۱.بروکا در پردازش نحوی و یکپارچه شدن نحو و معنا (Hagoort, 2005)

۲.ناحیهٔ بروکا بیشتر مسئول بازگویی زبانی در فرایندهای نحوی تا صرفاً فقط پردازش نحوی(Rogalsky and Hickok, 2011)

هرچند بررسی و مرور بیش از ۵۰ پژوهش جدایی فرایندهای نحوی و معنایی را دربخش زیرین شکنج پیشانی چپ نشان داد؛

پژوهش‌های نحوی فعالیت در BA 44 و پژوهش‌های معنایی در BA 45/47 را ثبت کردند (Hagoort and Indefrey, 2014)

بنابراین این مرور یافتهٔ پژوهش (Bookheimer, 2002; Friederici, 2002)را تأیید کرد.

(Zaccarella and Friederici, 2016): پژوهشی دیگر با مرور ۱۸ مطالعه دربارهٔ پردازش نحوی دو فعالیت عمده در inferior frontal cortex (BA 44 and BA 45) and in the temporal cortex (BA 22, BA 39, and temporal pole)

۶-۱پردازش معنایی

(Kutas and Hillyard, 1980)

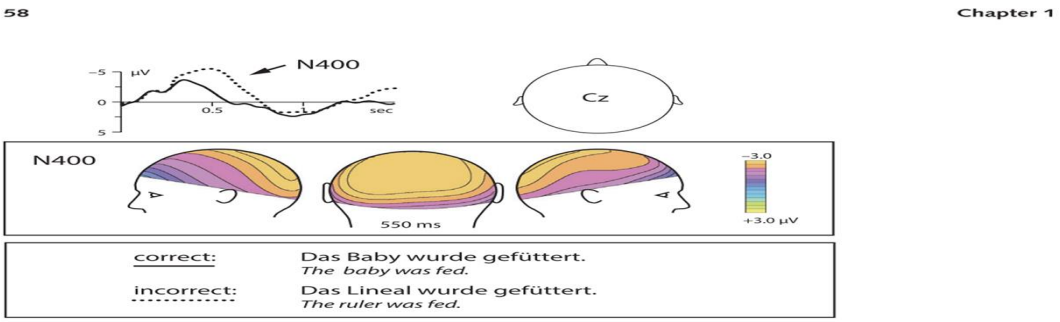


Figure 1.14
Semantic violation effect: N400. Event-related brain potentials in response to a semantic violation in an incorrect sentence compared to a correct sentence. For example sentence see box at the bottom of the figure. N400 stands for a central negativity (more negative-going wave form for the incorrect compared to the correct sentence) around 400 ms. Top: Wave form recorded at the centrally located electrode Cz for correct and incorrect condition for the sentence final word. Middle: Voltage maps displaying the activation difference between incorrect and correct condition at 550 ms for the sentence final word. Bottom: Example sentences. Adapted from Hahne and Friederici (2002). Differential task effects on semantic and syntactic processes as revealed by ERPs. *Cognitive Brain Research*, 13 (3): 339–356, with permission from Elsevier.

ان ۴۰۰ وابستهٔ پردازش واژگانی معنایی((Kutas and Hillyard, 1980.

بعد از آن ان۴۰۰ را بازنمایی کنندهٔ دشواری یکپارچه‌سازی واژگانی و معنایی تفسیر کردند Later it was (Hagoort and van Berkum, 2007’ Hagoort, 2008),

یا آن را بازنمایی‌کنندهٔ پیش‌فعالیت واژگانی (Kutas and Federmeier, 2000; Lau et al., 2008; Stroud and Phillips, 2012).

مؤلفهٔ ان۴۰۰ در ۵ شرایط مختلف پردازش واژه و جمله مشاهده شد و دامنهٔ آن افزایش می‌یافت:۱) وقتی وضعیت واژگانی واژه مشخص نبود (واژه است؟ ناواژه است یا شبه‌واژه؟).۲)هنگامی که واژهٔ دوم در ترکیب دو واژه از نظر معنایی با واژهٔ اول هماهنگ نبود.۳) هنگامی که از محدودیت‌های گزینشی موضوع فعل تخطی روی داده بود. ۴) هنگامی که واژه با بافت جملهٔ پیش از نظر دانش کلی ناهماهنگی دارد یا هنگامی که پذیرفتنی نیست. ۵)دامنهٔ ان۴۰۰ در پردازش واژه‌های جمله هنگامی کاهش می‌یابد که پیش‌بینی‌پذیری واژهٔ بعد سبب آشکار شدن جمله می‌شود. بنابراین ان۴۰۰ بازنمایی‌کنندهٔ فرایندهای واژگانی-معنایی،

پیش‌بینی‌پذیری بافتی معنا و پیش‌بینی‌پذیری با توجه به دانش کلی است. (Hagoort, Hald, Bastiaansen, and Petersson, 2004)

انگاره‌ای عصب‌شناختی برای پردازش معنایی واژه‌ها در بافت

بخش‌های پیشین لوب گیجگاهی در پردازش بازنمایی های معنایی انتزاعی و پردازش‌های معنایی ابتدایی و شکنج زاویه‌ای پردازش بازنمایی‌های پیچیده یا ناهنجار. بخش‌هایی از مغز که پردازش معنایی را پشتیبانی می‌کنند:

the anterior temporal region subserves basic semantic composition

the angular gyrus is involved in combinatorial semantics,

whereas BA 47/45 comes into play for controlled executive semantic processes

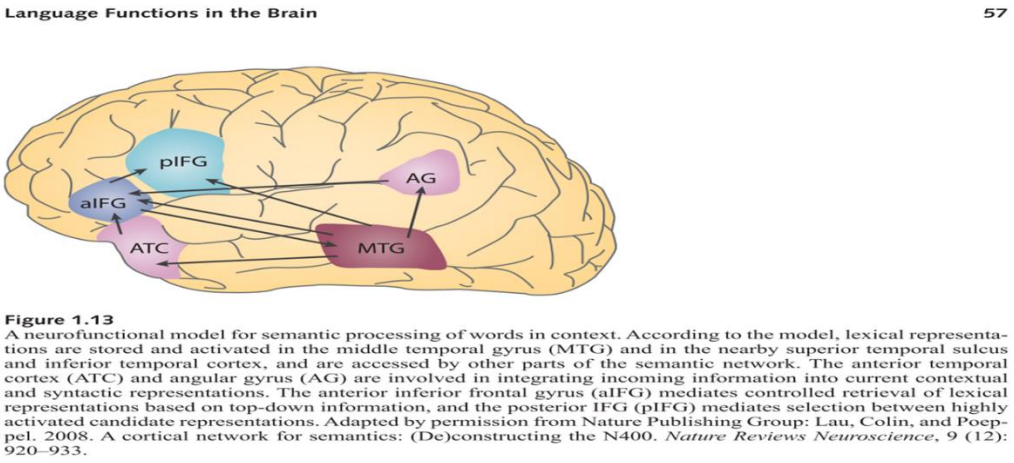


Figure 1.13
A neurofunctional model for semantic processing of words in context. According to the model, lexical representations are stored and activated in the middle temporal gyrus (MTG) and in the nearby superior temporal sulcus and inferior temporal cortex, and are accessed by other parts of the semantic network. The anterior temporal cortex (ATC) and angular gyrus (AG) are involved in integrating incoming information into current contextual and syntactic representations. The anterior inferior frontal gyrus (aIFG) mediates controlled retrieval of lexical representations based on top-down information, and the posterior IFG (pIFG) mediates selection between highly activated candidate representations. Adapted by permission from Nature Publishing Group: Lau, Colin, and Poeppel. 2008. A cortical network for semantics: (De)constructing the N400. *Nature Reviews Neuroscience*, 9 (12): 920–933.

۱-۷ اعطای نقش تتا: ویژگی‌های معنایی و نحوی

بخش مهمی از درک جمله مربوط به روابط موضوعی اجزای جمله (فعل و گروه‌های اسمی/ موضوع‌های آن) و نقش تتای آنها است. مشخصه‌های معنایی (کنشگر، کنش‌پذیر؛ جاندار، بی‌جان) و مشخصه‌های نحوی (حالت فاعلی، حالت مفعولی)

انگاره‌های عصب-زبان‌شناختی فرض می‌گیرند که اعطای نقش تتا پس از مرحلهٔ ابتدایی ساختن ساخت‌ها روی می‌دهد.

(Friederici, 2002, 2011) در انگارهٔ فردریچی اعطای نقش تتا در مرحلهٔ دوم انجام می‌شود.

اما Bornkessel and Schlesewsky, 2006 این مرحلهٔ دوم را به دو مرحلهٔ دیگر تقسیم می‌کند: مرحله‌ای که مشخصه‌های مرتبط استخراج می‌شوند و مرحله‌ای که محاسبات یا پردازش روی می‌دهد.

انگاره‌های شناختی: فرایندهای پردازش نحوی معنایی و نقش‌تتایی به‌صورت موازی با هم کار می‌کنند. اعطای نقش تتا به اطلاعات گوناگون نحوی (اسم، فعل، پایانه‌های تصریفی) و جنبه‌های معنایی وابسته است.

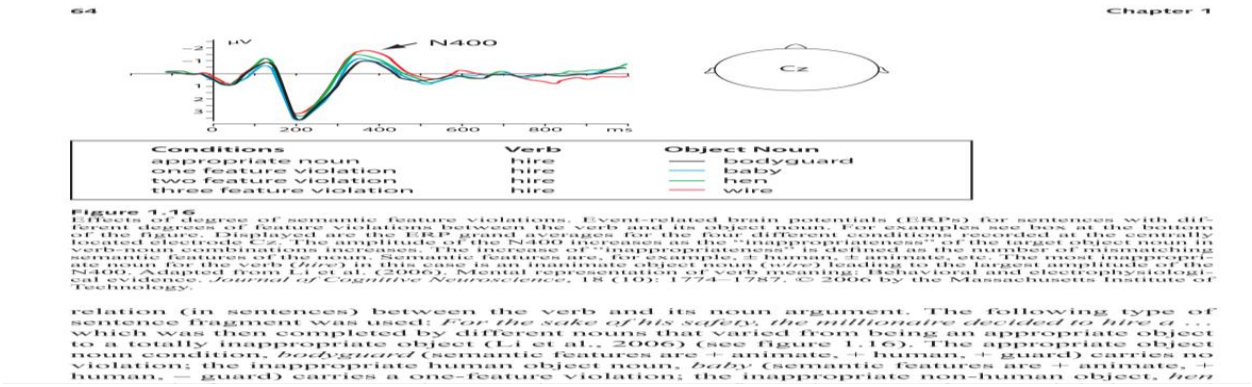
فردریچی در این بخش کتاب پژوهش‌های ERP مرتبط را مرور می‌کند و سه یافته به دست می‌دهد:

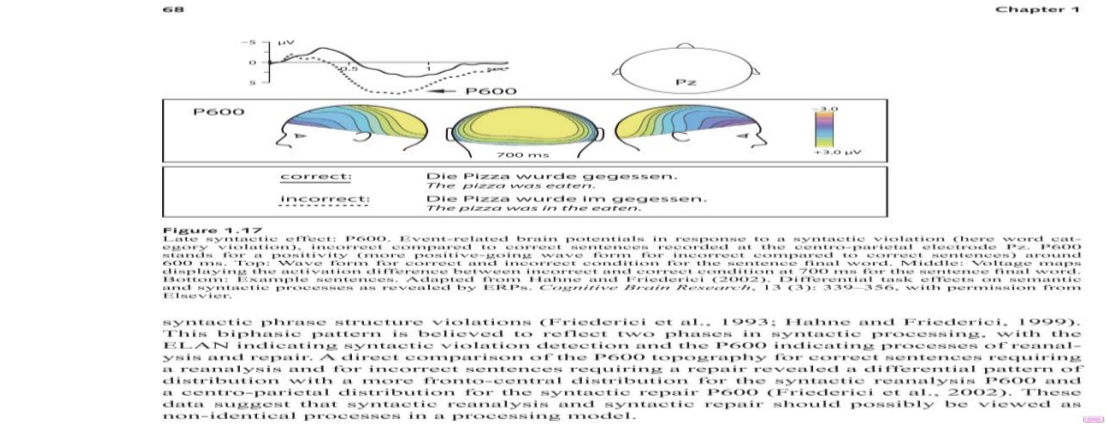
۱. N400 مشخصه‌ای صرفا معنایی نیست بلکه فرایندهای معنایی- موضوعی (نقش‌تتایی) را نیز باز نمایی می‌کند.

۲.LAN یا مؤلفهٔ منفی مشاهده‌شده در نیم‌کرهٔ چپ (۳۰۰و ۵۰۰ میلی ثانیه) پردازش عناصر صرفی-نحوی را بازنمایی می‌کند.

۳. p600 مشاهده شده در ۶۰۰ میلی‌ثانیه بازنمایی‌کنندهٔ فرایندهای یکپارچه‌سازی/ ترکیب نحوی و معنایی است (بازتحلیل و نه فقط تخطی نحوی). سپس فهرستی از مطالعات MEG,fMRI مرور می‌کند و نتیجه می‌گیرد فرایند یکپارچه‌سازی صرفی-نحوی در سطح جمله احتمالاً سبب فعالیت posterior superior temporal gyrus/superior temporal sulcus می‌شود.

Li et al. (2006)؛ Hahne and Friederici (2002)





یکپارچه‌سازی و تفسیردر انگارهٔ شناختی ۱-۱

یکپارچه‌سازی در این انگاره به تفسیر بازنمایی‌های زبان‌شناختی به صورت کلی اشاره دارد و به جنبه‌هایی وابسته است که بخشی از نظام‌های زبانی هسته‌ای (واج شناسی، صرف، نحو و معناشناسی) نیست. جنبه‌های موقعیتی و ارتباطی، دانش فردی دربارهٔ جهان (دانش دربارهٔ فناوری، دانش فرهنگی به‌صورت کلی، دانش دربارهٔ ویژه دربارهٔ وضعیت اجتماعی، ارتباطی و زمینهٔ خانوادگی مشارک در ارتباط زبانی. پردازش اطلاعاتی مانند این دانش احتمالاً سبب فعالیت‌هایی با توزیع گسترده در مناطق مختلف مغز می‌شود بنابراین ردگیری آن چندان آسان نیست. نتیجه: با توجه به پژوهش های انجام شده در این زمینه می‌دانیم: اعطای نقش تتا در مرحله‌ای صورت می‌یابد که روابط بین فعل و موضوع‌های آن محاسبه و پردازش می‌شوند. برای اعطای نقش تتا به اجزای مختلف جمله باید

به اطلاعات صرفی-نحوی (مطابقۀ فعل و فاعل، LAN) اطلاعات مربوط به حالت (LAN و N400 بسته به زبان) و اطلاعات مربوط به محدودیت‌های گزینشی واژگان (N400) توجه شود. نظریه های زبانی با شواهد تجربی پشتیبانی می‌شوند همانطور که الزامات محدودیت‌های گزینشی فعل و ساخت موضوعی فعل از هم تفکیک می‌شوند. برای فهم « چه کسی، چه کاری برای/برکی انجام می‌دهدwho is doing what to whom» در یک جمله مناطقی در شبکه پیشانی-گیجگاهی مغز فعال می‌شود که شامل

inferior frontal gyrus& the middle and superior temporal gyri. می‌شود.

۸-۱پردازش اطلاعات نوایی/ زبرزنجیری

در بخش ۱-۲ دربارۀ فرایندهای پردازش آکوستیکی-واجی در سطح عناصر زنجیرۀ گفتار بحث کردیم اکنون به پردازش عناصر زبر زنجیری خواهیم پرداخت. اطلاعات زبرزنجیری/ آهنگ یا نوای گفتار را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱) نوای گفتار زبان‌شناختی (ساختمان نحوی یا ساختارهای موضوعی).۲) نوای گفتار عاطفی (وضعیت یا جنبه‌های عاطفی گفتار).

(Van Lancker, 1980) نگاهی ساده دارد و معتقد است نوای زبان شناختی در نیمکرۀ چپ و نوای گفتار عاطفی در نیمکرۀ راست پردازش می‌شود. البته خواهیم دید که تصویر واقعی از پردازش نوای گفتار بسیار پیچیده تر از این است. محرک‌ها و تکلیف آزمایش در پژوهش دربارۀ نوای گفتار بسیار مهم است. اطلاعات نوایی با منحنی آهنگ رمزگذاری می‌شوند که چگونگی تفکیک سازه‌ها (گروه‌های نحوی) در جمله و واژه‌های برجسته‌شده را نشان می‌دهد. (رویکرد مستقیم و غیرمستقیم: Intonation and Prosodic Structure

Carolin Fery 2017). با مشخص شدن مرزهای نوایی سازه‌های جمله تفکیک می‌شوند و درک آن امکان می‌یابد. مرزهای نوایی با سه عامل صوت‌شناختی مشخص می‌شوند تغییر در زیروبمی ((pitch/f0 طولانی‌شدن یا کشش پیش پایانی و قبل از مکث، و مکث

در عبارت‌های زیر مرز سازه‌ها را نشان می‌دهد

(1) The man said # the woman is stupid.

(2) The man # said the woman # is stupid.

کلاس داشتم. می‌رفتم دانشگاه.

کلاس داشتم، می‌رفتم دانشگاه.

Closure Positive Shift (CPS)

این مؤلفه از تکنیکERP اولین وابستۀ پردازش نوای گفتار در سطح جمله است که در آزمایشی روی زبان آلمانی مشاهده شد.

(Steinhauer, Alter, and Friederici, 1999). این مؤلفه پردازش مرزهای نوایی در زبان آلمانی را باز نمایی کرد و پس از آن در شماری از پژوهش‌ها روی دیگر زبان ها نیز مشاهده شد:

Dutch (Kerkhofs, Vonk, Schriefers, and Chwilla, 2007; Bögels, Schriefers, Vonk, Chwilla, and Kerkhofs, 2010),

Japanese (Wolff, Schlesewsky, Hirotani, and Bornkessel- Schlesewsky, 2008),

Chinese (Li and Yang, 2009)

, and English (Itzhak, Pauker, Drury, Baum, and Steinhauer, 2010)

همچنین پژوهش‌ها نشان دادند که این مؤلفه تنها مکث را بازنمایی نمی‌کند بلکه دو عامل دیگر بازنمایی کنندۀ مرزنوایی را نیز نشان می‌دهد. پژوهش دیگری(Pannekamp, Toepel, Alter, Hahne, and Fried- erici, 2005) نشان داد وقتی عناصر زنجیری حذف شوند و فقط اطلاعات نوایی جمله در دسترس باشد مؤلفه CPSدر نیمکرۀ راست مشاهده می‌شود.

(Steinhauer and Friederici, 2001;Steinhauer, 2003; Kerkhofs, Vonk, Schriefers, and Chwilla, 2008) تأیید کردند این مؤلفه phrasing تفکیک نوایی را بازنمایی می‌کند چه در گفتار چه در نوشتار (حضور کاما) و صرفا وابسته به عوامل آکوستیکی/صوت شناختی نیست.

((Männel and Friederici, 2009, 2011,2016 پژوهش‌هایی روی کودکان و نوزادان نیز این یافته ها را تأیید کرد و نشان داد این مؤلفه تنها وقتی مکث در جمله وجود دارد مشاهده می‌شود و در صورت حذف مکث این مؤلفه ثبت نمی‌شود. هرچند در کودکانی که دانش نحوی مناسبی کسب کرده‌اند درست مانند بزرگسالان اطلاعات زیروبمی و طول هجا به تنهایی می‌تواند سبب بروز این مؤلفه شود.

کدام نیمکره مسئول پردازش نوایی است؟

پژوهش‌های بالینی روی بیماران با آسیب مغزی دردو نیمکره نشان دادند پردازش نوای زبان‌شناختی گفتار: ۱) در نیمکرۀ راست صورت می‌یابد (Weintraub et al., 1981; Brădvik et al., 1991). ۲) در هر دو نیمکره انجام می‌شود زیرا بیمارانی که در هر دو نیمکره (راست یا چپ) ضایعه داشتند در درک نوای گفتار مشکل داشتند (Bryan, 1989; Pell and Baum, 1997)

در پژوهش‌های بعد از روش تفکیک عناصر زنجیری و زبر زنجیری استفاده کردند و نتایج نشان داد بیمارانی که در نیمکره راست آسیب‌دیدگی دارند در درک ضعیف‌تر عمل کردند (Bryan, 1989) و (Perkins, Baran, and Gandour, 1996). پژوهش‌های اخیر نشان می دهد که بیماران با ضایعه در مناطق گیجگاهی-آهیانه‌ای در تکلیف نوایی ضعیف‌تر از آنهایی هستند که در مناطق پیشانی و زیرقشری آسیب دیدگی دارند (Rymarczyk and Grabowska, 2007)

پردازش عناصر زنجیری و زبر زنجیری:

(Meyer, Alter, Friederici, Lohmann, and von Cramon, 2002; Meyer, Steinhauer, Alter, Friederici, and von Cramon, 2004) تخصیص یک نیمکره به پردازش نوای زبان شناختی به نقش عناصر نوایی در آن زبان بستگی دارد.

پردازش زیروبمی در زبانهای نواختی که نقش تغییر معنای واژه‌ها را دارد مانند چینی و ماندرین؛ فعالیت نیمکرۀ چپ مغز مانند پردازش اطلاعات واژگانی (Gandour et al., 2000). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت اگر عناصر نوایی فقط نقش زبرزنجیری دارند بیشتر در نیمکرۀ راست و در صورتی که به واژگان مربوط شوند در نیمکرۀ راست پردازش می‌شوند.

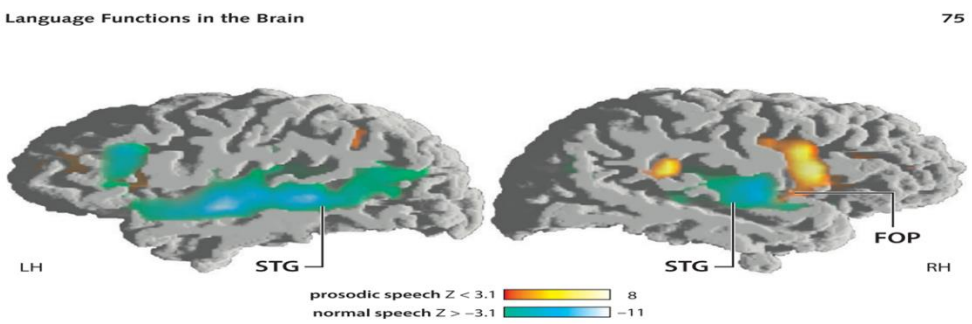


Figure 1.19
Brain activation as a function of prosody. Activation for prosodic speech (no segmental information, only supra-segmental information) compared to normal speech (segmental and suprasegmental information) is color-coded in red-yellow, activation for normal speech compared to prosodic speech is color-coded in green-blue. Adapted from Meyer et al. (2002). FMRI reveals brain regions mediating slow prosodic modulations in spoken sentences. *Human Brain Mapping*, 17 (2): 73–88. © 2002 Wiley-Liss, Inc.

رابطهٔ نحو و نوای گفتار؛ ابهام ساختاری و نقش نوای گفتار در ابهام‌زدایی

پژوهش‌های رفتاری نشان داده‌اند در درک جمله و ابهام‌زدایی نحو و نوای گفتار با هم تعامل دارند (Marslen-Wilson, n Tyler, War- ren, Grenier, and Lee, 1992; Warren, Grabe, and Nolan, 1995). در ۱-۵ مشاهده کردیم پردازش نحوی در نیمکرهٔ چپ صورت می‌گیرد و در بخش پیش دریافتیم نوای گفتار در نیمکرهٔ راست پس رابطهٔ این دو سطح زبانی در بخش رابط دو نیمکره صورت یابد corpus callosum جسم پینه‌ای؛ ساختاری عصبی که انتقال اطلاعات را ممکن می‌سازد. (Hofer and Frahm, 2006; Huang et al., 2005) بنابراین آسیب در این بخش از مغز باید سبب اختلال در پردازش رابطهٔ نحو و نوای گفتار شود.

right anterior negativity for prosodic violations in sentences (Eckstein and Friederici, 2006) دستکاری در نوای گفتار (ابتدا و انتهای جمله) رابطهٔ نحو و نوای گفتار تأیید شد.

بررسی بیمارانی که در بخش پسین این مسیر ارتباطی دو نیمکره (جسم/پینه‌ای) ضایعه داشتند ارتباط نحو و نوای گفتار در این بخش را نشان نداد. (Sammler, Kotz, Eckstein, Ott, and Friederici, 2010 هر چند اثری از تخطی در نوای گفتار مستقل از نحو مشاهده شد. البته این بخش در ترکیب اطلاعات نحوی مربوط به ساخت گروهی و مشخصه‌های نوایی نقشی پایه‌ای در درک شنیداری گفتار دارد. همچنین فعالیت این بخش تعامل اطلاعات نوایی و نحوی در هنگام تشخیص فعل و موضوع‌های (فعل گذرا/ ناگذار) آن مشاهده می‌شود(Steinhauer et al., 1999) (Friederici, von Cramon, and Kotz, 2007; Bögels et al., 2010)

دستکاری نحو و نوای گفتار (شرایط آزمایشی تطابق و عدم تطابق)

N400–P600 pattern. The N400 reflects a reaction to the unexpected verb and the P600 reflects processes of syntactic reanalysis.

با توجه به یافته های این پژوهش‌ها می‌توان نتیجه گرفت: در پردازش رابطهٔ نحو و نوای گفتار ارتباط نقاط فعال در دو نیمکره ضروری است که بر نقش مسیر ارتباطی دو نیم‌کره تأکید می‌شود ضمن اینکه به نظر می‌رسد در فرایند درک رابطهٔ نحو و نوای گفتار مناطق زیر قشری_احتمالاً تالاموس وعقده‌های قاعده‌ای basal ganglia نیز علاوه بر بخش پسین جسم پینه‌ای به عنوان پشتیبانی کنندهٔ رابطهٔ دو نیمکره، نقش دارند.

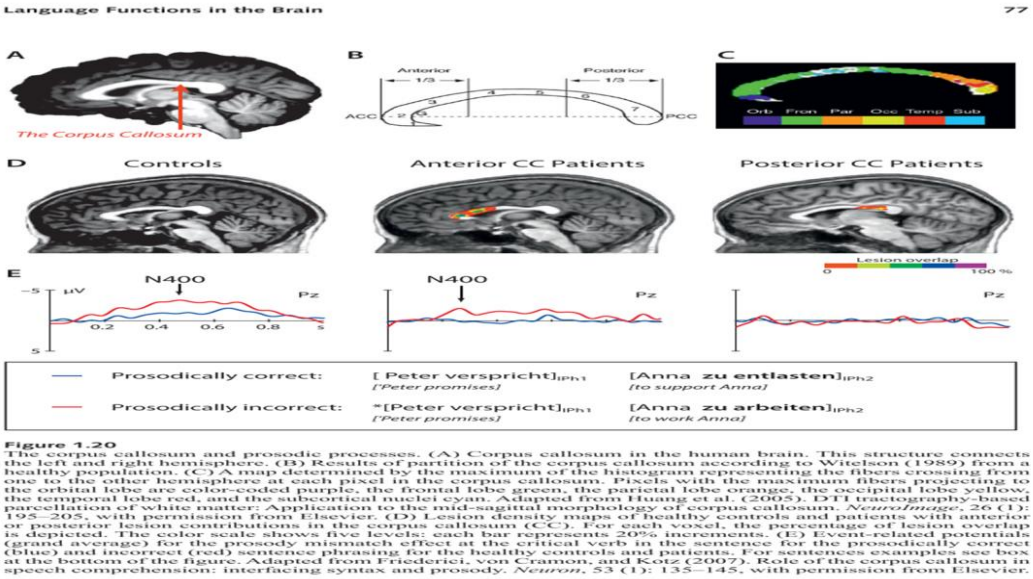


Figure 1.20
The corpus callosum and prosodic processes. (A) Corpus callosum in the human brain. This structure connects the left and right hemisphere. (B) Results of partition of the corpus callosum according to Witelson (1989) from a healthy population. (C) A map determined by the maximum of the histogram representing the fibers crossing from one to the other hemisphere at each pixel in the corpus callosum. Pixels with the maximum fibers projecting to the orbital lobe are color-coded purple, the frontal lobe green, the parietal lobe orange, the occipital lobe yellow, the temporal lobe red, and the subcortical nuclei cyan. Adapted from Huang et al. (2005). DTI tractography-based parcellation of white matter: Application to the mid-sagittal morphology of corpus callosum. *NeuroImage*, 26 (1): 195–205, with permission from Elsevier. (D) Lesion density maps of healthy controls and patients with anterior or posterior lesion contributions in the corpus callosum (CC). For each voxel, the percentage of lesion overlap is depicted. The color scale shows five levels; each bar represents 20% increments. (E) Event-related potentials (grand average) for the prosody mismatch effect at the critical verb in the sentence for the prosodically correct (blue) and incorrect (red) sentence phrasing for the healthy controls and patients. For sentences examples see box at the bottom of the figure. Adapted from Friederici, von Cramon, and Kotz (2007). Role of the corpus callosum in speech comprehension: interfacing syntax and prosody. *Neuron*, 53 (1): 135–145, with permission from Elsevier.

پردازش نوای عاطفی گفتار؛ کدام نیم‌کره؟

پژوهش‌ها فعالیت در دو نیم‌کره را نشان دادند ضمن اینکه بر نقش عقده‌های قاعده‌ای(Kotz et al., 2003) و بادامه amygdala تأکید شد(Schirmer et al., 2008; Leitman et al., 2010). پژوهش‌های ERP با توجه به دقت زمانی دو مرحله برای پردازش نوای عاطفی گفتار به دست دادند : مرحلهٔ اول که سبب فعالیت در مناطق زیرقشری مانند عقده‌های قاعده‌ای (که مسئول پردازش ارزیابی‌های احساسی ابتدایی است) می شود. مرحلهٔ بعد فعالیت در مناطق قشری مسئول درک معنایی عواطف مشاهده شد (see Schirmer and Kotz, 2006; Paulmann and Pell, 2010; Kotz and Paulmann, 2011; Paulmann, Titone, and Pell, 2012)

تخطی نوا و معنا

جمله با لحن شاد و غمگین چگونه پردازش می‌شود؟ بررسی این موضوع با آزمایش‌های آماده ساز؛ اهمیت نقش محرک ها و طراحی آزمایش؛ تفاوت آزمودنی های زن و مرد در پردازش نوای عاطفی

(Schirmer, Kotz, and Friederici, 2002, 2005)

چگونگی پردازش زیروبمی pitch درنوای گفتار، نوای عاطفی یا در موسیقی

در این بخش با مرور پژوهش‌های مرتبط همانطور که شرح آن را در صفحات پیش دیدیم نتیجه می‌گیرد: پردازش اطلاعات مربوط به زیروبمی در نوای گفتار، نوای عاطفی و ملودی موسیقی اهمیت دارد. نوای گفتار در نیمکرهٔ راست و نحو در نیمکرهٔ چپ پردازش می‌شود. در درک گفتار و برای تعیین مرز گروه‌ها دو نیمکره فعالیت و تعامل دارند که این تعامل از طریق مسیر ارتباطی دو نیم‌کره (جسم پینه‌ای پشتیبانی) می‌شود. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت: زیروبمی در مرحلهٔ اولیه و جدای نقش زبانی سبب بروز فعالیت در شکنج گیجگاهی فوقانی/ زبرین نیمکرهٔ راست می‌شود. نواخت واژگانی در نیمکرهٔ چپ، نوای گفتار زبان‌شناختی در هردو نیمکره (و اختصاص نیمکرهٔ چپ) و موسیقی در هر دو نیمکره (و اختصاص نیمکرهٔ راست) (Liu, Patel, Fourcin, and Stewart,

2010; Nan, Sun, and Peretz, 2010; Tillmann et al., 2011) (Nan and Friederici, 2013 زیرو بمی با توجه به کارکردش پردازش می‌شود. (Xiao, Friederici, Margulies, and Brauer, 2016a)

۹-۱ نوروآناتومیِ کارکردی درک زبانی

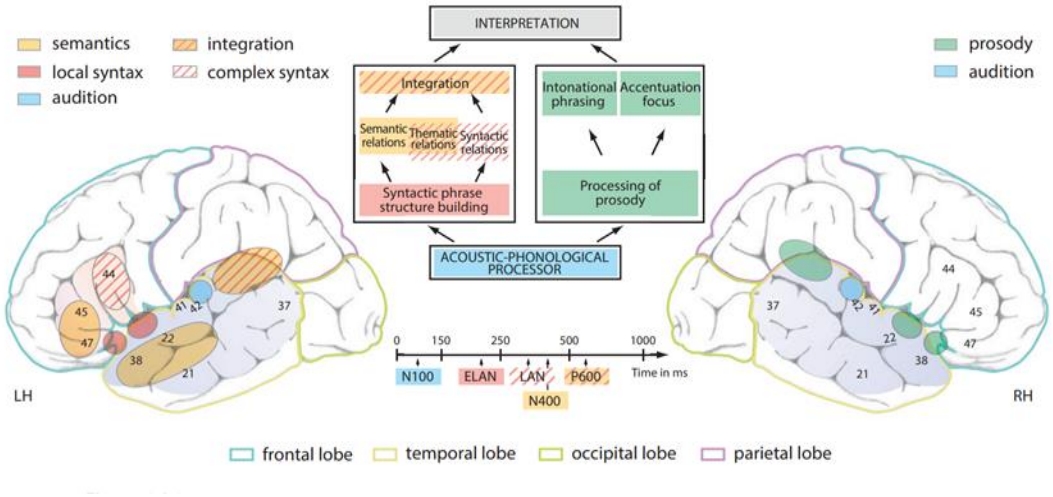
این فصل با طرح انگاره‌ای شناختی برای فرایندهای درک شنیداری زبان آغاز شد. فرایندهایی از درون‌داد شنیداری تا فهم جمله که همهٔ آنها در تصویر ۱.۱ بازنمایی شده است. این فرایندها در کمتر از یک ثانیه روی می‌دهند. این مسئله قابل توجه است. در طول این فصل بنیان‌های مغزی این فرایندهای متفاوت را شرح دادم. آموختیم برای دستیابی به درک درست، نظام زبان باید به اطلاعات مرتبط در شبکهٔ زبانی دست بیابد و آنها را پردازش کند. این شبکهٔ زبانی از نواحی پیشین قشر مغز در منطقهٔ پیشانی و گیجگاهی نیمکرهٔ چپ و همچنین نیمکرهٔ راست تشکیل شده است. تصویری که با توجه به مرور پژوهش‌های انجام شده روی چگونگی پردازش زبان به دست می‌آید از نظر نوروآناتومیکی و با توجه به پردازش‌های حسی و فرایندهای شناختی منسجم است؛ فرایندهایی که از قوانین ثابتی پیروی می‌کنند مانند فرایندهای نحوی. جایگاه فرایندهای معنایی که جنبه‌های وابسته به تداعی را دربردارند، در مغز کمتر مشخص شده است. تا حدی دلیل این مسئله این است که تفکیک فرایندهای معنایی زبان‌شناختی محض از فرایندهای معنایی مربوط به حافظه و تداعی دشوار است. زیرا هر کدام از این فرایندها در میان افراد مختلف گوناگون است و حتی در یک فرد ثابت در گذر زمان ممکن است بسته به تجربیات شخصی و تداعی‌های مربوط تغییر کند. بر اساس داده‌های در دسترس، نوروآناتومی کارکردی مربوط به درک جمله‌های شنیداری می‌تواند طبق توالی زمانی رویداد فرایندهای مختلف و مکان رویداد آنها در مغز شرح داده شود (تصویر ۱.۲۱).

فرایندهای زبان شنیداری دوره‌های زمانی درنوسانی دارند همانطور که آثار حاصل از نتایج پژوهش‌های بر پایهٔ تکنیک پتانسیل وابسته به رویداد در تصویر ۱.۲۱ مشاهده می‌گردد. پردازش صوت‌شناختیو فرایندهای مربوط به پردازش و دسته‌بندی صدای گفتار در حدود ۱۰۰ میلی‌ثانیه پس از رویارویی گویشور یا آزمودنی با محرک روی می‌دهد (N100). ساخت ابتدایی ساختار گروه در فاصلهٔ زمانی ۱۲۰و ۲۵۰ میلی‌ثانیه روی می‌دهد (ELAN) در حالی که فرایند پردازش معنایی، موضوعی، و روابط نحوی در ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌ثانیه روی می‌دهد (LAN, N400). تکمیل و یکپارچه‌سازی اطلاعات مختلف در حدود ۶۰۰ میلی ثانیه صورت می‌یابد (P600). این فرایندها عمدتاً در نیم کرهٔ چپ انجام می‌شود. همچنین فرایند پردازش نوای گفتار در نیمکرهٔ راست صورت می‌یابد؛ و بر مبنای تعامل با نیم‌کرهٔ چپ در پردازش مرز گروه‌های نوایی است که با مؤلفهٔ تغییر بست مثبت در تکنیک ای. آر. پی. بازنمایی می‌گردد.

نواحی مختلف نیم‌کرهٔ راست و چپ می‌تواند به انجام این فریندها اختصاص یابد. قشر شنیداری ابتدایی و بخش گیجگاهی فرایندهای صوت‌شناختی-آوایی را پشتیبانی می‌کند. ساخت ابتدایی ساختار گروهی در بخشی از ناحیهٔ درپوش پیشانی و بخش‌های بطنی از نیم‌کرهٔ پیشانی همراه با بخش‌های پیشین و بالایی شکنج سینوسی در نیمکرهٔ گیجگاهی و بخش‌های پیشانی مسئول این پردازش این دو عنصر زبانی هستند و منطقهٔ بطنی BA 44 مغز مسئول ساختن سلسله‌مراتب است. فرایندهای معنایی و اعطای نقش تتایی در دومین مرحلهٔ پردازش و در بخش شکنج سینوسی گیجگاهی و منطقهٔ میانی شکنج بالایی گیجگاهی و BA 45/47 در بخش‌های پیشین پیشانی انجام می‌شود. پردازش سلسه‌مراتب نحوی پیچیده در منطقهٔ BA 44 و شکنج بالایی گیجگاهی مناطق بالایی پسین در نیم‌کرهٔ چپ پشتیبانی می‌گردد. پردازش‌های نوایی عمدتاً در نیم‌کرهٔ راست و در نواحی گیجگاهی بالایی و مناطق پیشین پیشانی صورت می‌یابد. تعامل بین اطلاعات نحوی و نوایی در مراحل درک جمله در جسم پنبه ای که نیم‌کرهٔ راست و چپ را به هم می‌پیوندد.

بنابراین، به نظر می‌رسد شبکه‌های کارکردی مختلف فرایندهای نحوی ابتدایی و پایانی را پشتیبانی می‌کند و شبکه‌های دیگری مسئول پردازش اطلاعات معنایی و فرایندهای نوایی است. در فصل ۲ خواهیم دید این نواحی از شبکهٔ کارکردی تشکیل شده است که به وسیلهٔ کلافه‌هایی از الیاف عصبی شبکه‌های ساختاری مجزا را به‌هم متصل کرده‌اند.

در فصل یک انگاره‌ای از بنیان‌های مغزی درک زبان با توجه به نوروآناتومی مناطق مختلف مغزی مسئول پردازش نحوی، معنایی، و فرایندهای نحوی و همچنین روابط زمانی این نقش‌های مختلف در هنگام درک زبان معرفی گردید. که بازنمایی این انگاره در تصویر[۶] زیر مشاهده می‌شود.



نیره جودی

دبیر کارگروه عصب-روانشناسیِ زبان، دانشجوی دکتری زبان‌شناسی، دانشگاه علامه طباطبائی

[۶] تصاویر این گزارش برگرفته از کتاب فردریچی ۲۰۱۷ است. برای بررسی جزئیات مطالب ارائه شده به کتاب و بخش منابع آن مراجعه کنید.