

زبان و مغز^۱

مایکل تی. اولمن^۲

برگردان: مرضیه صمیمی فر^۳

دانشجوی کارشناسی ارشد زبان‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

چکیده

در این نوشته ابتدا به طرح مباحثی پیرامون زیست‌شناسی مغز^۴ در بافتی علمی می‌پردازیم. سپس پرسش‌هایی اساسی در مورد زیست‌شناسی زبان^۵ مطرح می‌کنیم. روش‌های اصلی‌ای که در حال حاضر برای بررسی پایه‌های زیستی زبان به کار می‌روند را می‌آزماییم و شواهد موجود در باب عصب‌زیست‌شناسی زبان را مرور می‌کنیم. از آنجا که اکنون محققان شواهد قابل قبولی در مورد اینکه کدام عملکردهای زبانی مربوط به کدام ساختارهای مغزی و حتی کدام مولکول‌ها و ژن‌هاست، بدست آورده‌اند، نشان می‌دهیم که به چه تعداد از سوالات مطرح‌شده در این فصل پاسخ داده خواهد شد. **کلیدواژه‌ها:** غشای مغزی، جانمایی، تفکیک‌پذیری، منطقه بروکا، تصویربرداری عصبی، زبان‌پریشی، ERP، fMRI، MEG، TMS.

۱. پیش‌گفتار

زبان ریشه در زیست‌شناسی مغز دارد. به همین دلیل برای فهمیدن خود زبان باید زیست‌شناسی زبان را بشناسیم. اکثر تحقیقات در زمینه پایه‌های زیستی زبان، بر آناتومی مغز متمرکز شده‌اند و کوشش می‌کنند تشخیص دهند که کدام قسمت‌های مغز مسئول کدام عملکردهای زبانی‌اند. البته

^۱ این مقاله ترجمه و تلخیصی است از فصل هفتم کتاب مقدمه‌ای بر زبان و زبان‌شناسی (فاسلد و کانر-لینتون، ۲۰۰۶). برای مشاهده متن اصلی رجوع شود به:

Fasold, R. and Connor-Linton, J. (2006). *An Introduction to Language and Linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.

^۲ Michael T. Ullman

^۳ E-mail: marziesamimifar@gmail.com

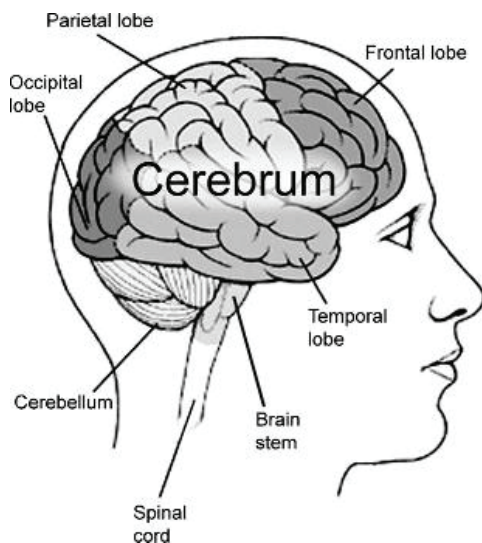
^۴ Biology of the brain

^۵ Biology of language

زیست‌شناسی زبان را می‌توان در سطوح دیگری نیز، از سلول‌ها گرفته تا مولکول‌ها و ژن‌ها، بررسی کرد. به علاوه، می‌توان با مطالعات روان‌شناسی زبان، فراگیری زبان، و سنجش نظری-زبان‌شناختی ساختار زبان، مطالعه تمام این جنبه‌های زیستی را کامل و یکپارچه نمود. همه این مطالعات در کنار هم ما را به هدف نهایی مان که فهمیدن پایه‌های زیستی-شناختی و عصبی-شناختی زبان است نزدیک‌تر می‌کنند. این هدف نیز به نوبه خود سطوح پیشرفته‌تر استفاده زبانی مثل گفتمان، تغییر تاریخی، تنوع گویشی، خواندن و نوشتن و همچنین کاربردهای مهمی مثل آموزش زبان و مدل‌های کامپیوتری زبان را مشخص می‌کند.

۲. زیست‌شناسی مغز

پیش از پرسش درباره پایه‌های زیست‌شناختی زبان در مغز، ابتدا باید با زیست‌شناسی مغز آشنا شویم. به همین دلیل در این بخش مروری بر آناتومی مغز و پایه‌های سلولی و مولکولی عملکرد مغز خواهیم داشت.



۱-۲. مغز پیشین^۱

بزرگ‌ترین قسمت مغز و مهم‌ترین بخش برای ادراک، مغز پیشین است. مغز پیشین از دو نیمکره

^۱ Cerebrum

تشکیل شده است که کم و بیش مانند تصویر یکدیگر در آینه هستند. هر نیمکره به چهار لب تقسیم می‌شود: لب پیشانی (قدامی)^۱، لب گیجگاهی^۲، لب آهیانه^۳، و لب پس سری^۴. علاوه بر این، هر نیمکره از تعدادی ساختارهای آناتومیک کوچک‌تر به نام گیری^۵ و سولکی^۶ نیز تشکیل شده است. گیری‌ها در حقیقت شیارها و فلات‌های واقع بر روی سطح بر هم پیچیده مغز هستند، و سولکی‌ها دره و تنگناهایی هستند که بین گیری‌ها قرار دارند. به دلیل یکنواختی در نقشه‌برداری از مغز انسان‌های مختلف، می‌توان به این ساختارها اسامی خاصی اطلاق کرد، از جمله گیروس^۷ (صورت مفرد واژه گیری) پیشانی تحتانی، یا سولکوس^۸ (صورت مفرد واژه سولکی) گیجگاهی فوقانی. البته مغز همه انسان‌ها کاملاً مثل هم نیست و یک سری تفاوت‌های فردی در جایگاه و شکل دقیق هر گیروس و سولکوس وجود دارد.

۲-۲. غشای مغزی^۹ و نورون‌های آن

تمامی سطح هر نیمکره مغز (هم در جهت‌های کنارین و هم میانی) با غشا (کورتکس^{۱۰}) پوشیده شده است. در این غشا، سلول‌های عصبی یا نورون‌ها قرار دارند. مغز ده‌ها یا حتی صدها بیلیون نورون دارد که به طور گسترده‌ای با هم در ارتباط‌اند. عملکردهای شناختی، و عملکردهای دیگر مغز در سطوح پایین‌تر، از فعال‌سازی و تعامل بیوشیمیایی و الکتروشیمیایی تعداد زیادی نورون نشأت می‌گیرد.

از آنجا که دندریت‌ها^{۱۱} و بدنه سلول‌ها در مغز واقعی، متمایل به رنگ خاکستری هستند، غشای مغزی و دیگر بافت‌های حاوی آن‌ها را ماده خاکستری می‌نامند. در مقابل، آکسون‌های^{۱۲} پوشیده

1 Frontal lobe

2 Temporal lobe

3 Parietal lobe

4 Occipital lobe

5 Gyri

6 Sulci

7 Gyrus

8 Sulcus

9 The cerebral cortex

10 Cortex

11 Dendrites

12 Axon

شده با میلین^۱ که ساختارهای مختلف ماده خاکستری را به هم وصل می‌کنند سفیدند، چون جنس میلین از چربی است. به همین دلیل آن بافت مغز را که حاوی رشته‌های آکسون می‌باشد، ماده سفید می‌نامند.

۲-۳. آرایش یاخته‌ای^۲: توزیع نورون‌ها در غشا

در غشای مغزی انواع بسیاری از نورون‌ها وجود دارند. بخش‌های مختلف غشا از لحاظ نوع نورونی که دارند متفاوت‌اند و توزیع نورون‌ها در لایه‌های غشایی نیز تفاوت می‌کند. این تفاوت‌ها به ما این امکان را می‌دهد که بین بخش‌های مختلف مغز بر اساس آرایش سلولی آن‌ها تمایز قائل شویم. آرایش سلولی در حقیقت همان آرایش یاخته‌ای است. ساده‌ترین تفاوت را می‌توان بین نئوکورتکس^۳ و شکل‌های قدیمی‌تر تکاملی غشا مشاهده کرد. نئوکورتکس از شش لایه نورونی تشکیل شده است و در تمامی مغز پیشین به جز بخش‌های خاصی از لب گیجگاهی میانی وجود دارد. اشکال قدیمی‌تر تکاملی غشا حاوی لایه‌های نورونی کمتری بوده و در نواحی خاص لب گیجگاهی میانی مد نظر وجود دارند.

۲-۴. مخچه^۴، ساختارهای سابکورتیکال^۵، و شبکه‌های درون مغزی

اکثر مطالعات در زمینه بنیان مغزی عملکردهای شناختی از جمله زبان، بر نواحی غشایی (کورتیکال^۶) مغز پیشین، به خصوص نواحی نئوکورتیکال کناری، متمرکز شده‌اند. با وجود این، واضح است که ساختارهای دیگر مغز نیز در زبان نقشی ایفا می‌کنند. مخچه زیر مغز پیشین در پشت سر قرار دارد. قبلاً تصور می‌شد که مخچه فقط برای حرکت کردن مهم است، اما شواهد بر نقش مخچه در زبان، حافظه، عواطف و دیگر حوزه‌های شناخت دلالت دارند. خود مخچه نیز در درونش تعدادی ساختار سابکورتیکال دارد. این ساختارهای ماده خاکستری شامل گانگلیای پایه^۷ و

¹ Myelin

² Cytoarchitectonics

³ Neocortex

⁴ Cerebellum

⁵ Subcortical

⁶ Cortical

⁷ Basal ganglia

هیپوکامپ^۱ می‌شوند. با اینکه قبلاً تصور می‌شد این ساختارها بیشتر در حوزه‌هایی مانند حرکت و حافظه دخیل‌اند، شواهد اخیر حاکی از آن است که در زبان نیز نقش دارند. باید این نکته را به خاطر بسپاریم که هیچ بخشی از مغز به تنهایی کار نمی‌کند. بلکه مغز از شبکه ساختارهایی به وجود آمده که برای حل مسائل با هم همکاری می‌کنند. به همین دلیل، شناسایی کل این شبکه و تشخیص اینکه چگونه هر قسمت آن در عملکردهای مختلف دخیل است دارای اهمیت می‌باشد.

۳. پرسش‌هایی در باب زیست‌شناسی زبان

پرسش‌های زیادی ممکن است دربارهٔ زیست‌شناسی زبان پرسیده شود. در اینجا ما به چهار مسئلهٔ اساسی می‌پردازیم: پایه‌های زیستی، محرک‌های بیوتمپورال^۲ (زیستی-زمانی)، تفکیک‌پذیری^۳، و اختصاصی بودن حوزه‌ای.

۳-۱. پایه‌های زیستی: پایه‌های زیستی زبان چیست؟

بنیان‌های زیست‌شناختی زبان به نوبهٔ خود جالبند، اما توضیحاتی نیز در مورد پردازش و بازنمود زبانی می‌دهند. از این گذشته، شواهد نشان می‌دهد عملکردهای مهم زبانی و غیرزبانی وابسته به زیربناهای مشترک عصبی-شناختی است که در حوزه‌های مختلف به طرز مشابهی عمل می‌کنند. به همین دلیل دانش مستقل و وسیع ما در مورد مغز و نقش آن در عملکردهای شناختی دیگر، احتمالاً ما را به پیش‌بینی‌های جدیدی در مورد زبان سوق خواهد داد. پیش‌بینی‌هایی که تنها با مطالعهٔ زبان به دست نخواهد آمد. اگرچه پایه‌های زیستی زبان را می‌توان در سطوح مختلفی بررسی کرد، اما تا کنون نورواناتومی^۴ (تشریح اعصاب) کارکردی زبان، بیشتر از دیگر سطوح سنجیده شده است. هدف این کار نقشه‌برداری یا جانمایی کردن^۵ بوده است (یعنی تعیین اینکه هر کارکرد زبانی مربوط به کدام قسمت مغز می‌شود). متداول‌ترین روش اختصاص دادن زبان و دیگر عملکردهای شناختی به ساختارهای آناتومیک است. از جمله این ساختارهای آناتومیک می‌توان به گیری یا سولکی خاصی

¹ Hippocampus

² Biotemporal

³ Separability

⁴ Neuroanatomy

⁵ Localize

در نیمکرهٔ چپ یا راست یا هر دو طرف اشاره کرد. با وجود اینکه اکثر تحقیقات در مورد پایه‌های مغزی زبان متمرکز بر نورواناتومی هستند، می‌توان پایه‌های زیستی دیگر زبان از جمله نورون‌ها، انتقال‌دهنده‌های عصبی^۱، و گیرنده‌های دخیل در زبان را نیز بررسی کرد. هر کدام از این موارد ذکر شده، مکان خاصی در مغز دارند. هورمون‌ها هم تأثیر بسزایی در عملکرد مغز دارند، یعنی تأثیراتی ویژه در نواحی خاصی از مغز. مثلاً استروژن نقش مهمی در یادگیری در هیپوکامپ ایفا می‌کند. چون اطلاعات زیادی در مورد زیست سلول‌ها و مولکول‌ها در مغز داریم و نقش آن‌ها را در عملکردهای غیرزبانی در جانوران و انسان‌ها می‌دانیم، می‌توانیم نقش آن‌ها را در زبان نیز پیش‌بینی کنیم. برای نمونه تأثیرات دارویی که برای درمان ناتوانی‌ها و اختلالات زبانی بسیار مهم است.

طی چند سال اخیر علاقه به مطالعهٔ ژنتیک زبان نیز گسترش یافته است. عملکرد آلل‌های^۲ مختلف یک ژن متفاوت است که منجر به تفاوت‌هایی جزئی نسبت به حالت عادی می‌شود.^۳ از این تفاوت‌ها در رشتهٔ ژنتیک رفتاری به منظور سنجش پایه‌های ژنتیکی تفاوت‌های زبانی و دیگر عملکردهای شناختی بین افراد و گروه‌ها استفاده می‌شود. حتی می‌توان دقیقاً نشان داد که چگونه ژن‌ها و جهش آن‌ها منجر به رفتارهای خاصی می‌شود. مثلاً برخی ژن‌ها برای گیرنده‌های انتقال‌دهندهٔ عصبی خاصی کدگذاری شده‌اند که به نوبهٔ خود اساس زبان یا دیگر حوزه‌های شناختی را تشکیل می‌دهند.

۲-۳. محرک‌های بیوتئمپورال: اگر فیلمی از فعالیت مغز در طول استفادهٔ زبانی گرفته شود، آن فیلم چگونه خواهد بود؟

اینکه کارکردهای زبانی را به ساختارهای مغزی خاص یا حتی سلول‌ها، مولکول‌ها یا ژن‌های خاصی نسبت دهیم تنها یک طرف قضیه است. ما همچنین می‌خواهیم بدانیم که وقتی کسی زبان را تولید یا درک می‌کند چگونه از این پایه‌های زیستی استفاده می‌شود؟ در بررسی محرک‌های فضایی-زمانی پردازش زبان، هم به بررسی آناتومی زبان پرداخته می‌شود و هم تأثیر متقابل آن در زمان واقعی. به عبارت دیگر، می‌خواهیم بدانیم چه ساختارهایی، در چه زمانی و به چه ترتیبی فعال می‌شوند. برای

¹ Neurotransmitter

² Allele

^۳ آلل یکی از دو یا چند شکل متفاوت یک ژن است که در مکانی بروی کروموزوم قرار دارد. (مترجم)

نمونه، مطالعاتی انجام شده تا فیلم‌نامهٔ مصوری از فعالیت مغز هنگامی که شخص تصویرها را نام می‌برد، پردازش نحوی می‌کند، یا صورت گذشتهٔ انگلیسی را تولید می‌کند، نشان دهد. به طور کلی، منظور از محرک‌های زیستی-زمانی زبان، زیست‌شناسی پردازش زبانی در زمان واقعی است که نشان‌دهندهٔ تأثیر متقابل ساختارهای مغزی زبان و همچنین پایه‌های سلولی، مولکولی و ژنتیکی این حوزه در زمان واقعی است.

۳-۳. تفکیک‌پذیری: آیا عملکردهای مختلف زبانی وابسته به پایه‌های زیستی متفاوتی اند؟ پرسش مهمی که در مطالعهٔ زبان مطرح است این است که آیا عملکردهای مختلف زبانی وابسته به پایه‌های زیستی متفاوتی هستند یا پایه‌های مشترکی دارند؟ برخی از محققان ادعا می‌کنند جنبه‌های مختلف زبان وابسته به ارتباطات زیستی-شناختی متمایزی است. در طول سال‌ها محققان مختلف انواع تقسیم‌بندی‌های زبانی را ارائه کرده‌اند، از جمله دستور در برابر واژگان، صرف در برابر نحو، دانش نحوی در برابر پردازش نحوی، و فراگیری واژگانی در برابر دانش واژگانی. طبق نظر این دسته از محققان، این حوزه‌ها یا عملکردهای مختلف زبانی تفکیک‌پذیرند. یعنی هر یک از این عملکردها و حوزه‌ها وابسته به پایه‌های زیستی-شناختی خود است و مستقل از پایه‌های سایر عملکردهای زبانی عمل می‌کند. بر خلاف این‌ها، برخی از محققان معتقدند جنبه‌های مختلف زبانی همبستگی‌های عصبی-شناختی مشترکی دارند، و منکر تفکیک‌پذیری می‌شوند. البته نظراتی بینابین این دو ادعا هم وجود دارد.

۳-۴. اختصاصی بودن حوزه‌ای^۱: آیا پایه‌های زیستی زبان منحصراً مختص به زبان‌اند؟ در اینجا این پرسش مطرح است که آیا زبان وابسته به پایه‌هایی است که برای دیگر عملکردهای غیرزبانی مثل توجه، حافظه یا حرکت نیز استفاده می‌شوند؟ در پاسخ به این پرسش دو نظریه وجود دارد: (۱) زبان، یا عملکردهای خاص زبانی، وابسته به پایه‌هایی هستند که فقط مختص این عملکردهاست (فودور^۲، ۱۹۸۳؛ گرودزینسکی^۳، ۲۰۰۰؛ ون‌درللی^۴، ۲۰۰۵)؛ (۲) هیچ چیز

¹ Domain specificity

² Fodor

³ Grodzinsky

⁴ Van der Lely

خاصی در مورد زبان وجود ندارد و تمامی جنبه‌های زبانی وابسته به سیستم‌ها و مکانیسم‌های عمومی حوزوی هستند (المان^۱ و همکاران، ۱۹۹۶؛ مک‌کلینند^۲ و همکاران، ۱۹۸۶؛ سایدنبرگ^۳، ۱۹۹۷). برخی از نظریه‌ها هم موضعی بین این دو را اتخاذ کرده‌اند.

۴. روش‌های مطالعه زیست‌شناسی زبان

چگونه می‌توان به چهار پرسش مطرح شده در قسمت قبل پاسخ داد؟ امروزه روش‌های مختلفی در دسترس ما هستند. البته هیچ کدام از آن‌ها کامل و عالی نیست و هر یک نقاط ضعف و قوت خود را دارد. محققان سعی در انتخاب بهترین تکنیک برای پاسخ‌دهی به پرسش‌های مطرح شده دارند. مثلاً برخی روش‌ها در جانمایی عملکردها در مغز بهتر عمل می‌کنند و بعضی در نشان دادن دوره زمانی این فرایندها. محققان به دنبال آنند که از بیش از یک روش، یا به شکل ایده‌آل از چند روش، شواهد همسانی بدست آورند، چرا که دستاوردهای چند روش اگر نتیجه یکسانی داشته باشد بیشتر از دستاوردهای صرفاً یک روش خاص متقاعدکننده است.

در اینجا به اختصار برخی از روش‌هایی را که در حال حاضر در مطالعه مغز و زبان به کار می‌روند بررسی می‌کنیم. برخی از آن‌ها تا کنون در دیگر حوزه‌های عصب‌شناسی شناختی به کار گرفته شده‌اند، اما به مطالعه زبان نیز مربوط می‌شوند.

۴-۱. روش آسیب^۴

اگر شخصی دچار آسیب مغزی شود و در پی آن توانایی انجام کارهای خاصی را از دست دهد، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که عملکردهای از دست‌رفته وابسته به ساختارهای آسیب‌دیده بوده است. شناسایی این گونه تطابق‌های ساختاری-عملکردی، اساس منطقی روش آسیب است. تا چندی پیش، روش آسیب تنها رویکردی بود که در مطالعه پایه‌های مغزی زبان به طور گسترده استفاده می‌شد. اگرچه به نظر ابتدایی است اما می‌توان از این روش در تفکیک‌پذیری، اختصاصی بودن حوزه‌ای و جانمایی استفاده کرد. این روش منجر به پیشرفت‌های مهمی در دانش ما از زبان شده

¹ Elman

² McClelland

³ Seidenberg

⁴ The lesion method

است. امروزه نیز روش آسیب هم در تشخیص عملکرد مغز و هم در فهم عواقب بسیاری از آسیب‌های مغزی به کار می‌رود. در بیمارانی که دچار آسیب‌های شدیدی شده‌اند، مثلاً قربانیان سکت، بیماران دارای تومور مغزی، یا در مواردی که قسمت‌های خاصی از مغز طی جراحی تومورها یا دیگر بافت‌های بیمار برداشته شده، از روش آسیب استفاده می‌شود. علاوه بر این‌ها، این روش در مطالعه سوءعملکردهای عصبی¹ تدریجی مثل بیماری آلزایمر، پارکینسون، هانتینگتون و دیگر بیماری‌های زوال عصبی که در بزرگسالی آغاز می‌شود، کاربرد دارد. در برخی از این اختلالات، زوال در مرحله اولیه بیماری محدود به ساختارهای مغزی خاصی است (مثلاً در هانتینگتون، ابتدا گانگلیای پایه دچار زوال می‌شود)، که به ما این امکان را می‌دهد تا نتیجه‌گیری‌های مشخصی از رابطه ساختار-عملکرد داشته باشیم.

البته این روش مشکلاتی نیز دارد. دانشمندان نمی‌توانند به نمونه‌های خود آسیب برسانند و باید روی بیمارانی که مبتلا به نوعی جراحی مغزی هستند آزمایش کنند. اما این آزمایش‌های تصادفی، مناسب نیستند. زیرا محقق نمی‌تواند مکان یا اندازه جراحی را انتخاب کند؛ یا ممکن است یک جراحی چند ساختار مغزی را درگیر کرده باشد و این امر نتیجه‌گیری ساختاری-عملکردی را پیچیده‌تر می‌کند. چگونه می‌توان فهمید کدام ساختارهای مغزی چه کار می‌کنند در حالی که چند ساختار با هم آسیب دیده‌اند؟

زمان هم مهم است. اگر پس از شروع یک آسیب شدید مغزی برای انجام آزمایش، تأخیر داشته باشیم ممکن است ساختارهای دیگر عملکردهایی را که عضو آسیب‌دیده انجام می‌داد به عهده بگیرند. این جبران، رابطه حقیقی بین ساختار مغزی آسیب‌دیده و عملکردهای ناقص را مغشوش می‌کند. از طرفی دیگر، اگر بیمار را فوراً پس از سکت یا آسیب به سرش آزمایش کنیم، ممکن است فقدان عملکرد بسیار بیشتر از میزانی باشد که بتوان به نواحی آسیب‌دیده نسبت داد. چون اغلب نواحی مجاور موقتاً تحت تأثیر عواملی مثل متورم شدن بافت و جریان پایین خون قرار می‌گیرند. در عمل، محققان در مورد زمان دچار خطا می‌شوند و معمولاً پیش از آزمودن بیمار، ماه‌ها یا حتی یک سال یا بیشتر پس از آسیب شدید مغزی صبر می‌کنند.

روش آسیب در کودکان هم به کار می‌رود. اگرچه در جراحی‌هایی که در کودکی آغاز می‌شوند

¹ Neurological dysfunction

و اختلال‌های مغزی پیش‌رونده مثل نقص زبان ویژه^۱ (SLI)، خوانش‌پریشی^۲، اوتیسم^۳، یا سندروم ویلیامز^۴ باید خیلی محتاط بود. زیرا مغز کودکان هنوز در حال رشد است و قالب‌پذیری بالایی دارد (تحت تأثیر قرار می‌گیرد). این قالب‌پذیری عصبی در بسیاری از موارد کودکان را قادر می‌سازد که آسیب‌ها یا اختلالات مغزی را جبران کنند و معمولاً این کار را خیلی موفق‌تر از بزرگسالان انجام می‌دهند.

۴-۲. تصویربرداری عصبی همودینامیک^۵

پیشرفت‌های تکنولوژیک اخیر به ما این امکان را می‌دهد تا از فعالیت مغز در کودکان و بزرگسالان، چه با وجود نواقص مغزی و رفتاری و چه بدون آن‌ها، عکس‌برداری کنیم. روش کلی آزمایش این است که از فعالیت مغز حین انجام کارهای خاصی که فرایندهای شناختی را درگیر می‌کند عکس‌برداری شود. معمولاً فعال‌سازی مغز بین دو یا چند وضعیت طراحی شده که فقط در عملکردهای خاصی تفاوت دارند (مثلاً پردازش اسامی و افعال)، مقایسه می‌شود. این مطالعات، ارتباطات ساختاری-عملکردی (برای جانمایی) یا تفکیک جداگانه یا دوگانه (برای تفکیک‌پذیری و اختصاصی بودن حوزه‌ای) را نشان می‌دهند. تصویربرداری عصبی نشان می‌دهد کدام ساختارها در یک عملکرد خاص دخیل‌اند، در حالی که مطالعات آسیبی نشان می‌دهد کدام ساختارها ضروری‌اند.

بهترین روش‌های تصویربرداری آن روش‌هایی هستند که تغییرات جریان خون در مغز را نقشه‌برداری می‌کنند. تغییرات جریان خون در مغز را همودینامیک مغز می‌گویند. این تکنیک‌ها با استفاده از این نکته کار می‌کنند که وقتی نورون‌ها میزان گرمایش خود را افزایش می‌دهند، تغییرات خاصی در جریان خون رخ می‌دهد، از جمله افزایش جریان خون و تغییر سطح اکسیژن در خون. اف.ام.آر.آی.^۶ (fMRI) یا تصویرسازی رزونانس مغناطیسی عملکردی، پراستفاده‌ترین روش

¹ Specific Language Impairment

² Dyslexia

³ Autism

⁴ Williams syndrome

⁵ Hemodynamic neuroimaging

⁶ Functional Magnetic Resonance Imaging

تصویربرداری عصبی همودینامیک تا به امروز است. علاوه بر fMRI، اس.پی.ای.سی.تی.^۱ (SPECT) یا تومورنگاری محاسبه انتشار تک فوتون، و پی.ای.تی.^۲ (PET) یا تومورنگاری انتشار پوزیترون، نیز از جمله روش‌های تصویربرداری همودینامیک هستند. در ام.آر.آی. ساختاری، ساختارهای آناتومیک مغز بازسازی می‌شوند. این فرایند بازسازی با بهره‌گیری از اینکه اتم‌های هیدروژن در مولکول‌های مختلف (مثل چربی، پروتئین، آب) سیگنال‌های متفاوتی می‌دهند، امکان‌پذیر می‌شود. در ام.آر.آی. عملکردی یا همان fMRI، از تغییرات سطوح ترکیب با اکسیژن در خون بهره می‌گیرند.

fMRI تفکیک فضایی بسیار خوبی دارد که این امکان را به ما می‌دهد تا حوزه‌های فعال‌سازی را حتی با فاصله چند میلی‌متر از هم متمایز کنیم. به علاوه، چون می‌توان در یک جلسه هم تصاویر ساختاری آناتومی مغز را گرفت و هم fMRI انجام داد، هم‌تراز کردن و همپوشانی تصاویر عملکردی (فعال‌سازی) با تصاویر ساختاری (آناتومیک) شخص آسان می‌شود. این فرایند به ما کمک می‌کند تا فعالیت مغز را در ساختارهای خاص و دقیقی در هر نفر جانمایی کنیم. همچنین، بر خلاف PET، fMRI تشعشع ندارد. به همین خاطر می‌توان یک شخص را چند بار بدون هیچ گونه اثر مضرى اسکن کرد. این قابلیت برای آزمایش تغییرات تدریجی فعالیت مغز خیلی مهم است زیرا این تغییرات همراه با رشد، یادگیری، یا فواصل درمانی اختلالات است. در این موارد می‌توان افراد آزمایش‌شونده را برای چندین جلسه اسکن طی روزها، هفته‌ها، ماه‌ها، یا حتی سال‌ها دوباره آزمایش کرد. با وجود این، مثل هر روش دیگری، fMRI هم محدودیت‌های خاص خود را دارد. اول اینکه میدان مغناطیسی قوی اسکنر MRI در یک سری شرایط (مانند وقتی که گلوله در بدن شخص باشد) بسیار خطرناک است. دوم اینکه تغییرات همودینامیکی که در پاسخ به فعالیت عصبی رخ می‌دهند برای تشخیص پردازش در زمان واقعی خیلی کندند. به همین دلیل نمی‌توان از fMRI برای اندازه‌گیری محرک‌های فضایی-زمانی زبان استفاده کرد. پس باید یک سری فرایندهای زبانی را هم با fMRI و هم با تکنیک‌هایی مثل ERP یا MEG (در قسمت بعد اشاره خواهد شد) آزمایش کرد. با استفاده از این تکنیک‌ها می‌توان فعالیت مغز را در هر یک‌هزارم ثانیه یا حتی سریع‌تر اندازه‌گیری کرد. این

¹ Single Photon Emission Computed Tomography

² Positron Emission Tomography

قابلیت چنین تکنیک‌هایی را تجزیه زمانی^۱ می‌گویند.

۳-۴. فشار همبسته به رویداد^۲ (ERP)

ERP فشار الکتریکی ثبت‌شده فعالیت مغز از پوست سر پس از مواجهه فرد با یک محرک "رویداد" مثل یک واژه، تصویر، یا صدا است. فرایندهای شناختی پیشرفته‌تر مربوط به درک زبانی، مانند فرایندهای اصلی دسترسی واژگانی یا پردازش نحوی، در تغییرات مشخصه‌ای در سیگنال ERP بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ هزارم ثانیه پس از ارائه محرک نشان داده می‌شوند.

همانند تصویربرداری‌های عصبی همودینامیک از جمله fMRI، در آزمایش ERP نیز افراد کارهای خاصی انجام می‌دهند تا عملکردهای شناختی خاصی بررسی شوند. همچنین سیگنال‌های ERP میان موقعیت‌های آزمایشی متفاوتی مقایسه می‌شوند. بر خلاف تکنیک‌های تصویربرداری همودینامیک، ERP فعالیت عصبی الکتروفیزیولوژیک واقعی را بازتاب می‌کند نه تغییرات جریان خون را که به طور غیرمستقیم به فعالیت مغز مربوط می‌شود. بنابراین می‌توان فعالیت مغز را در زمان واقعی حین فرایند زبانی ثبت کرد.

متأسفانه در کنار مزیت ERP در تجزیه زمانی، نقطه ضعفی در تجزیه فضایی وجود دارد. تشخیص ساختارهای مغزی که فشارهای ثبت شده از سر را تولید می‌کنند بسیار مشکل است، اما غیرممکن نیست. فشار الکتریکی هنگام عبور از مجسمه منحرف می‌شود، و مشکل دیگر این است که ممکن است بسیاری از ساختارهای دیگر درون مغز نیز الگوهای همسانی در پوست سر تولید کنند.

۴-۴. مگنتوانسفالوگرافی^۳ (MEG)

مگنتوانسفالوگرافی معادل مغناطیسی ERP است. اطراف همه جریان‌های الکتریکی، یک میدان مغناطیسی وجود دارد. اگرچه میدان مغناطیسی پیرامون جریان‌ها در مغز بسیار ضعیف است، موج‌یاب‌های بسیار حساسی به نام SQUID^۴ (دستگاه‌های تداخل کوانتوم ابررسانا) قادرند تغییرات

¹ Temporal resolution

² Event-related potential

³ Magnetoencephalography

⁴ Superconducting Quantum Interference Devices

این میدان‌ها را تشخیص دهند. البته این امر تا زمانی امکان‌پذیر است که اتاق آزمایش در برابر تداخل‌های مغناطیسی از سوی کامپیوترها، خطوط برق، قطارها و ... کاملاً عایق شده باشد. چندین SQUID را که در یک کلاه قرار گرفته‌اند روی سر آزمایش‌شونده می‌گذارند. سپس او زبان یا کارهای شناختی دیگری را اجرا می‌کند و پژوهشگر میدان‌های مغناطیسی در موقعیت‌های آزمایشی را با هم مقایسه می‌کند.

MEG هم مانند ERP فعالیت الکتروفیزیولوژیکی مغز را با تجزیه‌ی زمانی بسیار بالا اندازه می‌گیرد. اما درجه‌ی اطمینان MEG در تعیین مکان منشأ فعالیت مغزی نسبت به ERP بیشتر است. همچنین میدان مغناطیسی خیلی کمتر از فشارهای الکتریکی در مغز منحرف می‌شود. می‌توان از تطابق فعالیت جانمایی‌شده با تصاویر آناتومیک به دست آمده از MRI تعیین کرد کدام ساختارهای مغز مولد فعالیت هستند.

۴-۵. تحریک و ثبت مستقیم مغز

بیمارانی که صرع وخیم دارند را می‌توان با جراحی و برداشتن بافت مبتلا به صرع (منشأ حمله) درمان کرد. پس از مراحلی که جراح با هدف فهمیدن مکان دقیق بافت مبتلا طی می‌کند و کار گذاشتن الکترودها، می‌توان به منظور شناسایی حوزه‌های خاص مغزی که اساس زبان، حرکت، و سایر عملکردهای مهم در بیمارند، آزمایش‌هایی انجام داد. در این آزمایش‌ها، تکالیف مختلفی برای بررسی این عملکردها به بیمار محول می‌شود. طی زمانی که بیمار تکلیفش را انجام می‌دهد، هم می‌توان فعالیت الکترودهای مختلف را ثبت کرد و هم می‌توان بافت مغز را بین یک جفت الکترودها تحریک نمود (با عبور دادن جریانی اندک از بین آن‌ها). معمولاً این تحریک‌ها منجر به آسیب موقت می‌شود و عملکردهای وابسته به آن بافت را ناقص می‌کند. با این وجود، تحریک می‌تواند موجب بروز رفتارهایی مثل حرف زدن غیرارادی نیز شود. در هر دو حالت، محقق می‌تواند عملکرد را در مغز نقشه‌برداری کند. علاوه بر کمک به بیمار، این آزمایش‌ها به ما نشان می‌دهد که چگونه زبان و عملکردهای شناختی دیگر در مغز سازمان‌دهی می‌شوند. با همه این‌ها، این روش هم ایرادهایی دارد. اولاً محقق باید در تعمیم دادن نتایج به مغزهای عادی بسیار محتاط عمل کند، چرا که صرع نشان‌دهنده شرایط غیرعادی عصبی است و ممکن است باعث اشکال مختلفی از فرایند جبران شده باشد. به علاوه، تحقیقات ثبت مستقیم و تحریک مغز فقط قادرند عملکردهای نزدیک به

الکترودهای جایگذاری شده در هر بیمار را جانمایی کنند و بسیاری از فعالیت‌های مغز اندازه‌گیری نمی‌شوند. بنابراین، باید ثبت مستقیم و تحریک مغز را با تکنیک‌های نقشه‌برداری جهانی مثل fMRI کامل و معتبر ساخت.

۴-۶. تحریک مغناطیسی ترانسکرینال^۱ (TMS)

این روش به محققان این امکان را می‌دهد تا بدون نیاز به جراحی، مغز را تحریک کنند. این تکنیک بر مبنای این واقعیت است که میدان‌های مغناطیسی تقریباً آزادانه از مجسمه عبور می‌کنند. این تکنیک از یک جریان الکتریکی قوی در یک حلقه سیم برای تولید یک میدان مغناطیسی استفاده می‌کند که قدرت آن به سرعت افزایش و کاهش می‌یابد و باعث تحریک الکتریکی مغز می‌شود. با هدایت این میدان‌های مغناطیسی به نقاط خاصی در مغز، محقق می‌تواند نواحی مغز را به طور گزینشی تحریک کند. دستاوردهای TMS محدودیت‌هایی دارد. همه ساختارهای مغز به طور یکسان قابل دسترسی نیستند و تحریک بیشتر محدود به نواحی غشایی نزدیک به سطح مغز و مجسمه است. زمان کوتاه تأثیرات TMS اگرچه به لحاظ فرایند جبران و وضعیت مطلوب فرد خوب است ولی تا حدودی هم محدودکننده می‌باشد. زیرا زمان اندازه‌گیری فرایندهای مختل شده باید با زمان استفاده از میدان مغناطیسی یکی باشد. نهایتاً می‌توان با تکرار ضربان TMS یا همان (rTMS)^۲، تأثیراتی با مدت طولانی‌تر را بدست آورد. این تأثیرات نه تنها برای به حداقل رساندن مشکلات هم‌زمان‌سازی مفیدند، بلکه برای فواصل درمانی مغز و اختلالات رفتاری هم کارایی دارند. با وجود این، rTMS خطرناک‌تر از TMS تک‌ضربانی است و در تعداد کمی از افراد باعث حمله‌های صرعی شده است.

۵. شواهد و توضیحات

محققان توانسته‌اند با استفاده از روش‌های مذکور و سایر تکنیک‌ها، پایه‌های زیستی، فیزیولوژیکی و بازنمودی زبان را بشناسند و بدین‌گونه پیشرفت‌های عظیمی در پاسخ‌دهی به سؤالات مطرح شده داشته‌اند. توضیحات این بخش فقط مربوط به زبان بومی (اول) است و بیشتر بر اطلاعات به دست آمده از بزرگسالان متمرکز است.

¹ Transcranial Magnetic Stimulation

² Repeatedly applying TMS

۵-۱. واژگان^۱، معنی‌شناسی مفهومی^۲، و واج‌شناسی^۳

ما می‌توانیم هر سؤالی درباره‌ی زیست‌شناسی کلمات، صدا و معنی آن‌ها بپرسیم. مثلاً اینکه کدام قسمت‌های مغز، چه انتقال‌دهنده‌های عصبی و چه هورمون‌هایی به ما در فهم، یادگیری، ذخیره و بازیابی کلمات کمک می‌کنند؟ در این بخش سعی بر این است که تا حدی به این قبیل سؤالات پاسخ داده شود.

اهمیت لب‌های گیجگاهی: پر از کلمات، صدا و معنی

به‌کارگیری دانش واژگانی تا حد زیادی وابسته به لب‌های گیجگاهی و بیشتر به سمت نیمکره‌ی چپ است. بیمارانی که آسیبشان محدود به لب‌های گیجگاهی و ناشی از بیماری‌های رو به زوالی مثل آلزایمر و جنون معنایی است، کمبودهای لغوی شدیدی دارند. در تحقیقات متعدد PET و fMRI محققان شاهد فعال‌سازی نواحی لب‌گیجگاهی حین برخی از تکالیف بوده‌اند. این تکالیف دانش واژگانی یا معنایی افراد را درگیر می‌کرد. فعال‌سازی لب‌گیجگاهی در تکالیف واژگانی مثلاً زمانی که افراد تصاویر اشیاء را نام می‌برند، هم در زبان دریافتی (شنیداری و خواندنی) و هم در زبان بیانی (صحبت کردن) مشاهده شد.

عملکردهای مختلف مربوط به واژگان، به ساختارهای متفاوتی در لب‌های گیجگاهی وابسته است. کاربرد صورت آوایی کلمات و پردازش آن‌ها وابسته به غشای گیجگاهی فوقانی و میانی تا پسین است. این ناحیه در هر دو نیمکره مشترک می‌باشد.

اگرچه تصور می‌شود که تمامی پردازش‌های آوایی مربوط به نیمکره‌ی چپ است، تعدادی از تحقیقات نشان داده است که چیرگی نیمکره در تکالیف اجرایی متفاوت است. نیمکره‌ی چپ مسئول پردازش آوایی تولید گفتار است ولی برخی شواهد حاکی از آن است که حین درک شنیداری نواحی گیجگاهی فوقانی، هم در سمت راست و هم چپ درگیر می‌شوند، اما به نظر می‌رسد هر کدام نقش متفاوتی دارند.

به‌کارگیری دانش معنی‌شناسی مفهومی و اطلاعات واژگانی غیر آوایی ذخیره شده در مدخل‌های

¹ Lexicon

² Conceptual-semantics

³ Phonology

واژگانی را حوزه‌های غشایی تأمین می‌کنند. این حوزه‌ها جدای از ناحیه گنجگاهی فوقانی هستند که مسئول صورت‌واژه‌ها و آواشناسی است. این حوزه مفهومی/واژگانی شامل غشای گنجگاهی است که در جلو و پایین ناحیه صورت‌واژه/آواشناسی قرار دارد و بیشتر در سمت چپ ایفای نقش می‌کند تا سمت راست.

کلمات، صدا و معنی: لب‌های گنجگاهی به تنهایی کار نمی‌کنند

لب‌های گنجگاهی تنها ساختارهای مغزی نیستند که در دانش و پردازش‌های مربوط به واژگان نقش ایفا می‌کنند. نیمکره راست مخچه (که بیشتر با سمت چپ مغز پیشین مرتبط است نه سمت راست) مبنای جستجوی دانش واژگانی است. اما بازیابی و انتخاب این دانش وابسته به گانگلیای پایه و بخش‌هایی از گیروس پیشانی-تحتانی یا همان منطقه بروکا¹ است. افرادی که دچار جراحی شدید در نواحی پیشانی-تحتانی شده‌اند یا بیمارانی که پارکینسون دارند معمولاً در واژه‌یابی با مشکل مواجهند، اما شناسایی کلمات برایشان راحت‌تر است. به علاوه، کودکانی که دچار نقص زبانی ویژه هستند و منطقه بروکای آن‌ها غیرطبیعی است، در بازگویی کلمات مشکل دارند اما در دانش واژگانی راحت‌تر عمل می‌کنند.

تفاوت میان زرافه و پیچ‌گوشتی چیست؟

شواهد نشان می‌دهد که درک لغاتی از طبقات مفهومی متفاوت، وابسته به شبکه ساختارهای مغزی مختلفی است. معانی لغات وابسته به غشای مجاور نواحی است که پایه عملکردهای حرکتی و حسی مرتبط با این معانی است. این نواحی غشایی با کارهای غیرزبانی مثل تشخیص اشیاء یا تصور ذهنی مفاهیم یکسان نیز فعال می‌شوند. مثلاً لغاتی که بر مواردی با ویژگی‌های تصویری مانند شکل یا رنگ دلالت دارند، نواحی گنجگاهی-پس‌سری دخیل در این صفات در نزدیکی غشای بینایی را درگیر می‌کند. در واقع ممکن است بخش‌های خاصی از این نواحی و حتی نوره‌های جداگانه‌ای مختص انواع مختلف رده‌هایی باشند که شکل تصویری در آن‌ها مهم است. از جمله این رده‌ها می‌توان به جانوران (مثل زرافه)، صورت‌ها و خانه‌ها اشاره کرد.

با نام بردن ابزار (مثل پیچ‌گوشتی)، اعمال یا افعال، ناحیه گنجگاهی پسین کناری در نزدیکی

¹ Broca's area

ناحیه‌ای که در درک حرکت درگیر است فعال می‌شود. بیمارانی که به این ناحیه از مغزشان آسیب رسیده یا افرادی که این ناحیه از مغزشان مستقیم تحریک می‌شود، در نام بردن این گونه موارد به مشکل برمی‌خورند.

نواحی مختلف مغز پایه‌اسامی و افعالند

به نظر می‌رسد یک تفاوت نوروآناتومیکال^۱ (عصبی-تشریحی) بین اسامی و افعال وجود داشته باشد. افعال بیشتر مرتبط با غشای پیشانی چپ هستند ولی اسامی وابسته به نواحی گیجگاهی می‌باشند. دلایل این دوگانگی هنوز مشخص نشده و ممکن است ناشی از یک یا چند عامل از جمله تفاوت‌های واژگانی، معنی‌شناسی-مفهومی و دستوری میان اسامی و افعال باشد. در این مورد سه فرضیه وجود دارد: ۱) فرضیه‌ی واژگانی-دستوری: دانش واژگانی در مغز به صورت آناتومیک طبق رده لغات دستوری مثل اسم و فعل سازمان‌دهی می‌شوند؛ ۲) فرضیه‌ی معنایی: تفکیک نشان‌دهنده تفاوت‌های معنی‌شناسی-مفهومی اسامی و افعال است نه تمایز طبقاتی کلمات یعنی فعل‌ها بیانگر اعمال‌اند و اسم‌ها بیانگر اشیای تصویری شده؛ ۳) فرضیه‌ی نحوی-تکوازی: اسامی و افعال به گونه‌ای متفاوت وابسته به پردازش‌های نحوی-تکوازی هستند که ساختارهای لب پیشانی را درگیر می‌کند.

نامیدن تصاویر: فیلم مغز

محرك‌های فضایی-زمانی پردازش واژگانی، در تولید لغات بهتر از هر جای دیگر بررسی شده‌اند. این تحقیقات با به‌کارگیری ترکیبی از روش‌های مختلف مذکور به نتیجه رسیده است. در نامیدن تصاویر، از افراد می‌خواهند که نام شیء نشان داده شده در تصویر را بلند بازگو کنند. حتی چنین کار به ظاهر ساده‌ای هم نیاز به فعالیت هماهنگ چندین ساختار مغزی دارد. این فرایندهای کوچک خیلی سریع اتفاق می‌افتد. به طور میانگین، شروع نامیدن تصویر حدود ۶۰۰ هزارم ثانیه طول می‌کشد یعنی همه فرایندهای زیرمجموعه‌ای آن باید در این بازه زمانی اتفاق بیفتد.

مرحله اولیه تولید لغت، انتخاب مفهومی است که بیان خواهد شد. این فرایند وابسته به نواحی گیجگاهی بطنی و پس‌سری می‌باشد و معمولاً در حدود ۱۷۵ هزارم ثانیه پس از نشان دادن تصویر، کامل می‌شود. وقتی مفهوم انتخاب شد، یک مدخل واژگانی مناسب از حافظه بازیابی می‌شود.

^۱ Neuroanatomical

مدخل واژگانی رده دستوری لغت (مثلاً اسم) و دیگر اطلاعات دستوری مثل جنس دستوری (مانند مذکر و مونث در زبان‌هایی مثل فرانسوی) را مشخص می‌کند. این فرایند وابسته به ناحیه مرکزی گیروس گیجگاهی میانی در سمت چپ می‌باشد و بین ۱۷۵ تا ۲۵۰ هزارم ثانیه اتفاق می‌افتد. در این زمان، صورت آوایی لغت بازیابی شده و اطلاعات لازم برای تلفظ آن را در اختیار می‌گذارد. این فرایند بیشتر وابسته به منطقه ورنیکه^۱ می‌باشد و بین ۲۵۰ تا ۳۳۰ هزارم ثانیه پس از نشان دادن تصویر اتفاق می‌افتد. در مرحله بعد، اطلاعات آوایی لغت به منطقه بروکا می‌رود، جایی که آواهای واژه‌ها و حتی تکواژها به همراه اطلاعاتی درباره تکیه لغت و ساختار هجایی آن در کنار هم قرار می‌گیرند. این روند ۳۳۰ تا ۴۵۵ هزارم ثانیه بعد اتفاق می‌افتد. بعد از اتمام این مرحله، کدگذاری آوایی، اطلاعات آوایی انتزاعی را تبدیل به توالی مناسب حرکات ماهیچه‌ای لازم برای تولید لغت می‌کند. فرایند آخر که حدود ۱۴۵ هزارم ثانیه طول می‌کشد نیز وابسته به منطقه بروکاست و ممکن است نواحی حرکتی پیشانی و منچه نیز در آن شرکت داشته باشند.

یادگیری لغات وابسته به ساختارهای لب گیجگاهی میانی است

طبق شواهد موجود، یادگیری لغات وابسته به ساختارهای لب گیجگاهی میانی از جمله هیپوکامپ می‌باشد. بیماران مبتلا به فراموشی پیش‌گستر^۲ در یادگیری لغات یا معانی جدید ضعیف عمل می‌کنند. فراموشی پیش‌گستر مربوط به آسیب به هیپوکامپ و سایر ساختارهای لب گیجگاهی میانی می‌باشد.

استیل‌کولین^۳ و استروژن نموده‌های واژگانی و معنی‌شناسی - مفهومی را تعدیل می‌کنند

انتقال‌دهنده عصبی استیل‌کولین که نقش مهمی در عملکرد هیپوکامپ ایفا می‌کند، در نموده‌های یادگیری لغت دخیل است. بیماران مبتلا به آلزایمر در یادگیری لغات و معانی جدید ضعیف‌اند چرا که آلزایمر باعث فقدان شدید فعالیت استیل‌کولین در هیپوکامپ می‌شود.

نموده‌های فراگیری و پردازش دانش واژگانی و معنی‌شناسی - مفهومی از طریق استروژن تعدیل می‌شود. درمان از طریق استروژن در زنانی که مدتی از یائسگی آن‌ها گذشته، باعث بهبود توانایی

¹ Wernicke's area

² Anterograde amnesia

³ Acetylcholine

یادآوری لغات و ایجاد فهرست‌هایی از لغات یک طبقه می‌شود. تحقیقات صورت‌گرفته با تصویربرداری مغزی، این گونه بهبودها را تا حدی به ساختارهای لب گیجگاهی میانی نسبت می‌دهد. دادن استروژن به مردان هم می‌تواند در انجام این فعالیت‌ها مفید باشد (مایلز^۱ و همکاران، ۱۹۹۸).

آیا توانایی‌های واژگانی شما وابسته به ژن‌های شماست؟

مشخصاً لغاتی که شما استفاده می‌کنید مختص ژن‌هایتان نیست اما پایه‌های زیستی-شناختی یادگیری و کاربرد لغات تحت تأثیر عوامل ژنتیکی قرار می‌گیرند. تأثیر وراثت بر لغات هم مثل سایر تأثیراتش، همراه با رشد کودک افزایش می‌یابد. اما باید در نظر داشت که محیط پیرامون کودکان نیز نقش مهمی دارد و فقط مربوط به ژن‌ها نیست. به علاوه، هنوز مشخص نیست که تأثیرات ژنتیکی تا چه حد مختص به توانایی‌های واژگانی است. اما در کل، طبق شواهد موجود، وراثت و محیط تأثیر مهمی در فراگیری و پردازش واژگانی دارند.

تفکیک‌پذیری

دیدیم که تفکیک‌پذیری میان انواع مختلف عملکردهای مربوط به واژگان وجود دارد. شواهد در این مورد بدین صورت است:

الف) وجود نواحی مختلفی از لب گیجگاهی مربوط به صورت‌های واژگانی در مقابل دانش واژگانی-مفهومی و واژگان انتزاعی؛

ب) ساختارهای مختلف مغزی از جمله پیشانی-تحتانی، گانگلیای پایه و مخچه برای جستجو، انتخاب و بازگویی واژگانی؛

پ) نواحی غشایی جدا برای لغاتی از رده‌های مفهومی متفاوت بر اساس ویژگی‌های حرکتی و حسی آن رده؛

ت) نواحی پیشانی برای افعال در برابر نواحی گیجگاهی برای اسامی؛

ث) ساختارهای گیجگاهی میانی برای فراگیری دانش واژگانی در برابر نواحی نئوکورتیکال برای ذخیره یا پردازش این دانش پس از یادگیری آن.

¹ Miles

بنابراین، حتی در بررسی‌های متمرکز بر واژگان، تفکیک‌پذیری میان عملکردهای زبانی مختلف دیده می‌شود. اما این تفکیک‌پذیری دال بر این نیست که ساختارهای مغزی‌ای که پایه عملکردهای واژگانی مختلف اند فقط مربوط به این عملکردها هستند. به عبارت دیگر، وجود تفکیک‌پذیری دال بر اختصاصی بودن حوزه‌ای نیست.

آیا پایه‌های زیستی توانایی‌های واژگانی حوزه‌ویژه‌اند؟

در مورد اینکه پایه‌های زیستی توانایی‌های واژگانی مختص به زبان‌اند شواهد اندکی وجود دارد. در مقابل شواهد زیادی برای پیوند زیستی-شناختی میان عملکردهای واژگانی و عملکردهای معنایی-مفهومی غیرزبانی وجود دارد که نشان می‌دهد این عملکردها وابسته به پایه‌های مشترک زیستی-شناختی هستند. برای نمونه، پایه‌های زیستی-شناختی فراگیری واژگانی مانند هیپوکامپ، استیل‌کولین و استروژن مبنای یادگیری اطلاعاتی در مورد مفاهیم، حقایق، رخدادها و از این قبیل موارد نیز هستند. این شواهد و یافته‌ها منجر به طرح این موضوع شده که حافظه واژگانی وابسته به حافظه اخباری است. حافظه اخباری یک سیستم مغزی است که مبنای یادگیری و به‌کارگیری دانش درباره حقایق و رویدادها می‌باشد.

۲-۵. نحو

منطقه بروکا در نحو مهم است

منطقه بروکا نقش مهمی در پردازش نحوی ایفا می‌کند. طبق تحقیقات متعدد تصویربرداری عصبی، حین تکالیف دریافتی زبانی که در آن پردازش نحوی به کار می‌رود، منطقه بروکا فعال می‌شود. تحقیقات روی آسیب‌های مغزی‌ای که در بزرگسالی آغاز می‌شود هم نشان داده که منطقه بروکا در نحو نقش دارد. جراحات‌های شدید منطقه بروکا و غشای پیرامون آن که در بزرگسالی آغاز می‌شوند، زبان‌پریشی دستوری^۱ را به همراه دارند. زبان‌پریشی دستوری تکلم ساده‌شده صرفی و نحوی است. بیماران مبتلا به زبان‌پریشی دستوری (مثلاً زبان‌پریشی بروکا) با تکواژهای آزاد و وابسته مشکل دارند، به این صورت که اغلب این تکواژها را می‌اندازند یا جابجا می‌کنند. اگر آسیب محدود به خود منطقه

¹ Agrammatism

بروکا باشد، معمولاً فقط باعث زبان‌پریشی موقت می‌شود. اگر جراحت بزرگ‌تر باشد، باعث زبان‌پریشی دستوری طولانی‌مدت می‌شود.

ضعف نحوی بیماران زبان‌پریش دستوری، محدود به زبان بیانی نیست. این بیماران اغلب در زبان دریافتی هم مشکل دارند، به خصوص استفاده از ساختارهای نحوی برای فهمیدن جملات. طبق یک نظریه، آن‌ها دارای کمبودهای نحوی خاصی در ایجاد ارتباط بین عناصر جمله می‌باشند. کودکانی که نقص زبانی ویژه دارند نیز منطقه بروکای مغزشان غیرطبیعی است و ضعف‌های نحوی گسترده‌ای هم در تکلم و هم در ادراک دارند. در کودکان مبتلا به اوتیسم هم وضع غیرعادی منطقه بروکا مشاهده شده است که مرتبط با مشکلات نحوی در تولید و درک می‌باشد. ذکر این نکته حائز اهمیت است که همه منطقه بروکا پایه عملکردهای نحوی یکسانی نیست؛ بلکه به نظر می‌رسد قسمت‌های زیرمجموعه این منطقه نقش‌های مختلفی دارند. اما شواهد کافی برای نتیجه‌گیری مشخصی در مورد عملکردهای دقیق قسمت‌های خاص منطقه بروکا موجود نیست.

اما فقط منطقه بروکا دخیل نیست: نقش غشای گیجگاهی و گانگلیای پایه

نحو فقط وابسته به منطقه بروکا نیست. طبق تحقیقات گسترده تصویربرداری عصبی از پردازش جمله، بخش‌های پیشین و پسین لب گیجگاهی مخصوصاً در نیمکره چپ درگیر بوده‌اند. ناحیه گیجگاهی پیشین مسئول دسترسی به اطلاعات مربوط به رده دستوری لغات است. ناحیه گیجگاهی پسین، حافظه شنیداری یا هماهنگی نحوی را پشتیبانی می‌کند.

طبق شواهد، گانگلیای پایه هم در نحو نقش دارد. بیماران مبتلا به پارکینسون (که دچار زوال گانگلیای پایه هستند) در تولید و درک، ضعف نحوی دارند. بیماران مبتلا به هانتینگتون نیز در تکلمشان ضعف نحوی دارند. نقص زبانی ویژه هم فقط مربوط به منطقه بروکا نیست، وضعیت گانگلیای پایه هم غیرعادی می‌باشد. نقش گانگلیای پایه در نحو هنوز مشخص نیست، اما به نظر می‌رسد که ساختارهای این بخش مبنای توالی نحوی، یادگیری قاعده‌مند الگوهای نحوی، و پیوستگی نحوی هستند (فریدریچی^۱، ۲۰۰۴؛ لیبرمن^۲، ۲۰۰۲؛ اولمن^۳، ۲۰۰۴).

¹ Friederici

² Lieberman

³ Ullman

درک جملات: فیلم مغز

به دلیل پیچیدگی پردازش‌های نحوی درک روشنی از آن‌ها نداریم و پژوهش‌های بیشتری می‌طلبند. در این بخش اطلاعاتی در مورد درک شنیداری جملات ارائه می‌کنیم.

هنگامی که هر یک از لغات یک جمله را می‌شنوید مغز شما ابتدا به منظور تشخیص لغت، پردازش آوایی می‌کند و در این مرحله پردازش نحوی آغاز می‌شود. حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ هزارم ثانیه پس از آغاز لغت، رده دستوری آن به غشای گیجگاهی فوقانی پیشانی می‌رسد. این روند باعث می‌شود لغت به ساختار نحوی بپیوندد. در این مرحله می‌توان به مدخل واژگانی دسترسی پیدا کرد که هماهنگی‌های معنایی و نحوی-تکواژی بعدی را ممکن می‌سازد. هر دوی این فرایندها در حدود ۳۰۰ تا ۵۰۰ هزارم ثانیه بعد از آغاز لغت اتفاق می‌افتند. در مرحله نهایی پردازش لغت در جمله جاری، هر گونه ابهام یا خطایی کنار گذاشته می‌شود تا به یک ساختار نحوی و تعبیر معنایی نهایی برسیم. ذکر این نکته مهم است که این زنجیره مراحل فقط یک تعبیر از اطلاعات است. همانند تولید لغت، به نظر می‌رسد الگوهای درک جمله نیز به دو صورت باشند، پردازش زنجیره‌ای یا پردازش برهم‌کنشی. پردازش زنجیره‌ای توالی نسبتاً دقیق مراحل مختلف پردازش‌های نحوی و معنایی است. در پردازش برهم‌کنشی، این پردازش‌ها کاملاً مستقل‌اند و در یک زمان اتفاق می‌افتند.

آیا ژن‌های شما در نحو نقش ایفا می‌کنند؟

در مطالعاتی که بر روی تولید و درک زبان انجام گرفت، شواهدی مبنی بر تأثیر ژنتیکی در نحو یافت شد. اما همانند لغات، هنوز مشخص نیست که تا چه حد این عوامل مختص به نحو هستند. اطلاعات دریافتی از اختلالات رشدی وراثتی نیز نشان‌دهنده نقش ژنتیک در نحو است. اما هنوز نادانسته‌های زیادی راجع به ژن و ارتباط آن با عملکردهای زبانی و غیرزبانی وجود دارد. تحقیقات بیشتر پاسخ این سؤال و جنبه‌های دیگر وراثت در زبان را روشن خواهد کرد.

آیا در نحو، یا میان نحو و سایر حوزه‌های زبانی تفکیک‌پذیری وجود دارد؟

همان‌طور که گفته شد پردازش‌های نحوی مختلف وابسته به ساختارهای مغزی متفاوتی‌اند. همچنین به نظر می‌رسد بین نحو و سایر پردازش‌های زبانی مثل پردازش‌های آوایی و معنایی/واژگانی نیز تا حدودی تفکیک‌پذیری عصبی-شناختی هست. اگرچه پردازش‌های آوایی و معنایی/واژگانی خود

لازمهٔ پردازش نحوی هستند، اما در مطالعات آن نیز دخیل اند. به همین دلیل تمایز عصبی-شناختی مشخصی بین نحو و سایر حوزه‌ها انتظار نمی‌رود.

آیا پایه‌های زیستی-شناختی نحو حوزه‌ویژه‌اند؟

نشان دادن حوزه‌ویژه بودن کار سختی است. اطلاعات کمی مبنی بر حوزه‌ویژه بودن نحو وجود دارد. اما جمع‌آوری شواهد نشان می‌دهد که ارتباطات زیستی-شناختی محکمی بین عملکردهای نحوی و برخی عملکردهای خاص غیرزبانی وجود دارد. به عنوان مثال، گانگلیای پایه هم پایهٔ نحو است و هم پایهٔ تعدادی از عملکردهای غیرزبانی مثل حرکت و پردازش موسیقی. این مسئله مطرح شده است که این نقش‌های محاسباتی ساختارهای مغز در نحو نمایانگر نقش‌های زبانی و غیرزبانی آن‌ها در نظام حافظهٔ رویه‌ای است که احتمالاً مختص توالی‌ها و قوانین چندین حوزهٔ شناختی است. برای نمونه، بیماری که مبتلا به پارکینسون، هانتینگتون، یا زبان‌پریشی دستوری هستند، علاوه بر کمبودهای حرکتی مشکلاتی نیز در ترتیب یادگیری دارند.

۵-۳. صرف

موش‌ها (*rats*) و موش‌ها (*mice*) در کجای مغز هستند؟^۱ نورواناتومی صورت‌های باقاعده و بی‌قاعده

بیمارانی که لب گیجگاهی آن‌ها آسیب دیده است مشکلات بیشتری در تولید، تشخیص و خواندن صورت‌های تصریفی بی‌قاعده نسبت به باقاعده‌ها دارند. این الگو برای صرف انگلیسی در بیمارانی با جراحات‌های شدید، آلزایمر یا جنون معنایی، و صرف ایتالیایی در بیماران مبتلا به آلزایمر به دست آمده است. در مقابل، آسیب به ساختارهای پیشانی و/یا ساختارهای گانگلیای پایه در بیماری پارکینسون، هانتینگتون و بیمارانی با جراحات شدید، بر روی صورت‌های باقاعده، مؤثرتر بوده است. در تحقیقات تصویربرداری عصبی همودینامیک، صورت‌های بی‌قاعده موجب فعال‌سازی چندین ساختار از جمله گيروس گیجگاهی میانی سمت چپ، نواحی دیگر گیجگاهی و آهیانه‌ای،

^۱ *mouse* و *rat* هر دو به معنی موش هستند که یکی به صورت باقاعده با *s*- و دیگری به صورت بی‌قاعده جمع بسته شده‌اند. (مترجم)

و مخچه شده است. در مقابل، طبق گزارش‌های حاصل از چند تحقیق دیگر، صورت‌های تصریفی باقاعده باعث فعال‌سازی منطقه بروکا و گانگلیای پایه می‌شوند.

در نتیجه، طبق شواهد موجود، هم در زبان بیانی و هم زبان دریافتی، صورت‌های باقاعده و بی‌قاعد و وابسته به ساختارهای مغزی متفاوتی اند. بی‌قاعدها بیشتر به نواحی لب گیجگاهی، و باقاعده‌ها به غشای پیشانی به خصوص منطقه بروکا و ساختارهای گانگلیای پایه مربوط می‌شوند.

تولید *mice* و *rats*: فیلم مغز

در یک تحقیق ERP و دو تحقیق MEG (دوند^۱ و همکاران، ۲۰۰۳؛ لاوریک^۲ و همکاران، ۲۰۰۱؛ ری^۳ و همکاران، ۱۹۹۹) نشان داده شده است که تولید گذشته بی‌قاعد بین ۲۵۰ تا ۳۴۰ هزارم ثانیه پس از نشان دادن بن فعل، موجب فعال‌سازی لب گیجگاهی سمت چپ می‌شود. باقاعده‌ها بین ۳۱۰ تا ۴۷۰ هزارم ثانیه پس از نشان دادن بن فعل موجب فعال‌سازی غشای پیشانی شدند.

تفکیک‌پذیری و محاسبه صرف باقاعده و بی‌قاعد

شواهد محکمی بر تمایز صورت‌های تصریفی باقاعده و بی‌قاعد وجود دارد. در این مورد دو فرضیه مطرح است: (۱) فرضیه سیستم دوگانه: تفاوت‌های موجود در ساختارهای مغزی پایه باقاعده و بی‌قاعد، نشان‌دهنده تفاوت میان فرایندهای واژگانی (برای بی‌قاعدها که در واژگان دخیره می‌شوند) و فرایندهای ترکیبی قاعده‌مند که مبنای نحو نیز هستند (برای باقاعده‌ها) می‌باشد؛ (۲) فرضیه مکانیسم جداگانه: ترکیب صرفی را رد کرده و ادعا می‌کند که هر دو صورت باقاعده و بی‌قاعد وابسته به مکانیسم محاسباتی یکسانی هستند. البته مدارک موجود نتوانسته‌اند تمایز دقیق میان این دو نظریه متضاد را مشخص کنند.

آیا پایه‌های زیستی صرف باقاعده و بی‌قاعد مختص این عملکردها می‌باشند؟

شواهد نشان می‌دهد که صورت‌های بی‌قاعد و وابسته به پایه‌های زیستی-شناختی هستند که جدای از حافظه واژگانی، مبنای معنی‌شناسی-مفهومی و حافظه اخباری هم هستند. مثلاً بیماران مبتلا به

¹ Dhond

² Lavric

³ Rhee

آلزایمر نه تنها در تولید بی‌قاعده‌ها ضعیف عمل می‌کنند بلکه در یافتن لغات و دانش دادگانی (بر پایه اطلاعات و داده‌ها) و یاد گرفتن این دانش نیز مشکل دارند. به همین ترتیب، صورت‌های باقاعده هم وابسته به ساختارهایی هستند که پایه نحو و حافظه رویه‌ای نیز می‌باشند.^۱ در نتیجه، بیمارانی که به پیشانی یا گانگلیای پایه آن‌ها آسیب وارد شده، مانند افراد مبتلا به پارکینسون، در صورت‌های باقاعده، نحو، عملکرد حرکتی و حافظه رویه‌ای مشکل دارند. همه این اطلاعات نشان‌دهنده این است که سیستم‌های حافظه مغزی که حوزه‌ای عمومی دارند مسئول صورت‌های تصریفی باقاعده و بی‌قاعده هستند. اما درباره این مسئله نیز مانند تمامی سؤالات و مسائل مطرح‌شده در این فصل باید در آینده بیشتر تحقیق شود.

۶. نتیجه‌گیری

این تنها آغاز مطالعات بر روی زیست‌شناسی زبان است. در واقع، اکثر شواهد ارائه‌شده در این نوشتار در پانزده سال اخیر گزارش شده است. ظهور بسیاری از تکنیک‌های نام‌برده منجر به رشد سریع تحقیقات در زمینه پایه‌های زیستی زبان خواهد شد. علاوه بر این، از آنجایی که توجهات از نورواناتومی به سمت سطوح سلولی، مولکولی و ژنتیکی معطوف شده است و مطالعه همه پایه‌های زیستی زبان با بررسی پردازش و ارائه زبان یکی شده است، دانش ما نسبت به جنبه زیستی-شناختی زبان و کاربرد آن در مسائل دیگر به سرعت افزایش خواهد یافت. آینده این علم روشن و جالب خواهد بود.

منابع

- Dhond, Rupali P., Marinkovic, Ksenija, Dale, Anders M., Witzel, Thomas, and Halgren, Eric (2003). "Spatiotemporal maps of past-tense verb inflection," *Neuroimage* 19: 91-100.
- Fodor, Jerry A. (1983). *The modularity of mind: an essay on faculty psychology*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Friederici, A. D. (2004). "The neural basis of syntactic processes," in Michael S. Gazzaniga (ed.), *The cognitive neurosciences*, Cambridge, MA: MIT Press, pp.

^۱ حافظه رویه‌ای بخشی از حافظه بلندمدت است که وظیفه آن مهارت‌های حرکتی یا دانستن چگونه انجام دادن کارها می‌باشد. (مترجم)

789-801.

- Grodzinsky, Y. (2000). "The neurology of syntax: language use without Broca's area," *Behavioral and Brain Sciences* 23(1): 1-71.
- Lavric, Aureliu, Pizzagalli, Diego, Forstmeier, Simon, and Rippon, Gina (2001). "A double-dissociation of English past-tense production revealed by event-related potentials and low-resolution electromagnetic tomography (LORETA)," *Clinical Neurophysiology* 112: 1833-1849.
- Lieberman, P. (2002). "On the nature and evolution of the neural bases of human language," *American Journal of Physical Anthropology* 35: 36-62.
- Miles, C., Green, R., Sanders, G., and Hines, M. (1998). "Estrogen and memory in a transsexual population," *Hormones and Behavior* 34(2): 199-208.
- Rhee, J., Pinker, S., and Ullman, M. T. (1999). "A magnetoencephalographic study of English past tense production," *Journal of Cognitive Neuroscience Supplement*: 47.
- Ullman, M. T. and Pierpont, E. I. (2005). "Specific language impairment is not specific to language: the procedural deficit hypothesis," *Cortex* 41(3): 399-433.
- Van der Lely, Heather K. J. (2005). "Domain-specific cognitive systems: insight from grammatical SLI," *Trends in Cognitive Sciences* 9(2): 53-59.