Advances in Cognitive Sciences
Vol 27, No. 1, Spring 2025
Research Article
Pages 91-104

Neural representation of olfactory vocabulary in the women's brain processing of conceptual metaphors based on functional magnetic resonance imaging data

Maryam Akbarian[1,2], Mehdi Purmohammad[3], Ali Reza Talesh Jafadide[4], Reza Khosrowabadi[1*]

1. Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2. Institute for Cognitive Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3. Department of Education, University of Alberta, Edmonton, Canada
4. Faculty of Engineering Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

Recieved: 23 Jul. 2024
Revised: 28 Jan. 2025
Accepted: 29 Jan. 2025

Keywords
Olfactory perception
Conceptual metaphor
Functional magnetic resonance imaging

Corresponding author
Reza Khosrowabadi, Assistant Professor, Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Email: R_khosroabadi@sbu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.27.1.91

Abstract

Introduction: Neurological studies have greatly contributed to expanding our knowledge of how words are processed in the brain. To enhance the tangibility of words, efforts have consistently been made to explore their connection with the perception of various senses. Although studies on the verbalization of the sense of smell in Persian vocabulary, specifically metaphors, still require a better understanding. Therefore, this study aims to investigte the neural representation of olfactory words in the conceptual metaphors related to the sense of smell.

Methods: A database comprising forty-eight sentences featuring olfactory metaphors and forty-eight literal sentences was created. Brain activity during the processing of these sentences was examined using functional magnetic resonance imaging (fMRI). Twenty-six healthy, right-handed women aged 20 to 35 participated in the study.

Results: The statistical comparison between the brain function during exposure to metaphors and literal sentences indicated that only during the processing of metaphors, the areas of the secondary sense of smell show activities in sensory-motor and perceptual representations. Recent studies have also shown that the orbitofrontal cortex, a secondary olfactory area, integrates information from olfactory, gustatory, and visual modalities.

Conclusion: Statistical analyses revealed that metaphor processing, unlike literal sentences, activated sensory-motor and perceptual regions associated with secondary olfactory processing. Notably, activation of the orbitofrontal cortex, responsible for integrating olfactory, gustatory, and visual information, was observed. However, no significant activity was detected in primary olfactory areas, possibly due to the absence of hedonic content in the metaphorical sentences. These findings offer insights into the neural mechanisms underlying olfactory metaphor processing in Persian.

Citation: Akbarian M, Purmohammad M, Talesh Jafadide AR, Khosrowabadi R. Neural representation of olfactory vocabulary in the women's brain processing of conceptual metaphors based on functional magnetic resonance imaging data. Advances in Cognitive Sciences. 2025;27(1):91-104.

Extended Abstract

Introduction

Neurological studies have significantly enhanced our understanding of how the brain processes language. Investigating the relationship between linguistic expressions and sensory modalities has been a key focus, particularly in grounding abstract concepts in perceptual experiences. However, the representation of olfactory vocabulary, specifically in Persian metaphors, remains underexplored. This study aims to investigte the neural representation of

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

olfactory vocabulary in conceptual metaphors related to smell.

Lakoff and Johnson's conceptual metaphor theory (1980) suggests that metaphorical language is rooted in bodily experiences and interactions with the physical environment (26). Embodied cognition posits that thinking or speaking about objects and concepts activates sensory-motor processes previously encountered, thereby shaping conceptual understanding. In olfactory processing, information flows from primary olfactory areas to the orbitofrontal cortex, integrating sensory inputs (18). This study hypothesizes that olfactory metaphors activate secondary olfactory areas, differing from literal language processing.

Methods

Twenty-six right-handed, healthy female participants (mean age=24.32, SD=4.82), all native Persian speakers, were recruited. Ethical approval was granted (Ethics Code: IR.UT.IRICSS.REC.1401.033) following the Declaration of Helsinki. The experimental stimuli consisted of forty-eight olfactory metaphorical sentences and forty-eight matched literal sentences. Forty-eight metaphorical sentences related to the sense of smell and forty-eight literal sentences were created by substituting related words that retain the same meaning.

After structural imaging, imaging was performed at rest (with eyes open) for 5 minutes. The test started on the monitor screen with a positive sign (+) for a fixed duration of 2 seconds. Each sentence appears in the center of the monitor for 4 seconds. Participants underwent structural and functional imaging using a 3-Tesla Siemens Magnetom Prisma MRI scanner. Functional imaging parameters included a field of view of 196 mm, voxel size of 3 × 3 × 3.5 mm, TR=2040 ms, and TE=30 ms. Statistical analyses were conducted using SPM12 in MATLAB (R2022b) (22). Significant brain regions were identified using a voxel threshold of $P<0.001$ for each condition and $P<0.05$ for comparisons between conditions. Additionally, a cluster-level threshold was set with a minimum of 30 voxels. This threshold value was obtained based on multiple comparison correction and cluster-level correction (FWE). For each region of interest, the MNI coordinates of the voxel with the maximum t value are reported. See Table 1.

Table 1. Example sentences of each condition

Condition	Example
Olfactory metaphor	**His hands smell like seals**
Literal sentence	**He gives his food to animals**
Visual baseline	###### ### ### #####

Note: The visual baseline is matched to the olfactory metaphor

Results

Comparison between metaphorical and literal sentence processing revealed significant activation in the right orbitofrontal cortex, right fusiform gyrus, right precentral gyrus, right insula, bilateral angular gyri, and the middle and posterior cingulate gyrus. In contrast, literal sentences primarily activated the fusiform gyrus, middle and superior temporal areas, and occipital regions. These findings highlight the extensive engagement of sensory-motor areas during metaphor processing.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

Conclusion

The obtained results support the hypothesis that olfactory metaphor processing engages sensorimotor representations (25), activating secondary olfactory areas. The absence of activity in primary olfactory regions aligns with previous findings that language comprehension does not typically involve primary sensory cortices.

These findings contribute to a nuanced understanding of the neural basis of olfactory metaphors in Persian, emphasizing the embodied nature of language processing. Future research could explore the role of emotional valence and primary olfactory involvement in metaphor comprehension.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The study was conducted in compliance with ethical guidelines (Ethics Code: IR.UT.IRICSS.REC.1401.033).

Authors' contributions

Reza Khosrowabadi and Mehdi Purmohammad designed the experiment. Maryam Akbarian conducted programming and data collection. Maryam Akbarian and Ali Reza Talesh Jafadide performed data analysis. Maryam Akbarian and Ali Reza Talesh Jafadide drafted the manuscript, and Reza Khosrowabadi and Mehdi Purmohammad reviewed and edited it.

Funding

No specific funding was received.

Acknowledgments

The authors thank Mrs. Ghaem Panah and Mr. Mohsen Mobasseri for their assistance in data collection and processing, as well as all participants.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

مجله تازه‌های علوم شناختی
دوره ۲۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴
صفحات ۱۰۴-۹۱
مقاله پژوهشی

بازنمایی عصبی واژگان بویایی در پردازش استعاره‌های مفهومی در مغز زنان بر پایه داده‌های تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی

مریم اکبریان[۱،۲]، مهدی پورمحمد[۳]، علیرضا طالش جفادیده[۴]، رضا خسروآبادی[*۱]

۱. پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. پژوهشکده علوم شناختی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دپارتمان آموزش، دانشگاه آلبرتا، ادمونتون، کانادا
۴. دانشکده علوم مهندسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۲
اصلاح نهایی: ۱۴۰۳/۱۱/۰۹
پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰

واژه‌های کلیدی
ادراک حس بویایی
استعاره مفهومی
تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی

نویسنده مسئول
رضا خسروآبادی، استادیار، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

ایمیل: R_khosroabadi@sbu.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.27.1.91

چکیده

مقدمه: مطالعات عصب‌شناسی کمک شایانی به گسترش دانش ما از نحوه پردازش واژه‌ها در مغز نموده‌اند. در جهت بدنمندسازی کلمات حسی، همواره سعی بر این بوده است که ارتباط این واژه‌ها با نحوه ادراک حس‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد. یک سیستم حسی که پژوهش درباره بازنمایی‌های نورونی معانی واژه‌هایش مورد غفلت واقع شده است سیستم بویایی است. از این رو این مطالعه با هدف بازنمایی عصبی واژه‌های حس بویایی در استعاره‌های مفهومی انجام شد.

روش کار: بانک داده‌ای از ۴۸ جمله مربوط به استعاره‌های مفهومی حس بویایی و ۴۸ جمله مربوط به جملات تحت‌اللفظی تشکیل گردید و نحوه پردازش این جملات در مغز با استفاده از تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، بیست و شش آزمودنی در سنین ۲۰ تا ۳۵ سال، همگی خانم‌های سالم راست دست شرکت کردند و فعالیت‌های مغزی آنها در حین مواجهه با تصاویر جملات ثبت گردید.

یافته‌ها: مقایسه آماری بین عملکرد مغزی در حین مواجهه با استعاره‌ها و جملات تحت‌اللفظی حاکی از این بود که تنها در هنگام پردازش استعاره‌ها نواحی حس بویایی ثانویه فعالیت‌هایی را در بازنمایی‌های حسی_حرکتی و ادراکی نشان می‌دهند. فعالیت قشر اوربیتوفرونتال (ناحیه بویایی ثانویه) به منظور همگرایی اطلاعات مدالیته‌های بویایی، چشایی و بینایی در مطالعات دیگر نیز دیده شده است.

نتیجه‌گیری: با توجه به عدم فعالیت معنادار در مناطق مربوط به پردازش هیجانات و همچنین مناطق اولیه بویایی، ما بر این باور هستیم که شاید فقدان خوشایندی حس بویایی در جملات استعاره‌ای دلیل این امر می‌باشد. امید است که این یافته‌ها بتواند راه‌گشای درک بهتر مکانیسم مغزی مربوط به پردازش واژگان فارسی گردد.

مقدمه

ایده‌های استعاری همه جا هستند و روی این که ما چگونه می‌اندیشیم اثر می‌گذارند (۱). مردم اغلب مایلند از عبارات استعاری استفاده کنند، در واقع افراد تصمیم می‌گیرند پیام مورد نظرشان را غیرمستقیم منتقل کنند. طرح نظریه استعاره مفهومی اولین بار توسط Lakoff و Jonson در سال ۱۹۸۰، با تبیینی از نحوه درک عبارت‌های غیرلفظی به دست آمد. می‌توان گفت استعاره‌های مفهومی بین مدالیته‌های حسی گوناگون شکل یافته‌اند. به عنوان مثال مدالیته‌های شنوایی و بینایی را می‌توان در استعاره مفهومی «دیدن، شنیدن است» در نظر گرفت و آن را در مثال «رنگ بلند» دید (۲). به عبارتی دیگر نگاشت‌هایی بین حوزه‌های مفهومی انتزاعی به حوزه‌های عینی وجود دارند که درک آنها را آسان می‌کنند (۳). بنابراین می‌توان گفت بازنمایی‌های زبانی در طول شبیه‌سازی‌های حوزه عینی فعال می‌شوند (۴). با توجه به این

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

نظریات من باب استعاره‌های مفهومی (۵، ۶)، مطابقت‌هایی نظام‌مند بین حوزه‌های ادراک یا به طور خلاصه «حواس» و حوزه‌های انتزاعی‌تر می‌توان در نظر گرفت (۷).

از طرف دیگر، تعامل ما با دنیا به قادر بودن ما در دیدن، شنیدن، چشیدن و بوییدن بستگی دارد و همه زبان‌ها منابعی درباره محتویات ادراکات حسی دارند (۸). بدون توانایی برای بیان آنها ادراکات زبان بلااستفاده است (۹). Kovecses (۲۰۱۸) به بررسی این که چگونه مدالیته حس بویایی از منظر زبانی در انگلیسی کدگذاری شده، پرداخته و از نظر وی ادراک و فهم بو دشوار است (۱۰). Winter و همکاران (۲۰۱۷)، ۳۰۰۰ کلمه را بررسی کرده و بعد از دو حس لمس و صدا کلمات چشایی و بویایی بیشترین وابستگی را به هم نشان دادند (۹). چرا که در طبقه‌بندی حواس از نظر انرژی مولکولی دو حس چشایی و بویایی هر دو شیمیایی هستند، اما کلامی ساختن و نامگذاری حس بویایی در مقابل چشایی دشوارتر است (۱۱، ۱۲). بنابراین انسان‌ها در تشخیص کلامی بوها نسبتا ضعیف عمل می‌کنند (۱۳)، هرچند می‌توانند به آسانی و با اطمینان بوها را بر حسب خوشایندی آنها ارزیابی کنند (۱۴، ۱۵). برای ادرک بو دو نسخه مفروض است. نسخه فعال و دیگری نسخه منفعل. در نسخه منفعل، بو توسط منبعی منتشر می‌شود که تجربه‌گر بدون داشتن کنترل بر ادراک آن را درک می‌کند؛ زیرا بی‌وقفه در حال تنفس است. در نسخه فعال شخص به دنبال بو است و رایحه در کنترل شخص است به عبارت دیگر عامل، عمل «بو کشیدن» را انجام می‌دهد (۱۰). هر بار که نفس می‌کشیم در واقع محیطی که در آن هستیم را درک و شناسایی می‌کنیم، بوها باعث ایجاد تجربیات حسی اولیه می‌شوند (۱۶). رایحه‌ها به عنوان وضعیت یا موقعیت یا شکل فیزیکی پردازش می‌شوند. به عنوان مثال کره بادام زمینی بدون در نظر گرفتن عناصر شیمیایی‌اش فقط یک اسم است و این کار را سخت می‌کند که بتوان از آن به عنوان یک رایحه نام برد (۱۷). در عوض در مورد بینایی ما به هر دو جزء یعنی شکل محرک و موقعیت محرک دسترسی داریم. به عنوان مثال در چهره شاد ما به هر دو (تمامی اجزا چهره) و (شادی در چهره) دسترسی داریم. از این رو اتصال پایین به بالا بین رایحه و سیستم‌های زبانی ضعیف می‌باشند جایی که اتصالات بالا به پایین یعنی فعال‌سازی شبکه عصبی بویایی به محض ارائه رایحه وابسته به واژه‌ها، قویتر می‌باشند (۱۸). برخی مطالعات نشان داده‌اند که آموزش بویایی، منجر به بهبود در تشخیص بو و نامگذاری می‌شود (۱۳).

مطالعات متعددی در خصوص نحوه پردازش حس بویایی تاکنون صورت پذیرفته است (۱۳). در هنگام پردازش حس بویایی، اطلاعات بویایی از منطقه اصلی بویایی اولیه به قشر اوربیتوفرونتال می‌روند به این صورت که اتصالات آوران به طور مستقیم از قشر پیریفورم همراه با اتصالات غیرمستقیم از غده‌های پشتی_میانی تالاموس دریافت می‌شوند و راه تالاموکورتیکال بویایی (مسیرهای عصبی بین تالاموس و مناطق مختلف قشر مغز) را تعیین می‌کنند (۱۹). قشر بویایی اولیه، درون قشر پیریفورم در اتصال لوب‌های تمپورال و فرونتال واقع شده است و قشر اوربیتوفرونتال منطقه دوم بویایی است که صدمه در این بخش منجر به نواقصی در تشخیص رایحه‌ها می‌شود (۲۰). فعالیت‌های بالاتر آمیگدال و هیپوکمپ توسط Citron و Goldberg (۲۰۱۴) (۴)، در حوزه حس چشایی یافت شد که شاید بتواند برای حس بویایی نیز صادق باشد (۲۱). Gonzalez و همکارانش (۲۰۰۶)، در آزمایشی با کلماتی همچون «سیر»، « دارچین»، «یاسمن» و ... روی ۲۳ آزمودنی اسپانیایی زبان دریافتند که خواندن کلماتی که همراه با معنی بویایی قوی است مناطق بویایی اولیه و ثانویه در پیریفورم، اوربیتوفرونتال، اینسولا و آمیگدال را فعال می‌کنند (۲۱).

با این حال، نحوه پردازش مغزی مربوط به کلامی‌سازی حس بویایی در واژگان فارسی به خصوص استعاره‌ها هنوز نیازمند درک بهتر می‌باشد. لذا این مطالعه با هدف بازنمایی عصبی واژگان بویایی در استعاره‌های مفهومی حس بویایی انجام شد. فرضیه اصلی این پژوهش این است که پردازش واژگان بویایی در استعاره‌های حس بویایی بر پردازش‌های حسی_حرکتی تکیه دارند و نواحی بویایی ثانویه را فعال می‌کنند که متفاوت با خواندن عبارات لفظی خواهد بود. بنابراین از استعاره‌های بویایی مرسوم و جملات تحت‌اللفظی در این مطالعه استفاده شد. در بخش‌های بعدی به تفصیل در خصوص روش آزمایش و نتایج صحبت خواهد شد.

روش کار

شرکت‌کنندگان

بر اساس اندازه اثر مشاهده شده در مطالعات قبلی ۲۶ شرکت‌کننده زن با زبان مادری فارسی در نظر گرفته شد. آزمودنی‌ها با میانگین سن ۲۴/۳۲ سال و با انحراف معیار ۴/۸۲ در محدوده سنی ۳۵-۱۸ سال در آزمایش شرکت کردند. از شرکت‌کنندگانی که از مکان‌های بسته می‌ترسیدند، مطابق تجویز پزشک آزمایشگاه آزمایش انجام نشد. تمامی شرکت‌کنندگان معیارهای لازم برای آزمایش را دارا بودند. تمامی شرکت‌کنندگان راست دست بودند. بینایی و شنوایی طبیعی داشتند و کسانی که دچار مشکل در بینایی بودند در آزمایشگاه از عدسی مخصوص استفاده کردند، هیچکدام از آنها سابقه بیماری‌های عصبی یا روان‌پزشکی و نارساخوانی نداشتند. هیچ یک سابقه اعتیاد به مواد

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

مخدر و مصرف داروهای اعصاب و روان نداشتند و می‌بایست حداقل ۴۸ ساعت قبل از آزمایش سیگار مصرف نکرده باشد. تمامی شرکت‌کنندگان معیارهای MRI (نداشتن کلاستروفوبیا، نداشتن ایمپلنت فلزی، نداشتن پیرسینگ) را داشتند. با توجه به این که مطالعه حاضر به حس بویایی مرتبط است، نمونه‌گیری این آزمایش در آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز انجام شد. در این آزمایش اثر فصلی در نظر گرفته شده است و زمان نمونه‌برداری در فصل بهار و تابستان بوده است. این پژوهش از اصول تعیین شده بر اساس بیانیه هلسینکی و کدهای ۲۶گانه اخلاق پژوهشی کشور پیروی می‌کند. شرکت‌کنندگان پس از تکمیل فرم رضایت، آگاهانه در این پژوهش شرکت کردند. نموداری از طرح آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است.

محرک

با توجه به محدودیت پیکره‌های زبانی، تولید اقلام آزمایشی متناسب با اهداف پژوهش و انتخاب بهترین اقلام بر اساس قضاوت گویشوران بومی از مرسوم‌ترین روش‌های ایجاد اقلام آزمایشی در مطالعات عصب‌شناسی زبان و روان‌شناسی زبان می‌باشد (۲۲). لذا ۱۰۱ جمله استعاره بویایی در مقیاس لیکرت ۵ درجه‌بندی شدند. از این رو جامعه آماری اولیه شامل ۱۴۰ دانشجوی کارشناسی بود که به پرسشنامه استعاره‌های حس بویایی پاسخ دادند. این جامعه آماری برای انتخاب گویه‌های آزمون سه پرسشنامه سطح آشنایی، سطح برانگیختگی جمله و ظرفیت هیجانی را در پرسشنامه استعاره‌های حس بویایی تکمیل نمودند. پس از میانگین‌گیری و تعیین انحراف معیار، چهل و هشت جمله خنثی انتخاب شدند. جملات با توجه به نتایج آزمون میزان آشنایی با فرمول «میانگین±سه برابر انحراف معیار» به دست آمدند. بنابراین برای تهیه کلیه اقلام آزمایش ابتدا چهل و هشت جمله استعاری مربوط به حس بویایی (جملاتی استعاری با استفاده مستقیم از کلمه «بو» و اشاره به «بوی چیزی») ساخته شدند. سپس چهل و هشت جمله تحت‌اللفظی با جایگزینی واژگان لفظی مرتبط و رایج در استعاره‌های بویایی با توجه به این که همان معنی را حفظ کنند، تولید شده و مجموعاً در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفت. به عنوان شرط اولیه پایه بصری، ۴۸ رشته علامت‌های هشتگ با جایگزینی در حروف جملات استعاره‌ای و تحت‌اللفظی با حفظ فاصله بین آنها و حذف علائم نگارشی ایجاد شد. به منظور حفظ توجه آزمودنی در حین آزمایش هشت جمله پرکننده نیز ساخته شد. دو شرط به دقت بر اساس نمره‌گذاری با مقیاس لیکرت ۵ (یعنی در عبارت‌های مثبت در مقیاس پنج درجه‌ای، امتیاز ۵ به کاملاً موافق اختصاص می‌یابد و امتیاز ۱ به موافق نیستم) توسط یک گروه مستقل با زبان بومی فارسی مورد بررسی قرار گرفتند و با متغیرهای روان‌شناسی زبان (مواردی که در ادامه بیان می‌شود)، مطابقت داده شدند. در این سنجش (۱۱ زن با میانگین سن ۳۳/۵ سال، و با انحراف معیار ۷/۹۳)، شرکت کردند. تحلیل واریانس یک طرفه برای تعیین معنادار بودن دو شرط به کار گرفته شد. برای میزان آشنایی (یعنی فراوانی ذهنی استفاده و برخورد) ($F(۲/۱۴۱)=۱/۰$ و $P=۰/۳۳$)، ظرفیت هیجانی ($F(۲/۱۴۱)=۱/۲۸$ و $P=۰/۲۸$) و برانگیختگی ($F(۲/۱۴۱)=۱/۹$ و $P=۰/۱۵$) در مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای به دست آمد. جملاتی که در نهایت در نظر گرفته شدند، با توجه به تعداد حروف، تعداد کلمات (بین سه تا شش کلمه) و بسامد انتخاب شدند. لذا دو شرط آزمایش، تفاوت معناداری در این موارد از نظر متغیرهای روان‌شناسی زبان با یکدیگر نداشتند. در این پژوهش از بو به عنوان حوزه مبدأ و در واقع برای انتخاب جملات استعاری استفاده شده است. مثال‌هایی از دو نوع جمله در جدول ۱ فهرست شده است.

جدول ۱. نمونه‌ای از جملات از هر شرط

شرط	مثال
استعاره حس بویایی	دستانش بوی مهر می‌دهد.
جملات تحت‌اللفظی	غذایش را به حیوانات می‌دهد
مبنای خط بصری	###### ### ### #####

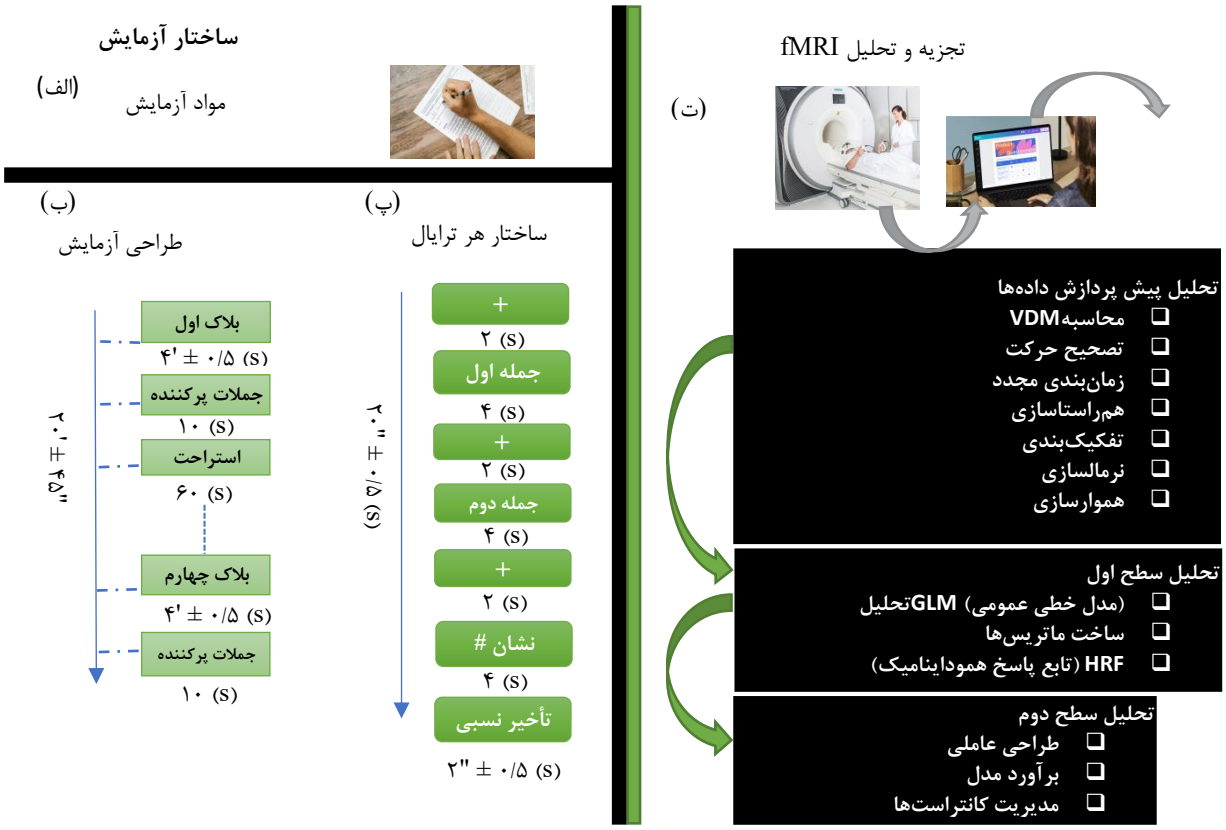
توجه: خط پایه بصری با جمله استعاره بویایی مطابقت دارد.

روش

برای اطمینان از صلاحیت، هر یک از آزمودنی‌ها پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه، پرسشنامه سلامت جسمی و روانی را تکمیل کردند و توسط پزشک آزمایشگاه معاینه شدند. قبل از ورود به اسکنر، آزمایش

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

و دستورالعمل‌ها به طور کامل برای آزمودنی‌ها توضیح داده شد و از آنها خواسته شد در هنگام انجام آزمایش جملات را با دقت بخوانند. سپس آموزش داده شد که چگونه از دکمه بله یا خیر برای پاسخگویی به سوالات استفاده کنند. برای پاسخ، آزمودنی باید یکی از دو کلید راست یا چپ را با انگشت وسط فشار می‌داد. سپس برای ارزیابی آناتومیک وارد اسکنر شدند. بعد از تصویربرداری ساختاری، تصویربرداری در حالت استراحت (با چشمان باز) به مدت ۵ دقیقه انجام شد. آزمایش بر روی صفحه نمایش نمایش‌گر با علامت بعلاوه (+) به مدت زمان ثابت ۲ ثانیه آغاز شد. آزمودنی‌ها به صورت تصویری و تصادفی محرک‌های نوشتاری (جملات) را بی‌صدا خواندند و در نهایت با فشار دادن یکی از دو کلید (بله یا خیر) به جملات پرکننده پاسخ دادند. هر جمله به مدت ۴ ثانیه در مرکز نمایش‌گر ظاهر شد (شکل ۱ را ببینید). جملات به طور تصادفی در یک خط مرکزی به رنگ سیاه روی صفحه نمایش با پس‌زمینه سفید ظاهر شدند. پس از ارائه هر جمله نیز علامت به علاوه به مدت ۲ ثانیه روی صفحه ظاهر می‌شد. در آخر هر بلاک یک جمله پرکننده درک مطلب به مدت ۴ ثانیه و یک جمله سوالی به مدت ۲ ثانیه ارائه شد، همچنین پنجره پاسخ برای جملات پرکننده به مدت ۴ ثانیه برای آزمودنی باز گذاشته شد تا به سؤال پرکننده پاسخ دهد. این جملات و سوالات کوتاه (۳ تا ۶ کلمه) بودند. کل زمان مورد نیاز برای اسکن تقریباً ۳۵ دقیقه بود که شامل آماده‌سازی، گرفتن تصاویر ساختاری و کار پردازش جملات بود.



شکل ۱. طراحی آزمایش. (A): ابتدا از هر یک از دو شرط استعاره‌های حس بویایی و جملات تحت‌اللفظی ۴۸ جمله فارسی ساخته شد. همچنین ۸ جمله پرکننده به صورت ۴ جمله درک مطلب و ۴ جمله سوالی در نظر گرفته شد. (B): آزمایش در ۴ بلاک طراحی گردید. در انتهای هر بلاک دو جمله پرکننده به ترتیبی که در A گفته شد به مدت ۲ ثانیه ارائه شدند. بین هر دو بلاک یک دقیقه برای استراحت آزمودنی در نظر گرفته شد. (C): در هر بلاک ۱۲ ترایال به صورت تصادفی ارائه شدند به این صورت که یک جمله استعاره و یک جمله لفظی به صورت تصادفی و غیرتکراری با فاصله زمانی ۲ ثانیه و به مدت ۴ ثانیه ارائه می‌شدند. در انتهای هر ترایال مدت زمان «فاصله بین محرک‌ها» ۲±۰/۵ ثانیه در نظر گرفته شد. (D): تحلیل تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی پس از ثبت داده‌های تصویربرداری و داده‌های رفتاری در سه مرحله پیش‌پردازش، آنالیز سطح اول و آنالیز سطح دوم انجام شد.

جمع‌آوری و پیش‌پردازش داده‌های ساختاری و عملکردی تصویربرداری تشدید مغناطیسی

نمونه‌گیری این آزمایش در آزمایشگاه ملی نقشه‌برداری مغز انجام شد. داده‌ها با استفاده از اسکنر MRI 3-Tesla Siemens Magnetom Prisma با یک سیم‌پیچ سر ۲۰ کانالی به دست آمد. حرکات سر به وسیله بالشتک ملایم به حداقل رسانده شد. در ابتدای آزمایش،

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

اسکن‌های آناتومیک برای T_1 (توالی MPRAGE)، شامل ۱۷۶ برش با زاویه چرخش ۷ درجه و اندازه وکسل ۱×۱×۱، با میدان دید ۲۵۶ میلی‌متر بود. در تصاویرعملکردی T2-weighted echo-planar(EPI) با کنتراست وابسته به سطح اکسیژن خون (BOLD) از میدان دید ۱۹۶ میلی‌متری استفاده شد و تصاویر در اندازه و فاز (نقشه‌های میدانی) به صورت ۳۵ برش در هر تصویر با ضخامت ۳ میلی‌متر و با اندازه وکسل: ۳×۳×۳/۵ میلی‌متر مکعب، با زاویه چرخش ۹۰ درجه، TR=۲۰۴۰ میلی‌ثانیه و TE=۳۰ میلی‌ثانیه بود. در طول آزمایش کار خواندن، ۶۹۴ حجم عملکردی ثبت شد. پیش‌پردازش شامل تصحیح زمان برش هر حجم (slice time correction)، تنظیم مجدد و باز کردن (realignment and unwrapping)، انطباق تصاویر T_1-weighted به میانگین تصاویر T_2-weighted که (co-registration) می‌باشد. بخش‌بندی تصاویر (segmentation)، T_1-weighted به منظور تبدیل برای نرمال‌سازی فضایی تصاویر T_2 به یک استاندارد آناتومیک در فضای (MNI) صورت پذیرفت. سپس نرمال‌سازی و هموارسازی (normalization and smoothing) فضایی انجام شد.

تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری در این مطالعه به وسیله نرم‌افزار SPM12 (۲۳) در برنامه MATLAB نسخه R2022b پیاده‌سازی شد. مکان‌یابی رویداد در یک مدل خطی عمومی (Generalized Linear Model) انجام شد. در این مطالعه، تابع رگرسور مرتبط با شرط‌ها با یک تابع پاسخ همودینامیک که جریان خون مغزی را در پاسخ به فعالیت عصبی منعکس می‌کند و نقش مهمی در تجزیه و تحلیل داده‌های مغزی به دست آمده از تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی دارد، برای رگرسورها در نظر گرفته شد. یک رگرسور برای هر شرط یعنی استعاره‌های بویایی، جملات تحت‌اللفظی آنها و توالی‌های علامت هشتگ ایجاد شد. در تحلیل سطح اول (در سطح فرد)، یک کنتراست تی بین استعاره‌های بویایی و جملات تحت‌اللفظی تعریف گردید و برای هر یک از شرط‌های فوق محاسبه شد. تصاویر کنتراست حاصل از همه شرکت‌کنندگان ابتدا در سطح فرد (First level analyses) بررسی گردید و سپس وارد تحلیل سطح دوم (گروهی) (Second level analyses) شد. مکان‌یابی برای تحلیل هر یک از شرط‌ها (به عنوان مثال استعاره‌های بویایی) استفاده شد و مقایسه بین شرط‌ها (استعاره‌های بویایی در مقابل جملات تحت‌اللفظی)، به ترتیب از یک آزمون t تک نمونه (One sample T Test) و آزمون t جفتی (Paired t-test) استفاده شد.

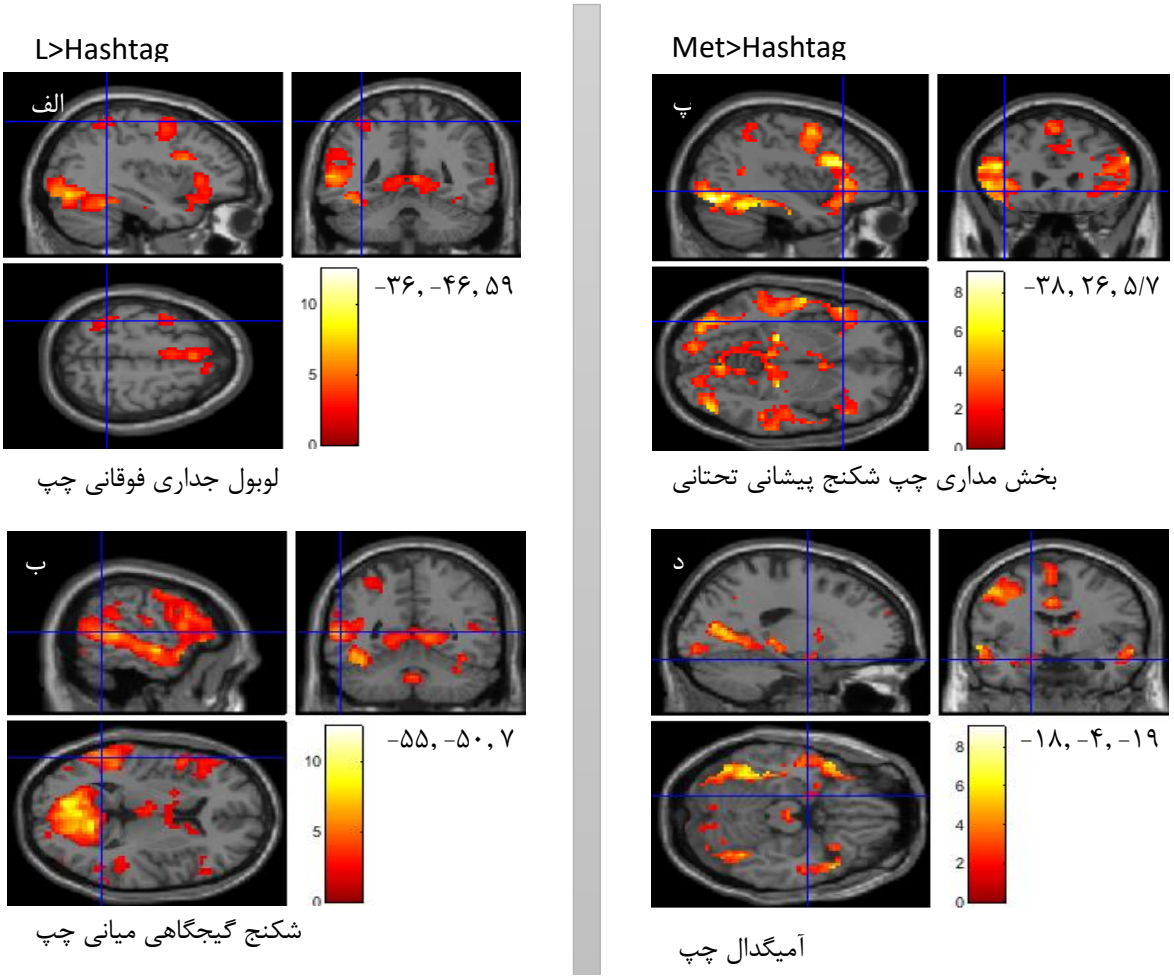
در نرم‌افزار SPM برای پیدا کردن ناحیه‌های مورد نظر معنادار در آنالیزهای کل مغز، در هر شرط و نواحی متمایزکننده بین هر دو شرط، آستانه در سطح وکسل برابر P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد و آستانه در سطح خوشه با تعداد وکسل برابر ۳۰ پیشنهاد شد که این مقدار آستانه بر اساس تصحیح‌سازی چند مقایسه‌ای با استفاده از روش FWE به دست آمد. برای هر ناحیه معنادار، مختصات MNI وکسل با حداکثر مقدار t (حداقل مقدار P) گزارش می‌شود.

یافته‌ها

مقایسه بین هر دو شرط جملات تحت‌اللفظی و استعاری، برای دو شرط واژگانی در مقابل خط مبنا بصری (استعاره‌های بویایی و جملات تحت‌اللفظی>توالی‌هایی با علامت هشتگ)، بررسی شد. نقشه‌های مغزی مرتبط به آن را در شکل ۲ ببینید.

در مورد مناطقی که در آنالیزهای کل مغز فعالیت نشان دادند، فعال‌سازی‌ها بیشتر در قشر بینایی اولیه یا شیار مهمیزی چپ و راست، نواحی بینایی دو طرفه شامل شکنج دوکی و شکنج زبانی چپ، نواحی کان کونئوس و پرکونئوس چپ، شکنج میانی و قطب گیجگاهی چپ، شکنج پیشانی تحتانی و میانی چپ، اینسولا قدامی چپ، شکنج پیش مرکزی چپ و شکنج مداری خلفی/جداری چپ، دیده شد. جدول ۲ نتایج فعال‌سازی‌های معنادار را نشان می‌دهد. سیستم معنایی شبکه‌ای از نواحی مغز شامل شکنج گیجگاهی میانی، لوب گیجگاهی قدامی، شکنج زاویه‌ای و شکنج پیشانی تحتانی را تشکیل می‌دهد (۲۴). شکل ۳ را ببینید.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License



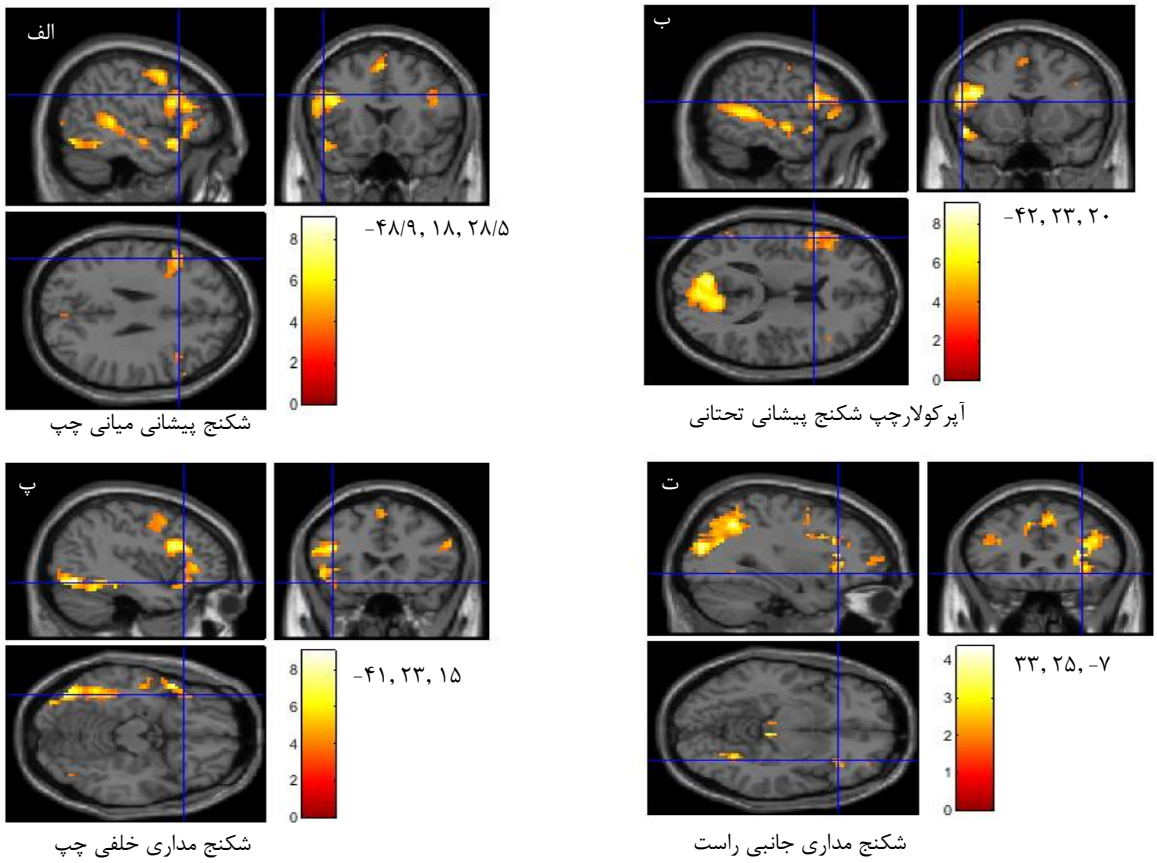
شکل ۲. تصاویر در نمایی از سه برش افقی، سهمی، تاجی از خوشه‌های اصلی (دو شکل A و B مربوط به کنتراست جملات تحت‌اللفظی در مقابل هشتگ و دو شکل C و D مربوط به کنتراست استعاره‌های حس بویایی در مقابل هشتگ‌ها می‌باشند) (مختصات MNI بر حسب میلی‌متر بیان شده است).

جدول ۲. مناطقی که در آنالیزهای کل مغز مربوط به هر یک از دو شرط (استعاره‌های حس بویایی و جملات تحت‌اللفظی) فعالیت نشان دادند.

ناحیه	#voxel	T	z	y	x
شکنج زاویه‌ای چپ، قشر پس سری چپ BA39	۶۰	۶/۴۵	۲۶	-۷۹	-۳۹
شکنج مداری خلفی چپ، قشر مداری جانبی چپ/راست BA 11,47	۴۷	۵/۹۱	-۱۳/۷	۲۹/۳	-۴۲/۲
شکنج دوکی شکل چپ، BA37	۷۶	۵/۷۱	-۱۹	-۳۱	-۳۰
پرکونئوس چپ، BA7	۳۰	۴/۸۲	۱۴	-۵۵	-۹
شکنج گیجگاهی تحتانی/میانی چپ, شکنج میانی پس سری چپ BA39	۳۲	۳/۴۵	-۱۴	-۵۲	-۴۹
اپرکیولار شکنج پیشانی تحتانی، BA47	۳۳	۴/۸۳	۱۴	۳۵	-۴۲

توجه: BA= منطقه برودمن؛ #= تعداد؛ T= T-value؛ x، y، z (mm)= مختصات وکسل در MNI بر حسب میلی‌متر.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License



شکل ۳. تصاویر در نمایی از سه برش افقی، سهمی، تاجی از خوشه‌های اصلی فعال‌سازی در کنتراست جملات استعاره‌های بویایی>جملات تحت‌اللفظی (مختصات MNI بر حسب میلی‌متر بیان شده است).

تجزیه و تحلیل در کنتراست جملات تحت‌اللفظی>استعاره‌های بویایی (نواحی‌ای که میزان فعالیت استعاره‌های بویایی از جملات تحت‌اللفظی بیشتر بوده و تفاوت فعالیت‌شان معنادار بوده است) منجر به تغییرات معنادار سیگنال، همسنجی وابسته به سطح اکسیژن خون در شکنج مداری خلفی/جانبی راست، شکنج دوکی شکل راست، شکنج پیش مرکزی راست، اینسولا راست، شکنج مداری جانبی راست، پس‌سری خلفی/میانی چپ، شکنج زاویه‌ای چپ/راست، شکنج کمربندی خلفی و میانی چپ، قسمت راست شکنج تحتانی پیشانی، شکنج فوقانی راست/چپ قسمت اپرکیولر پیشانی، تحتانی آهیانه‌ای راست می‌شود. جدول ۳ را ببینید.

جدول ۳. مناطقی که در آنالیزهای کل مغز فعالیت نشان دادند در کنتراست جملات تحت‌اللفظی>استعاره‌های بویایی

ناحیه	#voxel	T	z	y	x
شکنج سینگولیت میانی سمت چپ	۴۰	۴/۲۱	۲۷	-۲۸/۵	-۱/۷۵
لوب جداری فوقانی SPL سمت راست	۳۱	۴/۱۵	۴۰/۵	-۵۸/۸	۲۵
شکنج پیشانی میانی MFG راست	۴۳۳	۳/۸۲	۲۷	-۲۱/۵	۳۹
اینسولا قدامی راست/شکنج مداری جانبی راست	۷۸	۲/۷۵	-۱/۸	۲۲	۳۸

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

در تجزیه و تحلیل در تضاد جملات تحت‌اللفظی>استعاره‌های بویایی (نواحی‌ای که میزان فعالیت جملات تحت‌اللفظی از استعاره‌های بویایی بیشتر بوده و تفاوت فعالیتشان معنادار بوده است) که نتایج به دست آمده در جدول ۴ نمایش داده شده است، فقط فعالیت در نواحی شکنج دوکی، گیجگاهی میانی/فوقانی چپ و راست، شکنج پس سری میانی/تحتانی چپ/راست و شکنج زاویه‌ای چپ، پرکونئوس چپ دیده شد.

جدول ۴. مناطقی که در آنالیزهای کل مغز فعالیت نشان دادند در کنتراست جملات تحت‌اللفظی>استعاره‌های بویایی

ناحیه	#voxel	T	z	y	x
شکنج زاویه‌ای چپ	۶۳	۴/۹۱	۲۳	-۶۷	-۳۹
شکنج میانی گیجگاهی چپ	۸۱	۴/۶۴	-۱۳	-۱۳	-۵۱
پرکونئوس چپ	۸۳	۴/۱۴	۲۳	-۶۴	-۳
مخچه سمت راست خارجی	۳۲	۴/۰۲	-۳۷	-۷۶	۲۷
شکنج پس سری تحتانی چپ	۳۹	۳/۹۸	-۱۳	-۸۲	-۳۶

بحث

در تجزیه و تحلیل کل مغز، در این پژوهش به بررسی بازنمایی عصبی واژگان بویایی پرداخته شد، این مطالعه این فرضیه را بررسی کرد که عبارات استعاره‌ای حس بویایی به طور متفاوتی نسبت به جملات تحت‌اللفظی پردازش می‌شوند. آزمودنی‌ها استعاره‌های بویایی و تعابیر تحت‌اللفظی آنها را در حین آزمایش در سکوت خواندند در حالی که پاسخ‌های همودینامیک مغز شرکت‌کنندگان در حین پردازش جملات با استفاده از تصویربرداری عملکردی تشدید مغناطیسی ضبط شد. علاوه بر این، هدف آزمایش این بود که آیا پردازش استعاره‌ها بر بازنمایی‌های حسی_حرکتی تکیه دارند، بنابراین قشر بویایی ثانویه را فعال می‌کنند، همچنان که کارهای قبلی از نظر رفتاری به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. به علاوه هدف ما بررسی تمامی این موارد در زبان فارسی بود که کمتر به آن پرداخته شده است.

دو یافته اصلی که در رابطه با فرضیاتمان دست یافتیم:

۱) پردازش واژگان حس بویایی منطقه دوم بویایی را فعال می‌کنند.

۲) در تقابل بین جملات استعاری حس بویایی و جملات تحت‌اللفظی، برای استعاره‌ها فعالیت در مناطق بیشتری دیده شد.

در این آزمایش، خواندن واژگان حس بویایی در واقع قشر اوربیتوفرونتال که قشر بویایی ثانویه است را فعال کرده است که در واقع از نظریه حسی_حرکتی ادراک_کنش Pulvermuller (۲۰۱۳)، حمایت می‌کند (۱۸، ۲۵). نظریه Pulvermuller پیش‌بینی می‌کند که خواندن، مجموعه‌های عصبی مدارهای معنایی کنش_ادراک کلمات و ارجاع‌های آنها را در نواحی زبانی پریسیلوین فعال می‌کند (۱۸). در این پژوهش، در پردازش خواندن در حال سکوت جملات استعاره‌های بویایی، شکنج مداری جانبی راست و چپ را فعال یافتیم. همچنین نتایج پژوهش نشان داد یک خوشه پیشانی تحتانی چپ در پاسخ به استعاره‌های بویایی در مقایسه با جملات تحت‌اللفظی فعال شده است. این یافته از این ایده حمایت می‌کند که عبارات استعاری بر بازنمایی‌های حسی_حرکتی و ادراکی مبتنی هستند (۲۶)؛ زیرا که شکنج پیشانی تحتانی شامل ناحیه بروکا است که در پردازش زبان و تولید گفتار نقش دارد. مطالعات متعددی وجود دارند که نقش شکنج پیشانی تحتانی دو طرفه را در درک زبان نشان می‌دهند (۲۷). پژوهش‌های قبلی نشان داده‌اند که ادراک استعاره‌های مربوط به بویایی در واقع قشر بویایی ثانویه را به کار می‌گیرند. این شامل نواحی قشر بویایی دوم و سوم است که در آن اطلاعات مربوط به هویت و همچنین ارزش پاداش بوها نشان داده می‌شود (۲۸). عدم فعال‌سازی قشر اولیه بویایی احتمالا به این دلیل است که به طور کلی شبیه‌سازی‌های حسی_حرکتی در طول درک زبان، قشر اولیه را درگیر نمی‌کنند (۱۸) و همچنین شاید به همین دلیل، فقدان فعال شدن قشر پیریفورم به طور مستقیم به توانایی ضعیف انسان در نام‌گذاری بوها اشاره می‌کند (۲۹). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که قشر اوربیتوفرونتال چپ برای قضاوت در تعیین خوشایندی و میزان دلپذیری بو مهم است (۱۸). بنابراین عدم فعال‌سازی اولیه بویایی می‌تواند با درجه خوشایندی بو در رابطه علت و معلولی قرار گیرد (۱۸). در این پژوهش فعالیت‌هایی در نواحی گیجگاهی چپ یافتیم، یعنی

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

قسمت شکنج گیجگاهی فوقانی/میانی یا قطب گیجگاهی که مربوط به افزایش هماهنگی و انسجام در هنگام خواندن متون می‌باشد (۳۰). همچنین فعالیت شکنج زاویه‌ای را در تضاد جملات استعاری>جملات همتای تحت‌اللفظی در طرف چپ ثبت کردیم. پژوهش‌ها با توجه به نتایج حاصل از تصویربرداری از نواحی مختلف مغز نشان داده‌اند که مکان همه کلماتی که از نظر معنایی مشابه هستند، یکسان است (۲۵). شکنج زاویه‌ای ناحیه‌ای از مغز است که اطلاعات را به منطقه ورنیکه انتقال می‌دهد به طوری که سبب بازنمایی‌های زبانی و معنایی می‌شود. همچنین موقعیتی دارد که اطلاعات چندحسی در آن همگرا می‌شوند (۳۱). در حافظه با تحریک بو می‌توان محرک‌هایی را در شکل‌های بویایی و بینایی و کلامی ارائه کرد (۳۲) که این نشان می‌دهد جمعیت‌های نورونی پریسیلوین، همراه با مدارات شنوایی، بویایی، چشایی و حسی حرکتی می‌باشند؛ از این رو اتصالات معنایی بین مدارات، شکل کلمه و بازنمایی‌هایشان به عنوان بخشی از مدارات معنایی یاد گرفته شده فعال می‌شوند (۱۸). نورون‌های مناطق شنوایی اولیه، قشر حرکتی و پیش‌حرکتی، پیش‌پیشانی، کمربند شنوایی و پارابلت در قشر گیجگاهی و بینایی اولیه و مناطق زبانی به طور غیرمستقیم از طریق هاب‌ها و از طریق قشر گیجگاهی_بینایی و قشر میانی گیجگاهی به هم مربوط می‌شوند و اتصال برقرار می‌کنند. بنابراین تلفیق معنایی که اتصال اطلاعات به نمادها می‌باشد:

۱) در سیستم حسی حرکتی قشر مغز و ۲) در سیستم‌های مغزی پریسیلوین در هر دو منطقه پراکنده‌اند (۲۵).

در مطالعه حاضر به جای استفاده از کلمات یا عباراتی که مستقیما از اشیاء حامل بو صحبت کنند، عبارات بویایی که با فعل بو کشیدن مرتبط بودند، استفاده گردید. در پژوهشی دیگر که پایه‌های بیشتری را برای بازنمایی‌های حسی حرکتی، فراهم کرده است Pomp و همکارانش (۲۰۱۸) آزمایشی را روی استعاره‌های حس بویایی در زبان آلمانی انجام دادند و برانگیختگی‌های منطقه دوم بویایی را ثبت کردند (۱۸). در این آزمایش همانند Pomp و همکارانش (۲۰۱۸)، پردازش کلماتی در جملات، که همراه با عمل «بو کشیدن» بودند (۱۸) را مورد آزمایش قرار دادیم و فعال‌سازی‌ها را در منطقه دوم بویایی یافتیم و همچنین آمیگدال چپ را فعال دیدیم (شکل ۲ را ببینید)، در عین حال که آنها در آزمایش روی استعاره‌ها هیچ فعالیتی در قشر آمیگدال نیافتند. درصورتی که Gonzalez و همکارانش (۲۰۰۶)، از جملات استفاده نکردند بلکه فقط کلماتی را به کار گرفتند که به طور قوی رایحه را به خاطر می‌آورد و آمیگدال را فعال یافتند (۲۱). در این مطالعه الگوی جانبی چپ به طور کلی فعال‌تر دیده شد. از این رو، فعالیت‌های ما می‌تواند منعکس‌کننده استفاده از مواد زبانی باشد. در ادراک زبان تحت‌اللفظی نیم‌کره چپ به شدت درگیر می‌شود؛ زیرا معنای آن غالب، کانونی و مرتبط با متن است و هنگامی که مردم زبان استعاری مانند استعاره‌های بدیع را درک می‌کنند، نیم‌کره راست نقش مهم‌تری ایفا می‌کند؛ زیرا معنای مجازی استعاره‌ها مستلزم فعال‌سازی مفاهیم مرتبط با هم در یک زمینه معنایی گسترده‌تر است (۳۳). نیم‌کره راست ممکن است نسبت به روابط معنایی در مقایسه با سمت چپ دقیق‌تر باشد (۲۷).

آمیگدال چپ برای تداعی‌های کلامی_بوی تخصصی شده است، بنابراین انتظار می‌رود گروهی که آسیب آمیگدال چپ دارند بیشترین آسیب را در تطبیق نام بو نشان دهند (۳۴). فعالیت آمیگدال با پردازش خودکار محرک‌های هیجانی شدید مرتبط است (۴). ارتباط بین خلق‌وخو و بویایی از نظر عملکرد عصبی به همپوشانی بین مناطق بویایی و «مناطق هیجانی» اولیه مانند آمیگدال، اینسولا، قشر اوربیتوفرونتال و قشر کمربندی مربوط می‌شود (۳۵).

نتیجه‌گیری

این پژوهش یافته‌های تصویربرداری عصبی را بر اساس تعاملات قشری بویایی_زبان مورد بررسی قرار داده است. همچنین به دلیل فقدان فعالیت در نواحی بویایی اولیه یافته‌های پژوهش‌های قبلی را تأیید می‌کند. در این مطالعه مشخص شد که مناطق اوربیتوفرونتال فعالیت نشان دادند و این یعنی نواحی خاصی از مغز انسان به بازنمایی عصبی معنای واژگانی کمک کرده است؛ به عبارت دیگر، خواندن کلمات حس بویایی مناطق دوم بویایی را فعال کرده است، بدون این که در واقعیت بو یا رایحه‌ای درگیر شده باشد و این نشان‌دهنده ارتباط بین قشرهای بویایی و زبان است. با توجه به ارتباط ضعیف بویایی و زبان در نام‌گذاری بوها، اثرگذاری استعاره‌های حس بویایی با توجه به کارکردهای قشر اوربیتوفرونتال حائز اهمیت است.

بنابراین، مفاهیم برجسته‌شده در اینجا می‌تواند بنایی یکپارچه به سوی پژوهش‌های آینده برای مشخص کردن نقش استعاره‌های حس بویایی در فرایندهایی که مداخلات قشر اوربیتوفرونتال در آن حاکم است زبان باشد. فعالیت منطقه آمیگدال با به کارگیری جملات استعاری بویایی احتمالاً به علت تنوع زبانی بین ملل مختلف است. همچنین در پژوهش‌های آینده استفاده از کلمات لفظی بویایی و بررسی شبکه نام‌گذاری بویایی در زبان فارسی می‌تواند راه‌های بیشتری را در پژوهش‌های نوظهور در مورد این که چگونه تنوع فرهنگی و زبان‌های مختلف، تفاوت‌های فردی را شکل می‌دهند، فراهم کند. در این مطالعه به دلیل این که

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

از اثر جنسیت مطمئن نبودیم و همچنین به جهت دسترسی راحت‌تر آزمون‌گر، نمونه‌برداری فقط از زنان انجام شد و آن را به عنوان محدودیت آزمایش برای کارهای آتی در نظر گرفتیم. گسترش نمونه‌ها با مطالعه این آزمایش روی مردان با در نظر گرفتن شرایط یکسان می‌تواند پژوهش بعدی باشد. همچنین برای کارهای آتی تکرار این آزمایش را می‌توان برای حواس دیگر همچون شنوایی و چشایی مد نظر قرار داد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

این پژوهش با شناسه اخلاق IR.UT.IRICSS.REC.1401.033 مورد تأیید قرار گرفته است.

مشارکت نویسندگان

طراحی آزمایش توسط رضا خسروآبادی و مهدی پورمحمد انجام شد. برنامه‌نویسی و جمع‌آوری داده‌ها توسط مریم اکبریان انجام شد. پردازش داده‌ها و آنالیزهای آماری توسط مریم اکبریان و علیرضا طالش جفادیده صورت پذیرفت. راستی آزمایی و کنترل نتایج توسط رضا خسروآبادی، علیرضا طالش جفادیده و مریم اکبریان صورت پذیرفت. نسخه اولیه مقاله توسط مریم اکبریان نگارش شده و رضا خسروآبادی، مهدی پورمحمد و علیرضا طالش جفادیده نسخه خطی را ویرایش و بررسی کردند.

منابع مالی

این پژوهش هیچ کمک مالی خاصی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از سرکار خانم قائم‌پناه برای کمک‌های ایشان در زمینه اخذ داده و آقای محسن مبصری در خصوص کمک به نحوه پردازش داده‌ها و همچنین تمامی شرکت‌کنندگان در این پژوهش تقدیر و قدردانی می‌نماییم.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان در این مطالعه هیچگونه تعارض منافع وجود ندارد.

References

1. Lakoff G. Mapping the brain's metaphor circuitry: Metaphorical thought in everyday reason. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014;8:958.

2. Barcelona A. Metaphor and metonymy at the crossroads. Berlin & New York:Mouton De Gruyter;2000.

3. Lakoff G. The contemporary theory of metaphor. In: Ortony A, editor. Metaphor and thought. Cambridge:Cambridge University Press;1993. pp. 202-251.

4. Citron FM, Goldberg AE. Metaphorical sentences are more emotionally engaging than their literal counterparts. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2014;26(11):2585-2595.

5. Lakoff G, Johnson M. Philosophy in the flesh: The cognitive unconscious and the embodied mind: How the embodied mind creates philosophy. New York:Basic Books;1999.

6. Kovecses Z. Metaphor and culture. *Acta Universitatis Sapientiae, Philologica*. 2010;2(2):197-220.

7. Evans N, Wilkins D. In the mind's ear: The semantic extensions of perception verbs in Australian languages. *Language*. 2000;76(3):546-592.

8. Miller GA. Language and perception. Cambridge, MA:Harvard University Press;1976.

9. Winter B. Sensory linguistics: Language, perception, and metaphor. Amsterdam, The Netherlands:Benjamins;2019.

10. Kovecses Z. Perception and metaphor. *Perception Metaphors*. 2019;19(327):10-1075.

11. Speed LJ, Majid A. An exception to mental simulation: No evidence for embodied odor language. *Cognitive Science*. 2018;42(4):1146-1178.

12. O'Meara C, Majid A. Anger stinks in Seri: Olfactory metaphor in a lesser-described language. *Cognitive Linguistics*. 2020;31(3):367-391.

13. Olofsson JK, Ekström I, Larsson M, Nordin S. Olfaction

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

and aging: A review of the current state of research and future directions. *i-Perception*. 2021;12(3):20416695211020331.

14. Kepler VF, Seet MS, Hamano J, Saba M, Thakor NV, Dimitriadis SI, et al. Odor pleasantness modulates functional connectivity in the olfactory hedonic processing network. *Brain Sciences*. 2022;12(10):1408.

15. Bontempi C, Jacquot L, Brand G. Sex differences in odor hedonic perception: An overview. *Frontiers in Neuroscience*. 2021;15:764520.

16. Howard JD, Gottfried JA. Configural and elemental coding of natural odor mixture components in the human brain. *Neuron*. 2014;84(4):857-869.

17. Olofsson JK, Gottfried JA. The muted sense: Neurocognitive limitations of olfactory language. *Trends in Cognitive Sciences*. 2015;19(6):314-321.

18. Pomp J, Bestgen A-K, Schulze P, Muller CJ, Citron FM, Suchan B, et al. Lexical olfaction recruits olfactory orbitofrontal cortex in metaphorical and literal contexts. *Brain and Language*. 2018;179:11-21.

19. Zatorre RJ, Jones-Gotman M. Human olfactory discrimination after unilateral frontal or temporal lobectomy. *Brain*. 1991;114(1):71-84.

20. Winter B. Taste and smell words form an affectively loaded and emotionally flexible part of the English lexicon. Language, *Cognition and Neuroscience*. 2016;31(8):975-988.

21. Gonzalez J, Barros-Loscertales A, Pulvermuller F, Meseguer V, Sanjuan A, Belloch V, et al. Reading cinnamon activates olfactory brain regions. *Neuroimage*. 2006;32(2):906-912.

22. Hakimi S, Purmohammad M, Hakimi M. The role of construction similarity and verb tense on the construction of integrated syntactic representations in bilinguals. *Journal of Researches in Linguistics*. 2020;12(2):263-283.

23. Friston KJ, Holmes AP, Worsley KJ, Poline JP, Frith CD, Frackowiak RS. Statistical parametric maps in functional imaging: A general linear approach. *Human Brain Mapping*. 1994;2(4):189-210.

24. Courtiol E, Wilson DA. Thalamic olfaction: characterizing odor processing in the mediodorsal thalamus of the rat. *Journal of Neurophysiology*. 2014;111(6):1274-1285.

25. Pulvermuller F. Semantic embodiment, disembodiment or misembodiment? In search of meaning in modules and neuron circuits. *Brain and Language*. 2013;127(1):86-103.

26. Lakoff G, Johnson M. The metaphorical structure of the human conceptual system. *Cognitive Science*. 1980;4(2):195-208.

27. Alemi R, Batouli SAH, Behzad E, Ebrahimpoor M, Oghabian MA. Not single brain areas but a network is involved in language: Applications in presurgical planning. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2018;165:116-128.

28. Rolls ET. The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition*. 2004;55(1):11-29.

29. Olofsson JK, Rogalski E, Harrison T, Mesulam M-M, Gottfried JA. A cortical pathway to olfactory naming: Evidence from primary progressive aphasia. *Brain*. 2013;136(4):1245-1259.

30. Yarkoni T, Speer NK, Zacks JM. Neural substrates of narrative comprehension and memory. *Neuroimage*. 2008;41(4):1408-1425.

31. Song Y, Wang C, Cai H, Chen J, Liu S, Zhu J, et al. Functional hierarchy of the angular gyrus and its underlying genetic architecture. *Human Brain Mapping*. 2023;44(7):2815-2828.

32. Herz RS. The role of odor-evoked memory in psychological and physiological health. *Brain Sciences*. 2016;6(3):22.

33. Yang F-PG, Bradley K, Huq M, Wu D-L, Krawczyk DC. Contextual effects on conceptual blending in metaphors: An event-related potential study. *Journal of Neurolinguistics*. 2013;26(2):312-326.

34. Buchanan TW, Tranel D, Adolphs R. A specific role for the human amygdala in olfactory memory. *Learning & Memory*. 2003;10(5):319-325.

35. Joshi A, Hornstein H, Thaploo D, Faria V, Warr J, Hummel T. Neural processing of odors with different well-being associations—Findings from two consecutive neuroimaging studies. *Brain Sciences*. 2023;13(4):576.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License