

היבטים תחביריים ולקסיקליים של שעבוד

עינת שטרית, נעמה פרידמן ואורי הדר

אוניברסיטת תל אביב

המחקר הנוכחי התמקד בתכונה תחבירית-לקסיקלית של שעבוד. בפרט, בחנו, באמצעות הדמיה מוחית (fMRI), האם שעבוד משפיע על פעילות מוחית מעבר להשפעות תחביריות המוכרות ממחקרים קודמים (Holmes et al., 1987; Friedmann & Grodzinsky, 1997; Friedmann, 1999, 2001, 2006). כלומר, האם לשעבוד יש השפעה גם כאשר הוא חלק מהידע התחבירי-לקסיקלי ואינו ממומש במשפט. המחקר כלל השוואה תחבירית, שבה הושוּו משפטים עם שעבוד למשפטים פשוטים והשוואה לקסיקלית שבה זהות תחבירית, אך פוטנציאל תחבירי שונה להשלמה על ידי פסוקית משועבדת. ההשוואות נעשו באמצעות פעלים שלהם שתי אופציות של סבקטוריוזציה, האחת פסוקית משועבדת (CP, להלן, פ"מ) והאחרת – צירוף יחס (צ"י) ופעלים שאינם יכולים להיות מושלמים ע"י פסוקית משועבדת ואשר להם אופציות סבקטוריוזציה של צירוף שמני (צ"ש) וצ"י. ההשוואה התחבירית נעשתה אם כן כהשוואה ישירה בין משפטים ובהם פעלים עם אופציות פ"מ ממומשת לעומת משפטים ובהם פעלים עם צ"ש ממומש. לשם כך, נדרשו משלימים דומים ככל האפשר, דבר אשר הושג על ידי כך שכל המשלימים כללו צ"ש וצ"י או תואר: המשלימים המשועבדים כללו נושא שמני ופרדיקט תארי או צ"י (דוגמאות 1 ו-3) והמשלימים השמניים כללו לוואי תארי או צ"י בנוסף למשלים (דוגמאות 2 ו-4). לכאורה, הדמיון בין המשפטים הוא גדול, אבל פ"מ מורכבת יותר מבחינה תחבירית ביחס לצ"ש גם כאשר מדובר בפסוקית חסרת פועל, שכן היא דורשת ייצוג של יותר רמות תחביריות.

- (1) דנה התלוננה שהמים קרים
- (2) דנה טעמה את המים הקרים
- (3) דנה התלוננה שהגלידה במקרר
- (4) דנה טעמה את הגלידה מהמקרר
- (5) דנה התלוננה על המים הקרים
- (6) דנה טעמה מהמים הקרים

ההשוואה הלקסיקלית כללה משפטים בעלי מבנה תחבירי זהה, באמצעות מימוש אופציות ההשלמה על ידי צ"י (דוגמאות 5 ו-6) אשר ניטרל את האפקטים התחביריים. כלומר, ההבדל בין המשפטים התבטא בידע התחבירי-לקסיקלי המקושר לפעלים הכלולים בתוכם: קבוצה אחת של פעלים היא בעלת הפוטנציאל להיות מושלמת ע"י פ"מ בעוד שהקבוצה האחרת לא.

שיטת המחקר

נבדקים: 19 נבדקים (מתוכם 8 בנות), בני 23-38 (ממוצע: 28.9), ללא ליקוי שפתי, ללא היסטוריה נוירולוגית או פסיכיאטרית, וללא בעיות שמיעה השתתפו בניסוי. כולם ימניים ודוברים ילידיים של עברית שהיא להם שפת האם היחידה. הניסוי אושר על ידי ועדות האתיקה של המרכז הרפואי סוראסקי תל אביב ואוניברסיטת תל אביב והנבדקים נתנו הסכמה בכתב להשתתפות בניסוי.

חומרים והליך: 14 פעלים נבחרו לניסוי על ידי שבעה בלשנים ופסיכובלשנים לפי סוג המשלימים שלהם. 7 פעלים הם בעלי משלים מסוג פ"מ ו-7 בעלי משלים מסוג צ"ש, ובנוסף כל הפעלים הם בעלי משלים מסוג צ"י. כלומר, לכל הפעלים שתי אופציות של סבקטגוריה ובעלי משלים יחיד. כל פועל הופיע ב-8-10 משפטים שונים, כך שהניסוי כולו כלל 128 משפטים. כל משפט נפתח בנושא שמני ובפועל. במחצית מהמשפטים מומשו המשלימים פ"מ וצ"ש (בהתאמה לפעלים), כך שהפ"מ כלל נושא שמני ופרדיקט תארי או צ"י ולצ"ש נוסף לוואי תארי או צ"י (ראה טבלה 1). במחצית האחרת של המשפטים מומש צ"י ונוסף לו לוואי תארי או נספח (צ"י לרב; טבלה 1). הפועל היה מוטה בזמן עבר יחיד כך שחצי מהמשפטים היו בעלי נושא זכרי והחצי השני בעלי נושא נקבי. מספר ההברות בכל משפט נע בין 9 ל-13 כדי להגביל את אורך המשפט. המשפטים חולקו ל-32 בלוקים, כך שבכל בלוק היו 4 משפטים עם פעלים שונים מאותו תנאי. הבלוקים והמשפטים בהם הוצגו לנבדק באופן פסאודו-רנדומלי. כל בלוק נמשך 14 שניות ומשפטים בתוכו הופרדו על ידי פרק זמן של 1500 מילישניות. בסוף כל בלוק הושמע צליל שסימן מעבר לבלוק שקט שנמשך 6 או 8 שניות. הגירויים הוצגו לנבדקים באמצעות תוכנת presentation.

טבלה 1. דוגמאות למשפטים מכל תנאי

תנאי	דוגמא למשפט
פעלי פ"מ עם פ"מ ממומש	נחמה התרשמה שהתלמיד חכם
פעלי צ"ש עם צ"ש ממומש	יאיר פרץ את הכספת במשרד
פעלי פ"מ עם צ"י ממומש	גל התריע על ג'וקים במקלחת
פעלי צ"ש עם צ"י ממומש	נירה טעמה מהחלב הישן

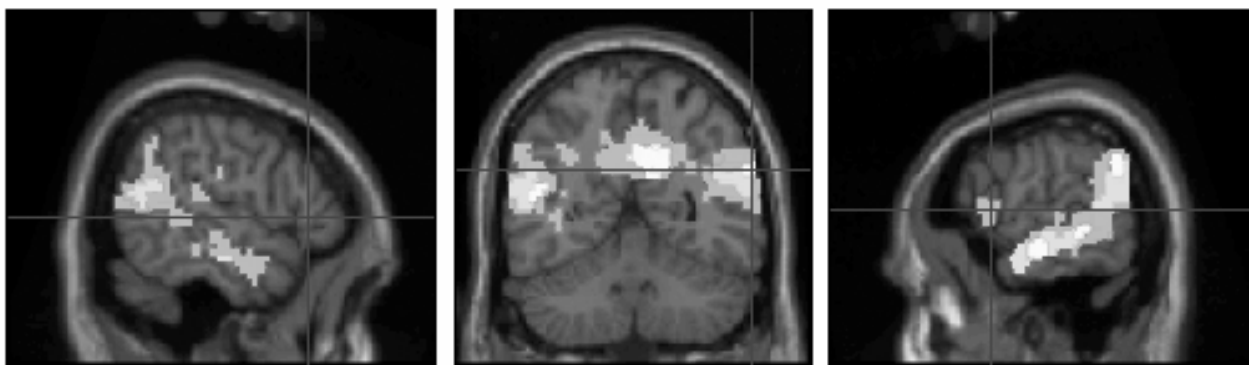
המשימה שניתנה לנבדקים הייתה משימה סמנטית כדי להבטיח שנבדקים הקשיבו למשפטים במלואם. במשימה זו, הנבדקים התבקשו להחליט האם סביר יותר שהאירוע המתואר במשפט התרחש בבית או לא. הנבדקים הגיבו באמצעות אצבעות יד שמאל בסופו של כל משפט. כל התגובות וזמני התגובה הוקלטו. לפני הניסוי, הנבדקים ביצעו אימון למשימה, מחוץ למגנט ובתוכו באמצעות משפטים דומים לאלה שבניסוי. הניסוי נמשך כ-12 דקות והסריקה המגנטית כללה סריקות אנטומיות ואימון ונמשכה כשעה וחצי.

דכישת נתונים: סריקות MRI בוצעו במגנט 3 טסלה בבית החולים איכילוב. תמונות אנטומיות נרכשו בטכנולוגיית SPGR ברזולוציה גבוהה תוך כיסוי המוח כולו (150-160 חתכים בעובי 3.5 מ"מ ללא רווח). תמונות פונקציונליות נרכשו בטכנולוגיית T2* ב-363 הרצות תוך כיסוי כל הקורטקס (33 חתכים, בעובי 3.5 מ"מ ללא רווח). FOV = 24, TR = 2000 מילישניות ו-TE = 55.

ניתוח נתונים: ניתוח התמונות נעשה באמצעות SPM2. תיקון תנועה, נורמליזציה והחלקה בוצעו על התמונות הפונקציונליות ונעשה שימוש במודל GLM. בניתוח ברמת הקבוצה התבצע *t*-test ברמת מובהקות של 0.05 (מתוקנן על ידי FDR) ובגודל מינימלי של 20 ווקסלים למקבץ.

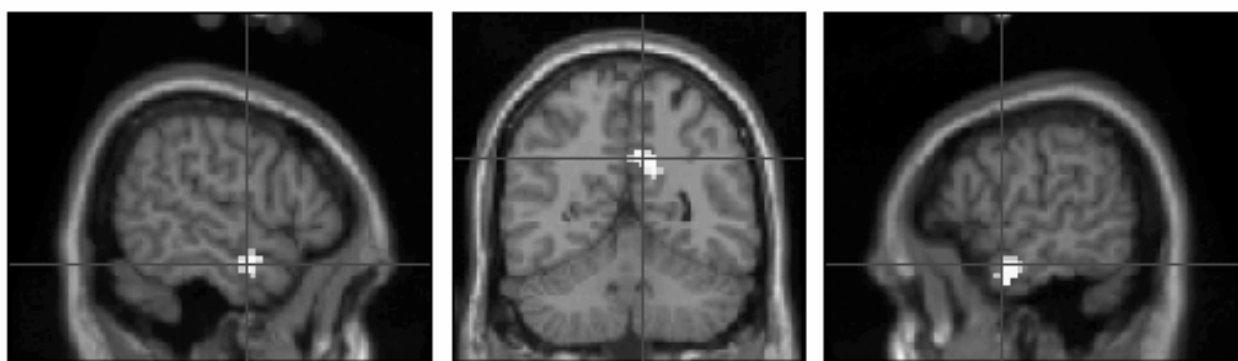
תוצאות

ערכנו שתי השוואות הופכיות. בהשוואה התחבירית, שבה הושוו משפטים עם פ"מ למשפטים עם צ"ש, נמצאו אקטיבציות נרחבות במוח (תמונה 1), בעיקר באזורים המקושרים לפונקציות שפתיות כגון אקטיבציות דו-צדדיות ב-MTG middle temporal gyrus, ב-STG superior temporal gyrus, הכולל את אזור וורניקה, ב-SMG supramarginal gyrus ואקטיבציה שמאלית בבלבד ב-inferior frontal gyrus (IFG), הכולל את אזור ברוקה (אזור ברודמן 45). כמו כן התגלו אקטיבציות באזורים סבקורטיקליים וב-precuneus באזור קו האמצע. בהשוואה ההפוכה לא התגלו אקטיבציות כלל.



תמונה 1. אקטיבציות נרחבות באזורי שפה בהשוואת משפטים עם שעבוד למשפטים ללא שעבוד

בהשוואה הלקסיקלית, השוואת המשפטים שכללו את צירופי היחס. בהפחתה של משפטים ובהם פעלים בעלי אופציות השלמה של צ"ש מפעלים בעלי אופציות השלמה של פ"מ, התגלתה אקטיבציה דו-צדדית ב-MTG ואקטיבציה ב-precuneus באזור קו האמצע (תמונה 2). בהשוואה ההפוכה לא התגלו אקטיבציות.



תמונה 2. אקטיבציות ב-MTG וב-precuneus בהשוואת משפטים צ"י עם פעלים בעלי פוטנציאל שעבוד שונה

דיון

מחקר זה בדק האם פעילות מוחית מושפעת מהיבטים לקסיקליים של שעבוד, בנוסף להיבטים תחביריים. ההשפעה התחבירית של שעבוד על פעילות מוחית ניכרה באופן נרחב באזורי שפה ובהם

MTG, STG, SMG וה-IFG השמאלי כמו גם באזורים סבִקורטיקליים וב-precuneus, בעוד שההשפעה הלקסיקלית היתה מצומצמת בהרבה והתגלתה רק ב-MTG וב-precuneus. ההשפעה התחבירית של שעבוד בהשוואת משפטים עם שעבוד למשפטים ללא שעבוד הניבה פעילות באזור שפתי, IFG השמאלי (אזור ברוקה), המוכר ממחקרים רבים שבחנו עיבוד תחבירי באפאזים עם פגיעה באזור ברוקה (Friedmann & Grodzinsky, 1997; Friedmann, 1999, 2001), ובמחקרי הדמיה בנורמלים אשר בחנו מבנים תחביריים שונים (Dapretto & Bookheimer, 2006), (Ben Shachar et al., 2003, 2004, 1999). במחקרם של Ben-Shachar ושות', אשר בחן עיבוד של תנועה תחבירית, נמצאה גם אקטיבציה דו-צדדית ב-STG (אזור וורניקה). האקטיבציות הנרחבות באזורי השפה יכולות לנבוע מהבדלים סמנטיים ואחרים שקיימים בין משפטים עם שעבוד למשפטים פשוטים.

הממצא המשמעותי של המחקר הנוכחי הוא שלשעבוד יש השפעה לקסיקלית על פעילות מוחית. גם במשפטים שבהם לא מומש השעבוד, אך היה חלק מהידע התחבירי-לקסיקלי המקושר לפועל, נמצאה אקטיבציה מוחית. האקטיבציה הזו ממוקמת ב-MTG שלא זוהה עד כה כאזור בעל תפקיד בעיבוד תחבירי-לקסיקלי, אלא כבעל אוריינטציה סמנטית (Dapretto & Bookheimer, 1999; Mummery et al., 2000). הפעילות ב-precuneus יכולה לנבוע מהבדלים בדמינות של המשלימים במשפט, כפי שכבר הוצע על-ידינו (Shetreet et al., 2007). אמנם ייתכן שגם הפעילות ב-MTG נובעת מהבדלים סמנטיים אלה או אחרים בין התנאים השונים, אך אין לפסול על הסף כי מדובר באקטיבציה שטיבה הוא תחבירי-לקסיקלי.

מקורות

- Ben-Shachar, M., Hendler, T., Kahn, I., Ben-Bashat, D., & Grodzinsky, Y. (2003). The neural reality of syntactic transformations - Evidence from fMRI. *Psychological Science, 14*, 433-440.
- Ben-Shachar, M., Palti, D., & Grodzinsky, Y. (2004). Neural correlates of syntactic movement evidence from two fMRI experiments. *NeuroImage, 21*, 1320-1336.
- Dapretto, M., & Bookheimer, S. Y., 1999. Form and content: dissociating syntax and semantics in sentence comprehension. *Neuron, 24*, 427-432.
- Friedmann, N., & Grodzinsky, Y. (1997). Tense and Agreement in agrammatic production: Pruning the syntactic tree. *Brain and Language, 56*, 397-425.
- Friedmann, N. (1999). 'That' and 'what' in agrammatic production. *Brain and Language, 69*, 365-367.
- Friedmann, N. (2001). Agrammatism and the psychological reality of the syntactic tree. *Journal of Psycholinguistic Research, 30*, 71-90.
- Friedmann, N. (2006). Speech production in Broca's agrammatic aphasia: Syntactic tree pruning. In Y. Grodzinsky & K. Amunts (Eds.), *Broca's Region* (pp. 63-82). Oxford University Press.
- Holmes, V. M., Kennedy, A., & Murray, W. S. (1987). Syntactic structure and the garden path. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 39A*, 277-293.
- Mummery, C. J., Patterson, K., Price, C. J., Frackowiak R. S. J., & Hodges, J. R. (2000). A voxel-based Morphometry study of semantic dementia: Relationship between temporal lobe and semantic memory. *Annals of Neurology, 47*, 36-45.
- Shetreet, E., Palti, D., Friedmann, N., & Hadar, U. (2007). Cortical representation of verb processing in sentence comprehension: Number of complements, subcategorization, and thematic frames. *Cerebral Cortex, 17*, 1958-1969.