



כש-BED הופך ל-BAD: כיצד המוח מתקן טעויות שפּה תוך כדי דיבור

Carrie Niziolek

אוניברסיטת קליפורניה סן פרנסיסקו, סן פרנסיסקו, קליפורניה, ארצות הברית

לרוב, אנו מְדַבְּרִים מְאֹחֵר שאנו רוצים לְתַקֵּן עִם אחרים: החברים שלנו, ההורים שלנו, מורים, אפילו חיות מחמד. הקול שלנו נושא את ההודעה שלנו אל אוזניהם של אנשים אחרים. אולם הם אינם היחידים שמקשיבים: כאשר אנו מדברים אנו גם מסוגלים לשמוע את עצמנו עם האוזניים שלנו. האם אנו שמים לב לקול של הדיבור שלנו? הקשבה למה שאנו אומרים היא שימושית מאוד מאחר שאנו יכולים להקשיב לטעויות בדיבור שלנו, ולוודא שאנו מתקנים אותן כך שהמסר הרצוי נקלט. כיצד המוח שלנו מגיב כשאנו שומעים את עצמנו מְבַצְעִים טעות בזמן דיבור?

כשאנו מדברים, מי מקשיב?

ערכנו ניסוי כדי להבין מה קורה כאשר אנו שומעים את עצמנו מְבַצְעִים טעות בביטוי של מילה – נקרא לזה **שגיאה בדיבור**. המשתתפים בניסוי שלנו דיברו דרך מיקרופון והרכיבו אוזניות. השתמשנו באוזניות כדי להשמיע את מה שהם אמרו בזמן שדיברו (כמעט שלא הייתה השקעה, כך שהם שמעו דרך האוזניות כל מילה באותו הזמן שבו היא נאמרה). המטרה שלנו הייתה לסרוק את המוחות של המשתתפים בשני מצבים: כאשר הם דיברו נכון, וכאשר המילים לא נשמעו נכון.

סוקרות צעירות

HELENA

גיל: 7



ISABELLA

גיל: 11

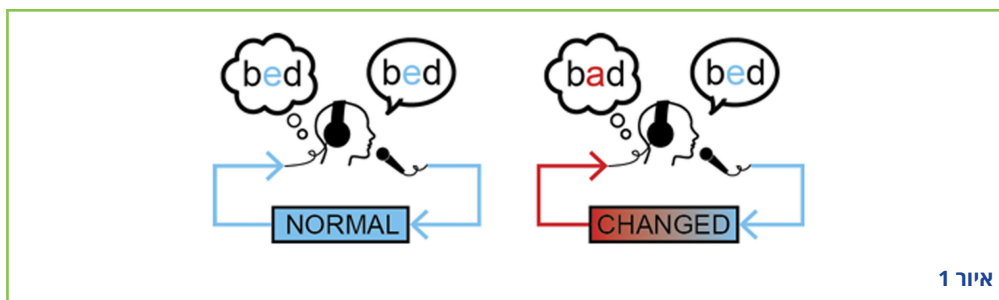


שגיאה בדיבור (Speech error)

אמירת דבר אחד כשמתכוונים להגיד דבר אחר.

איור 1

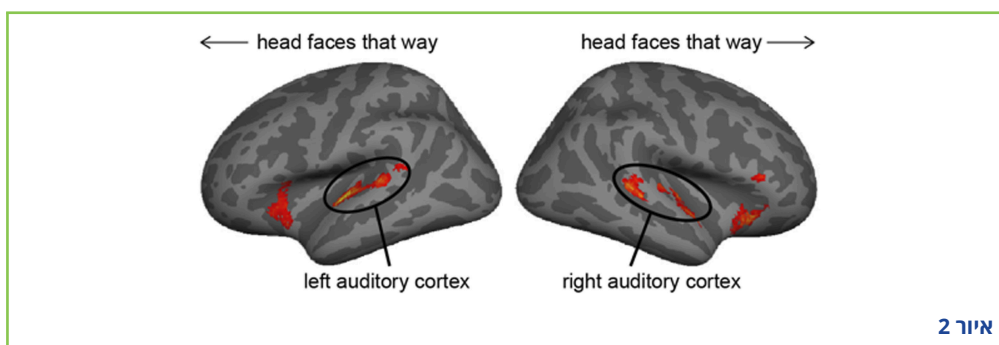
דיאגרמה של ייצור מילים רגיל (משמאל) ומילה ששונתה (e) הוחלף ב-a) כך שתישמע כמו שניאה (מימין).



איור 1

איור 2

אזורי המוח שהם פעילים יותר בזמן "שגיאות" מאשר במהלך דיבור רגיל.



איור 2

אולם קשה לחקור טעויות דיבור אמיתיות מאחר שצריך לחכות עד שהן יקרו. לכן, ביצענו את התכסיס הבא: גרמנו למשתתפים לחשוב שהם ביצעו טעות. במהלך מרבית הניסוי המשתתפים שמעו את הקולות שלהם באופן רגיל, אולם לעיתים הם אמרו דבר אחד ושמעו דבר אחר. כיצד התכסיס הזה עבד? ראשית, לקחנו את המילים שנקלטו במיקרופון והשתמשנו במחשב כדי לשנות את האופן שבו המילים נשמעו. שינינו את התנועות (vowels - A, E, I, O, U) והשארנו את שאר המילה כפי שהיא. לאחר מכן, השמענו באוזניות שלהם את הצליל החדש ששָׁנָה (ראו איור 1). לדוגמה, אם משתתף אמר את המילה "bed", הוא עשוי היה לשמוע את המילה "bad" נאמרת חזרה דרך האוזניות. בעזרת מחשבים מהירים אנו יכולים להקליט, לשנות ולנגן שוב מילים במהירות גבוהה במיוחד (תוך פחות מאחד חִלְקִי שבע עשרה אלף של שנייה!). זה נשמע כל כך טבעי, שהרבה משתתפים כלל לא שמו לב לכך שקרה משהו יוצא דופן.

המוח מקשיב לשגיאות

אף על פי שמרבית המשתתפים לא יכלו לומר באופן מודע שהדיבור שלהם שָׁנָה על-ידי המחשב, המוחות שלהם הבחינו בהבדל! **קליפת המוח השמיעתית** היא אזור במוח הממוקם מאחורי האוזניים, משני הצדדים, והוא מעבד שְׁמַע - כלומר צלילים, כולל דיבור. השתמשנו בשיטת הִדְמִיָה מוחית שנקראת דימות תהודה מגנטית תפקודי (fMRI - Functional Magnetic Resonance Imaging) כדי למדוד את הפעילות באזור המוח הזה, כאשר המשתתפים דיברו והקשיבו לעצמם. חלק מקליפת המוח השמיעתית הופעל יותר כאשר נשמעו שגיאות - באותן הפעמים ששינינו את הצליל - מאשר בעת דיבור רגיל (איור 2) [1, 2].

קליפת המוח השמיעתית (Auditory cortex)

אזור במוח שאחראי על עיבוד צלילים.

מה עושה הפעילות המוגברת הזו?

מתברר שכלל שקליפת המוח השמיעתית שלכם פעילה יותר, אתם מְשַׁנֵּים יותר את האופן שבו אתם מדברים כדי לתקן "טעויות", בעודכם מנסים לבטל את השינויים שהמחשב ביצע. לדוגמה, ביקשנו מהמשתתפים בניסוי לומר את המילה "bed". כל המילים המדוברות מורכבות מ**תְּדָרִים**, שהם תכונות של הצליל שאנו יכולים להשתמש בהן כדי להבחין בין תנועות שונות. כאשר המחשב גרם לחלק מהתדרים להישמע גבוהים יותר, מה שהפך למשל את המילה "bed" להישמע כמו "bad", המשתתפים הנמיכו את התדרים האלה אוטומטית, ואמרו משהו דומה יותר ל-"bid". זה ביטל את ההשפעה של המחשב, כך שהאוזניות השמיעו משהו דומה יותר לצליל הנכון. כאשר המחשב גרם ל**חֶלֶק** מהתדרים להישמע נמוכים יותר, למשל בהופכו את "bed" ל-"bid", המשתתפים העלו את התדרים האלה, ואמרו משהו שנשמע יותר כמו "bad". גם כאן, זה ביטל את ההשפעה של המחשב כך שהם שמעו את הצליל הנכון "bed" באוזניות. זכרו, רבים מהמשתתפים עשו זאת בלי להבחין כלל באופן מודע בְּמָה שמתרחש! הם לא ידעו שהם אומרים למעשה "bid" ו-"bad" כדי לגרום לצליל לצאת כמו שצריך. יתרה מזו, הם ביצעו את השינויים האלה עוד לפני שהמילה הסתיימה: לקח להם בסביבות עשירית שנייה בלבד להתחיל להגות את המילה באופן אחר [3, 4].

אנו יכולים לתקן את הדיבור שלנו בלי לדעת זאת כלל

לעיתים, אנו שְׁמִים לב שמהו שאמרנו לא נשמע בדיוק נכון, ואנו מְתַקְּנִים את עצמנו ("אופס, מה שהתכוונתי היה..."). במחקר הזה הראינו שאנשים יכולים לתקן שגיאות בדיבור שלהם אפילו לפני שהם סיימו לומר את המילה, בלי שהם כלל שמו לב לכך שהם עושים זאת. עובדה זו מצביעה על כך שבשיחות היומיומיות שלנו אנו מסוגלים לבדוק את עצמנו בצורה אוטומטית ולתקן טעויות דיבור בזמן שהן מתרחשות.

הראינו גם שקליפת המוח השמיעתית נהיית פעילה יותר בעת התרחשות השגיאות האלה, ושנשים עם פעילות חזקה יותר באזור הזה עשו עבודה טובה יותר בתיקון השגיאות. לכן, המסקנה היא שזיהוי שגיאות הדיבור הללו ותיקונן מתרחשים בסיועה של קליפת המוח השמיעתית. המוחות שלנו ככל הנראה משתמשים בתהליך תיקון השגיאות האוטומטי הזה בכל זמן שבו אנו מדברים, מה ששומר אותנו במסלול הנכון וחוסך מאיתנו טעויות רבות. חשבו על זה בפעם הבאה שתשמעו שגיאה בדיבור!

מקורות

1. Niziolek, C. A., and Guenther, F. H. 2013. Vowel category boundaries enhance cortical and behavioral responses to speech feedback alterations. *J. Neurosci.* 33:12090–8. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1008-13.2013
2. Tourville, J. A., Reilly, K. J., and Guenther, F. H. 2008. Neural mechanisms underlying auditory feedback control of speech. *Neuroimage* 39:1429–43. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.09.054
3. Purcell, D. W., and Munhall, K. G. 2006. Compensation following real-time manipulation of formants in isolated vowels. *J. Acoust. Soc. Am.* 119: 2288–97. doi: 10.1121/1.2173514

תָּדָר

(Frequency)

תכונה של צליל שאנו יכולים להשתמש בה כדי להבחין בין תווים שונים של שיר, קולות שונים ותנועות שונות בשעת דיבור.

4. Cai, S., Ghosh, S. S., Guenther, F. H., and Perkell, J. S. 2011. Focal manipulations of formant trajectories reveal a role of auditory feedback in the online control of both within-syllable and between-syllable speech timing. *J. Neurosci.* 31:16483–90. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3653-11.2011

פורסם אונליין: 31 במאי 2019

נערך על ידי: Robert T. Knight, University of California, Berkeley, United States

ציטוט: Niziolek C (2019) כש-BED הופך ל-BAD: כיצד המוח מתקן טעויות שִׁפָּה תוך כדי דיבור. *Front. Young Minds* doi: 10.3389/frym.2014.00002-he

תורגם והותאם:

Niziolek, C. (2014). When BED Goes BAD: How the Brain Can Fix Mistakes in Speech While They Happen. *Front. Young Minds* 2:2. doi: 10.3389/frym.2014.00002

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2014 © 2019 Niziolek. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרות צעירות

HELENA, גיל: 7

אני בכיתה ב' בבית הספר. פעם יצאנו לטיול אופניים לעיר הסמוכה. כשהייתי בת 4 טיילתי בליבו של יער הגשם בבוֹרְנָאו (אי גדול בדרום-מזרח אסיה). שם, היינו צריכים להרתיח מים ולא היו לנו שמיכות או כריות, פשוט יָשְׁנו בלי שום כיסוי. הספורט האהוב עליי הוא כדורגל. כשנבדקתי במסגרת ניסוי אמרתי לנסיין שאני אוהבת מדע.

ISABELLA, גיל: 11

אני גרה באנגליה אחרי שגרתי באמריקה ובגרמניה. טיילתי על קרקע קדושה וישנתי תחת עצים רועשים מלאי קופים ביער גשם. הייתי מהבנות הראשונות ששיחקו כדורגל בבית הספר, וגייסתי חברים רבים להצטרף גם כן. אני אוהבת להתאמן בסִיף. לפעמים אני מלחינה מוזיקה עם גיטרה וכינור. בזמני הפנוי אני מציירת, קוראת, כותבת ומשחקת בתופסת. לערוך ניסויים מדעיים זה כיף! גם נבדקתי במסגרת ניסויים!





הסופר

CARRIE NIZIOLEK

כיצד הדרך שבה אנו שומעים משפיעה על האופן שבו אנו מדברים? אני חוקרת את מדעי המוח של הדיבור: כיצד המוח שולט במילים ובצלילים שיוצאים מהפה שלנו. אני גם אוהבת להלחין מוזיקה, לפתור חידות, לעצב גרפיקה ולחתור בסירה.

Hebrew version
provided by

מזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ער.)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

