



## מוח ושפה: כיצד המוחות שלנו מתקשרים

Jens Brauer

המחלקה לבניורופסיכולוגיה, מכון מקס פלנק למדעי המוח והקוגניציה, לייפציג, גרמניה

### סוקרים צעירים

RAYLEIGH  
גיל: 10



במאמר זה נראה מה המוחות שלנו עושים כשאנו מקשיבים למישהו שמדבר אלינו. בפרט, נראה כיצד מוחות של פעוטות וילדים מְכַנְנִים להבנה של שפה, וכיצד שינויים במוח במהלך ההתפתחות משמשים כתנאי מקדים ללימוד של שפה. הבנת שפה היא תהליך שמערב לפחות שני אזורים חשובים במוח, אשר צריכים לעבוד יחד כדי לגרום להבנה להתרחש. זה לא היה מתאפשר אלמלא הקשרים שמאפשרים לאזורים במוח להחליף ביניהם מידע. סיבי העצב שיוצרים את הקשרים האלה מתפתחים ומשתנים במהלך הניקות והילדות, ומספקים יסודות הולכים ומתעצמים ליכולת להבין את השפה ולהשתמש בה.

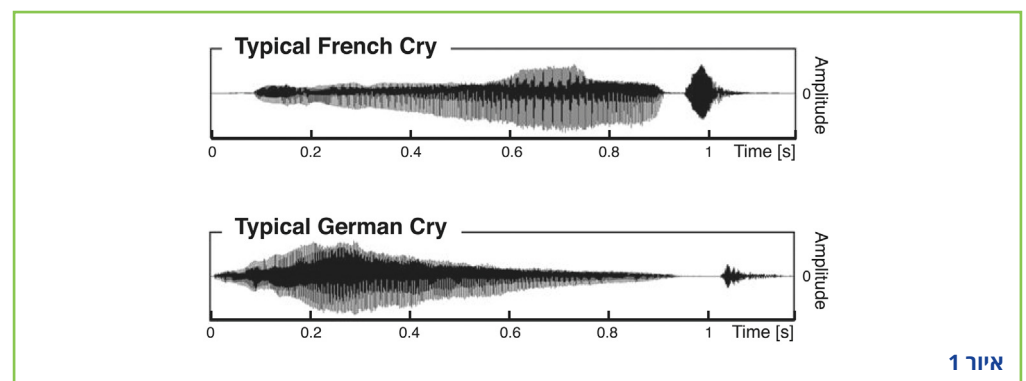
אנו בני האדם יצורים חברתיים מאוד וברי-שיוח. מרגע שאנו נולדים אנו לומדים לתקשר עם הסביבה שלנו. כאשר אנו גדלים, אנו אוהבים לדבר עם החברים שלנו, עם המשפחות שלנו ועם אנשים זרים. אנו מחליפים את המחשבות ואת הרגשות שלנו ולהוטים ללמוד על מחשבותיהם ועל רגשותיהם של אחרים. זה כולל הצהרות מדוברות בתקשורת פנים אל פנים, בטלפון או דרך הסקייפ, אולם זה כולל גם הודעות כתובות דרך פתקיות דביקות, הודעות טקסט, פייסבוק או טוויטר. כל סוגי התקשורת האלה דורשים שפה כדי להעביר הודעה מבן אדם אחד לאחר.

ילדים צעירים משתמשים בשפה מגיל צעיר מאוד והלאה, וכישורי השפה שלהם מתפתחים מהר. אולם כיצד אנשים לומדים להבין שפה ומהם הצעדים הראשונים של רכישת שפה? כיצד שפה מתפתחת מתינוק, לילד קטן וכן הלאה? האם ישנם תנאים מקדימים מסוימים במוחות שלנו אשר תומכים בשפה? והכי חשוב – מדוע שפה היא חשובה? אם כן, היכולת לייצר שפה ולהבניה היא יתרון עצום עבורנו, מאחר שהיא מאפשרת לנו להחליף מידע בצורה

מהירה ומדויקת מאוד. היא אפילו מאפשרת לנו להעביר את המידע הזה לאורך מאות שנים, כאשר אנו כותבים ומשמרים אותו. התנ"ך, לדוגמה, מכיל טקסטים שנכתבו לפני מאות רבות של שנים ואנו עדיין יכולים לקרוא אותו. כאשר אנו מדברים, אנו מסוגלים לדבר על דברים שנמצאים בדיוק לפנינו, או על דברים שנמצאים רחוק, על דברים שקיימים, היו קיימים או יהיו קיימים, ואפילו על דברים שאף פעם לא היו קיימים בעולם המציאות ואף פעם לא יהיו קיימים בו. אנו אפילו יכולים לדבר על הדיבור עצמו, או לכתוב כתבות שמנסות ללמד אותנו כיצד היכולת המופלאה הזו מתאפשרת על-ידי המוחות שלנו. המוח הוא המקום שממנו מגיעות המילים שלנו כאשר אנו מדברים, והוא גם המקום שהן הולכות אליו כאשר מישהו אחר מדבר איתנו. יכולת השפה היא אחת היכולות המדהימות ביותר שיש ברשותנו.

כאשר תינוקות נולדים הם לא מסוגלים לדבר או להבין מילים. התקשורת של תינוק היא באופן כללי בסיסית ולא מילולית. תינוקות אינם נולדים עם יכולת מפותחת לדבר או להבין שפה באופן מיידי. זה משהו שהם לומדים מהתקשורת שלהם עם אחרים. בשנה הראשונה לחייהם תינוקות אומרים את המילים הראשונות שלהם ועד מהרה הם מסוגלים לומר משפטים שלמים. אחרי שנתיים-שלוש בלבד תינוקות כבר די טובים בתקשורת מילולית, והם מסוגלים לומר מה הם רוצים. ההתקדמות המהירה הזו בכישורי השפה ככל הנראה נתמכת על-ידי תנאים גנטיים שתומכים בלימוד מהיר של שפה.

אולם מעניין לחשוב על כך שתינוק מבצע את הצעדים הראשונים במונחים של התפתחות שפה אפילו עוד לפני הלידה [1]. זה נשמע בלתי אפשרי כאשר אנו יודעים שצריך ללמוד שפה ושהתהליך אינו אוטומטי, שלא כמו שינה או נשימה. אולם למעשה תינוקות נולדים כשהם כבר מכירים את הצליל והנעימה (מלודיה) של שפת אימם – והם כבר יכולים "לדבר" באמצעות מעקב אחר התבנית המלודית של השפה. כמובן ש"דיבור" זה אינו מערב מילים, והצליל שתינוקות מפיקים הוא לרוב צליל של בכי. אולם לבכי הזה יש מלודיה מסוימת. אתם עשויים לחשוב שתינוקות שונים נשמעים אותו הדבר כשהם בוכים, אולם כאשר קבוצה של חוקרים גרמנים וצרפתים חקרה את צלילי הבכי של ילודים גרמנים וצרפתים [2], הם גילו שהצלילים שונים! כפי שאתם יכולים לראות באיור 1, מלודיית הבכי של תינוקות צרפתים מתחילה בעוצמה נמוכה ואז מתגברת. לעומת זאת, מלודיית הבכי של תינוקות גרמנים מתחילה בעוצמה גבוהה ואז נחלשת. הממצאים האלה מעניינים עוד יותר אם יודעים שמלודיות הבכי האלה מזכירות את המלודיות של שתי השפות, כשאנשים מדברים צרפתית או גרמנית: גרמנית, כמו אנגלית, היא שפה שמדגישה מילים בתחילתן, בעוד שצרפתית מדגישה מילים לקראת סופן. לדוגמה, המילה הגרמנית לאבא היא "פֶּפּה" עם הדגשה על ההברה הראשונה - פֶּפּה (papa). המילה הצרפתית לאבא היא גם כן "פֶּפּה" (papa), אולם עם הדגשה על ההברה האחרונה - פֶּפּה



איור 1

**איור 1**  
**דפוסי הצליל של בכי תינוקות.** שתי הדיאגרמות מראות את עוצמת הצליל בתור עקומה שחורה שמשנתנה לאורך זמן של 1.2 שניות. ככל שהעקומה עבה יותר (כלומר, ככל שהמשרעת גדולה יותר), כך הצליל חזק יותר. הדיאגרמה העליונה מראה את תבנית הצליל של בכי טיפוסי של ילודים צרפתים. העוצמה הגדולה ביותר של הבכי מתרחשת בסופו (עולה משמאל לימין). הדיאגרמה התחתונה מראה את תבנית הבכי הטיפוסית של ילודים גרמנים. כאן, בניגוד לדוגמה הצרפתית, הבכי חזק יותר בהתחלה (יורד משמאל לימין). שתי מלודיות הבכי השונות האלה דומות לצלילים של שתי השפות, צרפתית וגרמנית, אשר עושה רושם שנלמדות במובן מסוים עוד לפני הלידה.

(papa). הדבר המפתיע הוא שמלודיות הבכי של ילודים צרפתים וגרמנים עוקבות אחר תבניות הדגשת הדיבור התואמות!

כיצד זה ייתכן? כיצד תינוקות לומדים את הצלילים והמלודיות של שפת אימם אפילו לפני שהם נולדים? התשובה היא פשוטה: בסביבות 3 חודשים לפני הלידה, בעודם ברחם של אימם, תינוקות מתחילים לשמוע. באותו הזמן האוזניים שלהם מפותחות מספיק ומתחילות לתפקד. בדרך כלל יהיה זה בעיקר הקול של האם שיגיע אל אוזניו של התינוק בתוך הרחם,

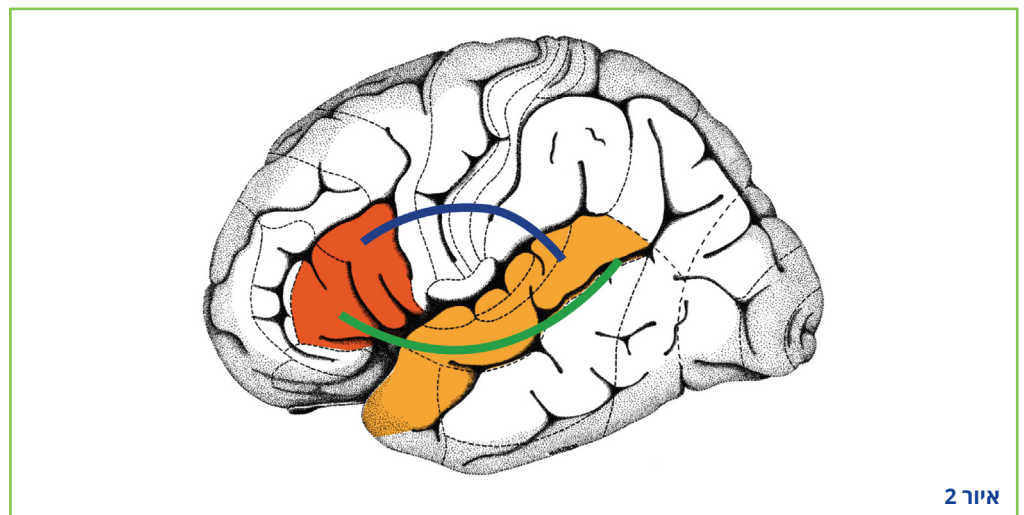
אולם יגיעו אליו גם צלילים וקולות חזקים אחרים. כתוצאה מכך, כל יום בחודשים האחרונים שלפני הלידה התינוק יכול לשמוע אנשים מדברים – זהו השלב הראשון בלימוד של שפה! במילים אחרות, השלב הראשון הוא ללמוד את המלודיה של השפה. מאוחר יותר, במהלך החודשים והשנים הראשונות אחרי הלידה, נרכשים מאפייני שפה נוספים כמו משמעות המילים ויצירה של משפטים שלמים.

כפי שראינו, ההתפתחות של התינוק ושל איבריו מספקת תנאי מקדים חשוב לדיבור ולשפה. זו עשויה להיות ההתפתחות של מערכת השמיעה, אשר מאפשרת לתינוק לשמוע את צלילי השפה מתוך הרחם. אולם ההתפתחות הסימולטנית של המוח היא חשובה באותה המידה, מאחר שהמוח מספק לנו את היכולת ללמוד ולפתח כישורים חדשים. המוח הוא המקום שממנו צומחים כישורי דיבור ושפה. חלקים מסוימים במוח אחראים על הבנת מילים ומשפטים. אזרי המוח האלה ממוקמים בעיקר בשני אזורים, בצד שמאל של המוח, והם מחוברים באמצעות עצבים. יחד, אזורי המוח האלה והקשרים ביניהם יוצרים רשת שמספקת את החומרה עבור שפה במוח. ללא הרשת המוחית הזו, לא היינו מסוגלים לדבר או להבין מה נאמר. איור 2 ממחיש את רשת הדיבור במוח. הקשרים בתוך הרשת הזו הם חשובים במיוחד, מאחר שהם מאפשרים לצמתי הרשת להחליף מידע ביניהם.

כעת, בואו נזכור עד כמה חשוב שהרשת הזו תשלוט בכישורי שפה. בהנחה שהמוח מתפתח במהלך הינקות והילדות, אנחנו עשויים לתהות מאיזה שלב רשת השפה היא מספיק מבוססת כדי לשמש כתנאי מקדים מספיק לדיבור ולהבנת שפה. האם הרשת נמצאת שם מגיל צעיר

## איור 2

**מבט על המוח, כפי שנראה מצד שמאל. שני אזורי מוח מודגשים באדום ובכתום. האזורים האלה מעורבים בחזקת בעיבוד של דיבור ושפה. הקווים הכחול והירוק ממחישים את הקשרים שמחברים את שני האזורים האלה זה עם זה ליצירת רשת של אזורי שפה. ישנו חיבור עצבי עליון (בכחול) וחיבור עצבי תחתון (בירוק).**



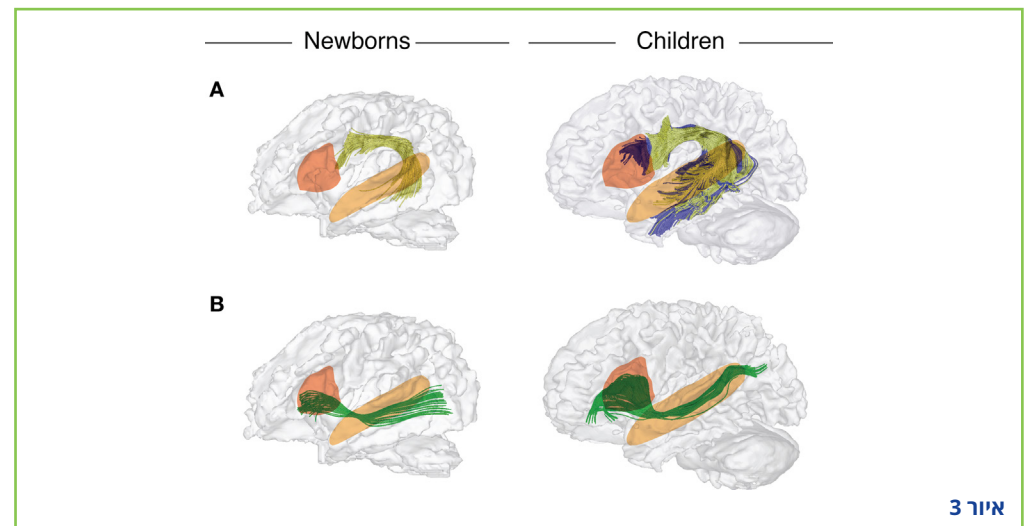
איור 2

מאוד וההתפתחות של השפה תלויה בלמידה שמבוססת על קלט מהסביבה? או האם הרשת הזו מתפתחת במשך הזמן ומספקת תנאי מקדים הולך ומתגבש שמאפשר לעוד ועוד תפקודי שפה להתפתח?

על השאלות האלה אפשר לענות באמצעות מחקר של קשרי סיבי העצב במוח. סיבי העצב הם חלק הכרחי מהמוח והם יוצרים את רשת השפה. ניתן ליצור הדמיה של סיבי העצב באמצעות שיטה שנקראת דימות תהודה מגנטית (MRI - Magnetic Resonance Imaging). MRI היא שיטת הדמיה שמאפשרת לנו "לצלם" את המוח בתוך הגולגולת, כמו שעושים עם קרני רנטגן בצילום עצמות, רק בלי קרניים. במקום זאת, משתמשים בתכונות המגנטיות של מים (כן, מים הם קצת מגנטיים) בזמן שהאדם נמצא בתוך שדה מגנטי חזק שמיוצר על-ידי סורֶק ה-MRI.

כעת, באמצעות שימוש בשיטה זו אפשר להשוות בין ילודים צעירים לבין ילדים מבוגרים יותר (למשל ילדים בני 7 שכבר הולכים לבית הספר), ולראות האם רשתות המוח שלהם זהות או לא. אם הן זהות משמעות הדבר היא שישנם תנאים מקדימים לשפה במוח מהלידה והלאה. אם הן שונות משמעות הדבר היא שהתנאים המקדימים של המוח עבור תפקודי שפה מסוימים ככל הנראה אינם מבוססים לגמרי בעת הלידה, והם מתפתחים עם גדילתם של התינוקות. רשתות המוח עבור ילודים צעירים וילדים בני 7 מוצגות באיור 3.

כפי שניתן לראות, הן עבור ילודים צעירים והן עבור ילדים שהולכים לבית ספר, רשת קשרי המוח בין אזורי שפה היא באופן כללי מבוססת. עבור ילודים צעירים, קשר בסיסי (האזורים הירוקים באיור 3B) בתוך רשת השפה נמצא בשימוש. זהו תנאי מקדים חשוב מגיל צעיר מאוד והלאה. אולם הקישור העליון החשוב בין אזורי השפה (האזור הכחול באיור 3A מימין) לא נצפה אצל ילודים. עם זה, קישור עליון שני (האזור הצהוב באיור 3A) כן נצפה אצלם. הוא אמנם לא מתחבר ישירות לאזור השפה האדום, אבל הוא מתחבר לאזור הצמוד אליו שמסייע לפתח ולהגביר את כישורי הדיבור והשפה. זה אומר שרשת השפה המלאה כפי שמשתמשים בה ילדים מבוגרים יותר אינה קיימת עדיין אצל תינוקות צעירים, אבל זה גם אומר שתינוקות הם כבר כן בעלי רשת בסיסית. ככל הנראה נכון שרשת השפה המלאה היא תנאי מקדים חשוב להתפתחות, אשר מאפשר לילדים ללמוד ולהשתמש בכישורי שפה מתקדמים יותר.



איור 3

### איור 3

**מבט על המוח של ילודים צעירים (משמאל) ושל ילדים בני 7 (מימין).** שני אזורי שפה חשובים במוח מודגשים באדום ובכתום (כמו באיור 2). שיטת דימות התהודה המגנטית (MRI) מספקת תמונות של קשרים עצביים בין שני אזורי השפה. העצב התחתון (בירוק תחת B) מחבר בין אזורי המוח האלה הן אצל ילודים הן אצל ילדים. לעומת זאת, העצב העליון בין אזורי השפה (בכחול תחת A) נצפה רק אצל ילדים, ועדיין לא אצל ילודים. אולם אצל ילודים כבר רואים חיבור ישיר לאזור סמוך (בצהוב תחת A), משמעות הדבר היא שרשת השפה אצל תינוקות אינה מבוססת במלואה עדיין. הקשר החשוב באמצעות העצב העליון עדיין צריך להתפתח. מצד אחר, הרשת של הילדים כבר דומה מאוד לזו של מבוגרים, והיא מכילה שני קשרים רשתיים, אחד עליון ואחד תחתון.  
Newborns = ילודים  
Children = ילדים

כפי שראינו כאן, התפתחות מערכת השמיעה והתפתחות רשת השפה במוח מהוות תנאי מקדים חשוב לילודים כדי שיהיו מסוגלים לפתח ולשפר את יכולות השפה שלהם. אף על פי שלילודים כבר יש תשתית חשובה לרכישת שפה, למידת שפה מתקדמת יותר מתאפשרת כאשר המוח ממשיך להתפתח במהלך הילדות. שלבים שונים בהתפתחות רשת השפה, כפי שאפשר לראות באיור 3, ממחישים שרשת השפה מתפתחת במהלך הזמן. קשרי סיבי העצב במוח משתנים במשך כל חייו. במהלך הינקות והילדות הם נעשים חזקים יותר ויותר ביכולתם להעביר מידע, ורק כאשר אנו מגיעים לשנות הנעורים חלק מהסיבים האלה מפסיקים להתפתח. כאשר אנו מתבגרים, הם מתחילים להצטמצם בהדרגה. עבור כל גיל שבו מודגמות הרשתות (לדוגמה עבור ילודים ועבור ילדים, כמו באיור 3) אנחנו מקבלים רק תמונה בודדת של חומר שמשתנה בפועל באופן רציף. אין אלה התבגרות והזדקנות בלבד שמשפיעות על הרשתות האלה. לדוגמה, טיפול שאמור לרפא מחלה מסוימת עשוי גם הוא לשנות את המוח. כל דבר שאנחנו חווים ולומדים משפיע על המוח ועל הרשתות במוח. במילים אחרות, עם כל שיעור שאנחנו לומדים בבית הספר, אנחנו משנים את המוחות שלנו!

## מקורות

1. Brauer, J., Anwender, A., Perani, D., and Friederici, A. D. 2013. Dorsal and ventral pathways in language development. *Brain Lang.* 127:289–95. doi:10.1016/j.bandl.2013.03.001
2. Mampe, B., Friederici, A. D., Christophe, A., and Wermke, K. 2009. Newborns' cry melody is shaped by their native language. *Curr. Biol.* 19:1994–7. doi:10.1016/j.cub.2009.09.064

פורסם אונליין: 31 במאי 2018

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

**ציטוט:** Brauer J (2018) תהיתם פעם מה משחקי וידיאו עושים למוח שלכם. *Front. Young Minds.* doi:10.3389/frym.2014.00014-he

### תורגם והותאם מ:

Brauer J (2014) The brain and language: how our brains communicate. *Front. Young Minds* 2:14. doi:10.3389/frym.2014.00014

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

**COPYRIGHT** © Brauer 2014. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחבר(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.



## סוקרים צעירים

### RAYLEIGH, גיל: 10

אני אוהבת גננות. אני גרה בחווה קטנה במדינת וושינגטון בארצות הברית. יש לי שתי תרנגולות, שני חתולים וכלב אחד. אני לומדת בכיתה ד' ואני אוהבת חיות (כפי שאתם יכולים לראות). אני רוכשת הרבה ניסיון בסקירת מאמרים בכיתה שלי. אני רוצה לעזור לאנשים צעירים להבין שמדע הוא כיף, מעניין וניתן להבנה.

## הכותבים

### JENS BRAUER

אני נירופסיכולוג ומדען מגרמניה. אני חוקר כיום כיצד המוחות שלנו גדלים ומתפתחים וכיצד זה קשור להתפתחות של שפה. אני אוהב גם לבלות זמן בטבע, וליהנות מִדְבָרִים כמו הליכה או טיפוס.

Hebrew version  
provided by

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (נ.ר.)  
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس  
Bloomfield Science Museum Jerusalem

