

המוח הקורא

Tanja Kassuba, Sabine Kastner

המכון למדעי המוח בפרינסטון, אוניברסיטת פרינסטון, פרינסטון, ניו ג'רזי, ארצות הברית

סוקרים צעירים

RIVERSIDE
ELEMENTARY
SCHOOL



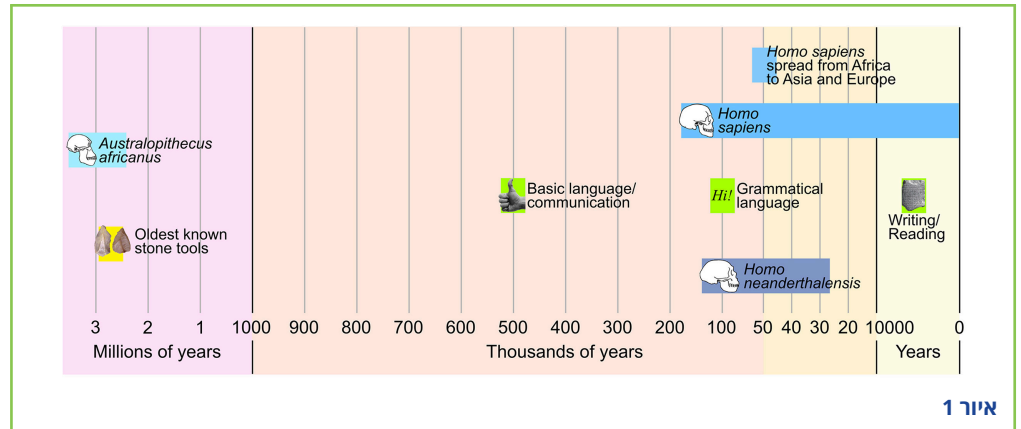
האם אתם אוהבים לקרוא ספרים? קריאה היא אחת הפעילויות המיוחדות שרק בני אדם מבצעים, והתחלנו לבצע אותה לא מזמן! בני אדם מדברים אחד עם השני באמצעות מערכת של שפה עם חוקי תחביר במשך 100,000 שנים לפחות, אולם אנו קוראים וכותבים במשך כמה אלפי שנים בלבד! מה קורה לנו במוח בזמן שאנו קוראים? במוח שלנו התפתח אזור שמתמחה בלמידת הצורות של מילים כתובות. הוא עובד באופן צמוד עם אזורים נוספים במוח שעוזרים לנו להבין את המילים ולדבר. כשאנו לומדים לקרוא אנו מאמנים את האזור הזה בזיהוי צורות של מילים בשפה שאותה אנו לומדים.

האם אתם נהנים מקריאת ספרים? קריאה היא אחת הפעילויות המיוחדות שרק אנשים מבצעים, ואיננו עושים זאת הרבה זמן! אנשים מתקשרים באופן מילולי באמצעות מערכת שפה תחבירית במשך 100,000 שנים לפחות. התחלנו לבנות קלים אפילו לפני כן, כשכלי האבן הראשונים הם מלפני 2.5 מיליון שנים [1]. אולם אנו קוראים וכותבים רק במשך כמה אלפי שנים!

הכתיבה הומצאה לפני כ-5,400 שנים על-ידי הבבלים בדרום מסופוטמיה, אזור שנכלל כיום בשטח של עירק (ראו איור 1 ואיור 2) [2]. בימים ההם רק אנשים מעטים ידעו לקרוא ולכתוב וכתיבה שימשה בעיקר לתיעוד של מידע הקשור בסחר חליפין, ולמעקב אחריו. כיום הכישרים האלה נלמדים בבתי הספר והם נגישים לרובנו. אולם ישנם עדיין אנשים רבים בעולם,

איור 1

ציר הזמן של התפתחות השפה. קריאה וכתביה הן יכולות חדשות יחסית של המין האנושי: בעוד שאנו משתמשים בכלים כבר במשך יותר מ-2.5 מיליון שנים, התחלנו לתקשר אחד עם השני באופן מילולי לפני כחצי מיליון שנים. השימוש בשפה סדורה אשר מבוססת על חוקי התחביר שלנו התחיל באלפי השנים האחרונות בלבד!



איור 1

איור 2

A. לוח עתיק עם כתב יתדות שומרי המתוארך לסביבות 2900-3100 לפנה"ס. **B.** גלובוס שמציין את המיקום המשוער של מסופוטמיה, עירק של היום (התמונה לקוחה מאתר <https://www.google.com/earth/>). כתיבה, ולכן גם קריאה, הומצאו לפני בערך 5,400 שנים במסופוטמיה (עירק של היום), היכן שנמצא לוח החקר הזה (משמאל). הסימנים צוירו באמצעות קנה (או במבוק) מחודד ששימש כמכשיר כתיבה, על גבי לוחות בצורת כרית שרובם היו ברוחב סנטימטרים בודדים בלבד. הקנה השאיר סימנים קטנים בחקר שאותם אנו מכנים כתב יתדות. הלוח המוצג לעיל מתעד ככל הנראה חלוקת תבואה שבוצעה על-ידי מקדש גדול. התמונה המוטבעת בלוח מציגה דמות גברית אשר מובילה שני כלבים שקשורים ברצועה וצדים או רועים חזירי בר בסביבה בוצית (התמונה לקוחה ממוזיאון המטרופוליטן לאומנות, מאוספם של ריימונד וברלי סאקלר, 1988, www.metmuseum.org/Collections/search-the-collections/ (329081).



איור 2

ילדים ומבוגרים כאחד, שלא זכו להזדמנות ללמוד קרוא וכתוב. אי ידיעת קרוא וכתוב מכנה אנאלפביתות. כיום אדם אחד מתוך כל 10 אנשים בעולם אינו יודע קרוא וכתוב. כלומר כ-800 מיליון איש הם אנאלפביתים!

מה קורה במוחנו כשאנו לומדים לקרוא?

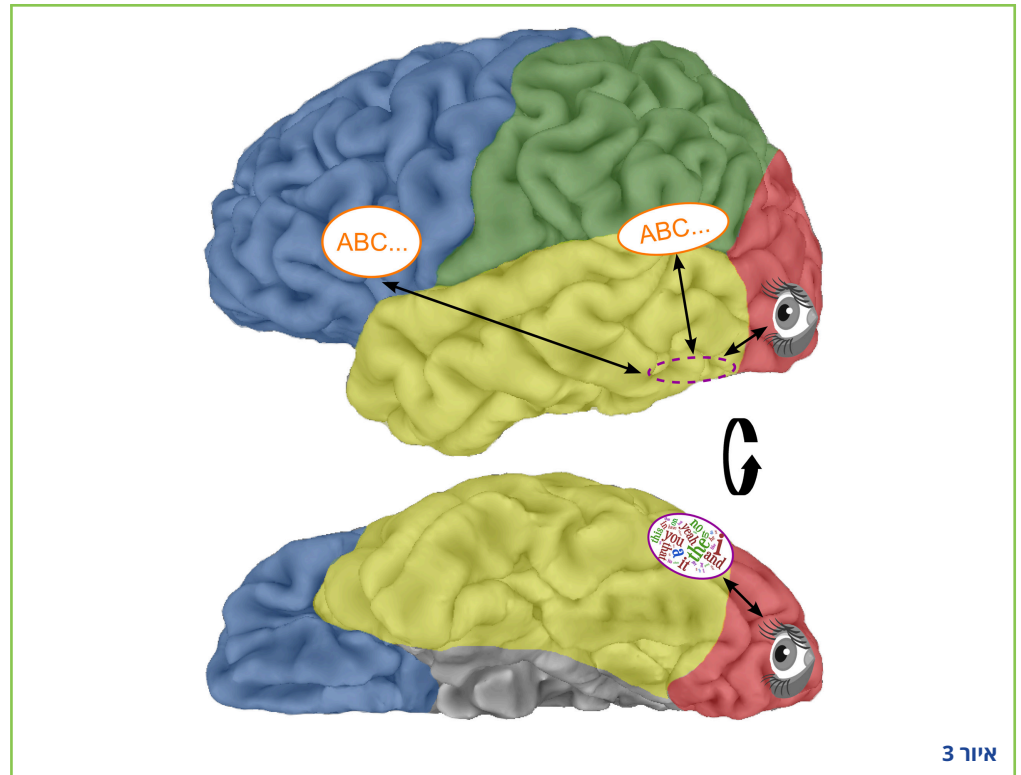
תיבת המילים במוח שלנו

כשליש מהמוח שלנו מתמחה בניתוח של דברים שאנו רואים. האזור הזה במוח ידוע בתור מערכת הראייה. מערכת זו ממוקמת בקליפת המוח, שהיא פני השטח המקופלים של המוח. חלקים ממערכת הראייה נמצאים בקליפת המוח העורפית המוצגת באיור 3, וחלקים אחרים נמצאים בקליפות המוח הִרְקֵתִית והקודקודית המוצגות באיור 3 בצהוב ובירוק, בהתאמה.

דברים שאנו רואים מעובדים במערכת הראייה אשר ממוקמת בקליפת המוח העורפית (ומסומנת בתמונה בצורה של עין), ובחלקים מקליפות המוח הרקתית והקודקודית. במוח האדם התפתחו אזורים שמתמחים במידע שפתי. מילים שאנו אומרים או מבינים מעבדות

איור 3

"תיבת המילים" במוח שלנו. בחלק העליון של התמונה מוצג החצי השמאלי של המוח, שנקרא גם ההמיספירה השמאלית, במבט מהצד. בחלק התחתון של התמונה מוצגת אותה ההמיספירה שמאלית במבט מלמטה. קליפת המוח של האדם (המשטח המקופל) מחולקת ל-4 חלקים: קליפת המוח העורפית (באדום), קליפת המוח הרקתית (בצהוב), קליפת המוח הקודקודית (בירוק) וקליפת המוח המצחית (בכחול).



באזורים אשר מסומנים באמצעות העננים הכתומים. "תיבת המילים", או אזור עיבוד המילים במוח שבו משתמשים כדי לזהות צורות של מילים, מסומנת באמצעות ענן סגול. אפשר לראות את האזור הזה רק כשסתכלים על המוח מלמטה. האזור המקווקו בסגול בחלק העליון של התמונה מציין את המיקום של אזור עיבוד המילים אם אפשר היה לראות אותו מהצד. "תיבת המילים" משמשת לתרגום בין מערכת הראייה לבין אזורי השפה שלנו.

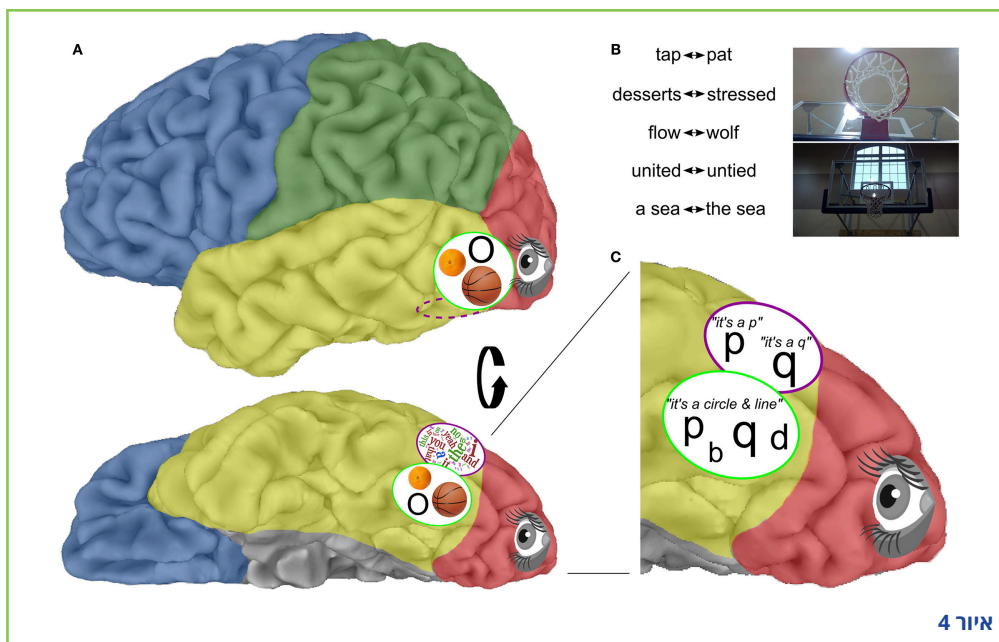
אזורים אחרים במוח עוזרים לנו ליצור שפה ולהבין אותה (עבור דיבור). האזורים האלה ממוקמים בעיקר בהמיספירה השמאלית, או בחלק השמאלי של המוח. אזורים שעוסקים בהבנת שפה נמצאים בקליפת המוח הרקתית השמאלית, ואזורים שעוסקים בייצור שפה נמצאים באונה הקודקודית השמאלית (איור 3). כשאנו קוראים, גם מערכת הראייה וגם אזורי השפה מעורבים: מערכת הראייה בוחנת את צורתן של המילים, ואזורי השפה אומרים לנו מה משמעותן.

אזור שלישי במוח מקשר יחד את מערכת הראייה ואת אזורי השפה. נקרא לאזור הזה "תיבת המילים", אולם באנגלית הוא נקרא גם "Visual word form area", כלומר אזור שמזהה צורת מילים (איור 3). [3]. אזור המוח הזה מתרגם את המידע הצורני (איך שמילה נראית: מחרוזת של סמלים עגולים וקווים ישרים) למידע בעל משמעות שאזורי השפה שלנו יכולים להבין ולהמשיך לעבוד איתו. באופן בסיסי, תיבת השפה היא אזור במוח אשר מתמחה בידיעת הצורה הוויזואלית של מילים.

האם תיבת המילים כבר נמצאת במוח שלנו כשאנו נולדים, או שהיא נוצרת רק אחרי שאנו לומדים לקרוא? והאם לאנשים אנאלפביתים (שאינם יודעים לקרוא וכתוב) גם יש אותה?

איור 4

A. קליפת המוח העוסקת בזיהוי פריטים (בענן הירוק), אשר ממוקמת קרוב לתיבת המילים (בענן הסגול). היא יכולה להבחין בין פריטים שונים שהם בעלי צורות דומות כמו למשל תפוז, כדורסל והאות "O". **B.** למחרוזות של אותיות יש משמעויות שונות כתלות בסדר שלהן, אפילו אם הן נראות דומות. לדוגמה "ילד" הוא "דלי" אם קוראים בכיוון ההפוך (כך גם למשל "pat" ו-"tap" באנגלית), ו"רקח" הופך ל"קרח" אם נחליף בין שתי האותיות הראשונות (בדומה ל"united" עם ו"untied" באנגלית, עם החלפה בין האותיות האמצעיות). מצד אחר אנו מזהים טבעת של סל כשאנו מסתכלים עליה מקדימה ומהצד, למרות שהיא נראית שונה מאוד בשני המקרים האלה. **C.** קליפת המוח שעוסקת בזיהוי פריטים מזהה צורות או פריטים (כמו טבעת של סל) ללא תלות בזווית הראייה שממנה צופים עליהם. לעומת זאת תיבת המילים יכולה להבחין בין שתי צורות דומות (אותיות במקרה הזה) שיוצרות מילים שונות בצירופים שונים. למשל, קליפת המוח העוסקת בזיהוי פריטים תזהה "יי", "יי" ו-"יי" כאותה הצורה (קו מאונך) בעוד שתיבת המילים תבצע את ההבחנה בין שלושת האותיות האלה.



איור 4

כיצד תיבת המילים מתפתחת במוח

כיצד המוח בונה תיבת מילים? לפני שלמדתם לקרוא לא ידעתם שמילים ואותיות הם סמלים שמייצגים צלילים – המוח שלכם רק ראה אותם כצורות משורבטות. קחו למשל את האות "O" באנגלית. יש לה צורה עגולה, כמו גם לתפוז או לכדורסל. כל הצורות מאוחסנות במוח באזור בקליפת המוח אשר מתמחה בזיהוי פריטים ונקרא "Object cortex". אזור זה הוא חלק מקליפת המוח הרקתית וקשור למערכת הראייה (איור 4A). האזור הזה יכול להבדיל בין האות O לבין תפוז או כדורסל, למרות שכולם בעלי צורות עגולות דומות. קליפת המוח המתמחה בזיהוי פריטים גם מספקת מידע לגבי המשמעות של דברים שונים בעולם ומטרתם: אתם אוכלים תפוז, אבל לא אוכלים את או כדורסל!

הודות לקליפת המוח העוסקת בזיהוי פריטים אנו גם יכולים לזהות צורות שונות ללא תלות באופן שבו אנו מסתכלים עליהן. לדוגמה, אנו מסוגלים לזהות טבעת כדורסל מרחוק כשאנו נכנסים לחדר הכושר, או מקרוב כשאנו עומדים ישירות תחתיה. אפילו אם היו מסובבים את הטבעת מלמעלה למטה עדיין היינו מצליחים לזהות אותה (איור 4B)! קליפת המוח שעוסקת בזיהוי פריטים מצליחה לזהות את הטבעת כאותה הטבעת בכל אחד מהמקרים האלה.

אולם חשבו למשל על האות "d" באנגלית. אותה הצורה, אם הופכים אותה מימין לשמאל מניבה את האות "b", ואם משקפים אותה מלמעלה למטה מקבלים את האות "q". בכל המקרים האלה הצורה נשארת אותה הצורה, אולם ברגע שאנו לומדים את האלפבית המשמעות של האות והשימוש בה משתנים. מערכת הראייה שלנו צריכה להיות מדויקת מאוד ביחס לזיהוי האות "d" כ-"d", ולא להפוך אותה בטעות לאותיות "q" או "p".

כשאנו לומדים לקרוא לראשונה, תיבת המילים מתפתחת בקליפת המוח שעוסקת בזיהוי פריטים, והיא עדיין מסוגלת לזהות את כל הצורות מכל נקודות המבט – אתם יכולים לכתוב הפוך, אתם מסוגלים לקרוא כשהדף מסובב מלמעלה למטה וכן הלאה (איור 5). במשך הזמן,

איור 5

דוגמה לטקסט הכתוב בכתב יד במהופך. בתמונה זו אתם יכולים לראות את כתב היד של ילד בן 5 שבו חלק מהאותיות כתובות בכיוון הרגיל וחלקן כתובות הפוך. לדוגמה, השם "BEN" כתוב כאן הפוך.



איור 5

תיבת המילים לומדת שסדר האותיות הוא חשוב מאחר שהוא מגדיר את המילים, לדוגמה, "ילד" ו"דלי" הן מילים בעלות משמעות שונה (ראו המחשה (איור 4B)). זו הסיבה לכך שחשוב תמיד לקרוא בעברית מימין לשמאל ובאנגלית משמאל לימין, ולא להיפך!

תיבת המילים לומדת כיצד מילים נראות באופן טיפוסי, והיא מתחילה לעקוב אחרי כללים שמתאימים לשפה הנתונה, כמו למשל קריאה מימין לשמאל. תיבת המילים היא אזור במוח שמתפתח כאשר אנו לומדים לקרוא, ועם הזמן נעשה מיומן בזיהוי צורות שנראות כמו מילים. האזור הזה מזהה במדויק את האותיות והצורות, ולומד להכיר באלה צירופים הן נוטות להופיע עם אותיות אחרות (איור 4C). [4]. בעוד שקליפת המוח אשר עוסקת בזיהוי פריטים תזהה את האותיות "p", "q", "b" ו-"d" כאותה הצורה (מעגל שמחובר אליו קו ישר), תיבת המילים תבחין בין ארבעת האותיות האלה!

אם אתם קוראים מנוסים בעברית תיבת המילים שלכם תהיה פעילה בזמן שתקראו את הכתבה הזו. מה אם הטקסט הזה היה בסינית ולא ידעתם לקרוא סינית?

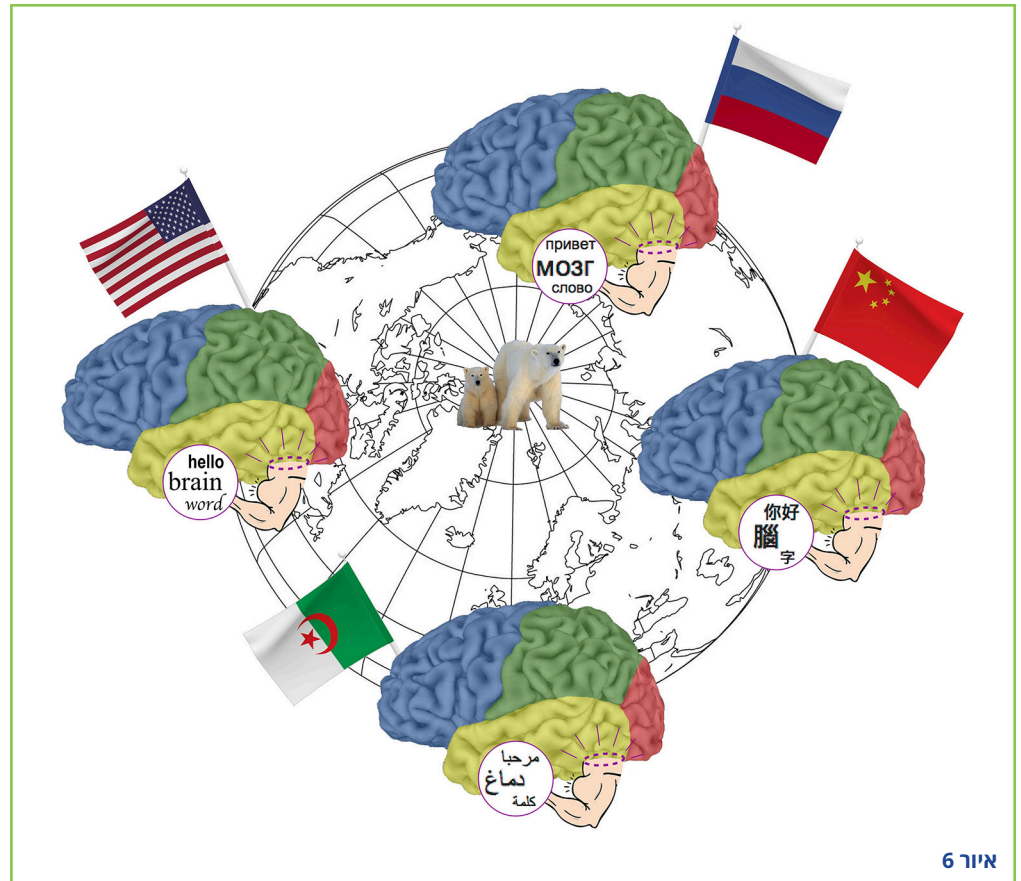
תיבת המילים מעוצבת על-ידי השפה שאותה אתם קוראים

תיבת המילים שלכם היא פעילה ביותר כאשר אתם מסתכלים על מילים שנכתבות בשפה שאתם משתמשים בה הכי הרבה. אולם תיבת המילים מתפתחת באותו האזור במוח גם כשמדובר בתרבויות ובשפות שונות. כך שכאשר דוֹבֵר סינית קורא בסינית וכאשר דוֹבֵר עברית קורא בעברית, אותו האזור במוח שלהם, קרי תיבת המילים, יהיה פעיל (איור 6). למעשה, אפילו לאנשים שנולדים עיוורים ולומדים לקרוא באמצעות מגע (קריאה שמכִּנֶה קריאת ברייל) יש תיבת מילים שנמצאת באותו האזור במוח כמו אצל אנשים שראייתם תקינה.

המוח שלנו מעוצב על-ידי חוויות שאנו חווים במהלך החיים. ישנו חלק במוח שלנו – תיבת המילים – שמוכן לזהות צורות של מילים, וכשאנו לומדים לקרוא הוא נעשה מיומן בזיהוי צורות מילים בכל שפה שבה אנו מאמנים אותו [5].

איור 6

אימון תיבת המילים באמצעות קריאה. כאשר מסתכלים ברחבי העולם מגלים שתיבת המילים מתפתחת באותו האזור במוח, ללא תלות בשפה שאותה לומדים. ברגע שלומדים קרוא וכתוב, תיבת המילים מעוצבת על-ידי חוויית של קריאת מילים בשפה מסוימת, בדיוק כמו ששרירי הזרוע שלכם מקבלים צורה מובהקת ככל שאתם מתאמנים יותר בהרמת משקולות.



איור 6

מקורות

1. Zimmer, C. 2005. Smithsonian Intimate Guide to Human Origins. Toronto, ON: Madison Press Books.
2. Dehaene, S. 2009. Reading in the Brain. New York NY: Penguin Viking.
3. Cohen, L., Lehericy, S., Chochon, F., Lemer, C., Rivaud, S., and Dehaene, S. 2002. Language-specific tuning of visual cortex? Functional properties of the visual word form area. *Brain* 125:1054–69. doi: 10.1093/brain/awf094
4. Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Nunes Filho, G., Jobert, A., et al. 2010. How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science* 330:1359–64. doi: 10.1126/science.1194140
5. Dehaene S., and Cohen L. 2007. Cultural recycling of cortical maps. *Neuron* 56:384–98. doi: 10.1016/j.neuron.2007.10.004

פורסם אונליין: 18 בינואר 2019

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

ציטוט: Kassuba T and Kastner S (2019) המוח הקורא. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2015.00005-he

תורגם והותאם:

Kassuba T and Kastner S (2015) The reading brain. Front. Young Minds 3:5.
doi: 10.3389/frym.2015.00005

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

COPYRIGHT © Kassuba and Kastner 2015. 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 (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**RIVERSIDE ELEMENTARY SCHOOL**

בית הספר מִשְׁרֵת ילדים מגן טרום חובה ועד כיתה ה' בפרינסטון, ניו ג'רזי, ארצות הברית. בבית הספר לומדים מגוון תלמידים מיותר מ-23 ארצות שונות, וכולנו אוהבים ללמוד על המוח!

יש לנו גם מעבדת מדעים, חצר עם צפרדעים וצבים, צוות מורים ואנשי תמיכה מסורים, ומנהלת מעולה שתמיד תומכת בהזדמנויות למידה חדשות. תלמידי כיתה ד' שייכים לכיתה של גברת לוי או של מר מקגוברן, ומר איסטברן הוא המורה שלהם למדעים.

הכותבים**TANJA KASSUBA**

אני חוקרת כיום כיצד המוח מזהה פריטים שאנו רואים, שומעים או ממששים (או מריחים!), וכיצד המוחות שלנו מאפשרים לנו להשתמש בפריטים ככלים. מחוץ למעבדה אני אוהבת לבלות עם חברים ולשחק עם רני, הכלב של חברה שלי (ראו אותו בתמונה), או עם האחיינים שלי. אני גם אוהבת תמונות צבעוניות מנשיונל ג'יאוגרפיק, והחיות האהובות עליי הן כרישים.

SABINE KASTNER

כמדענית ופרופסורית היא עוזרת לאנשים להשתמש במוח שלהם כדי לשים לב לפעילויות מסוימות (למשל כיצד ייתכן שאינכם שומעים שההורים שלכם קוראים לכם לבוא לאכול ארוחת ערב בעת שאתם משחקים במשחק מחשב או קוראים ספר). סבינה נהנית גם מבילוי עם שני ילדיה, ואוהבת את להקת הביטלס.



Hebrew version
provided by

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

