



## מדוע ילדים מסוימים מתקשים מאוד לקרוא?

Eva Kimel<sup>1\*</sup>, Merav Ahissar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>מרכז אדמונד וילי ספרא למדעי המוח (ELSC), האוניברסיטה העברית בירושלים, ישראל

<sup>2</sup>המחלקה לפסיכולוגיה, האוניברסיטה העברית בירושלים, ישראל

### סוקרים צעירים

HAKFAR  
HAYAROK  
גיל: 12-13



עבור ילדים מסוימים רכישת קריאה היא מאבק מתמשך. למרות היותם בעלי אינטליגנציה תקינה וללא בעיות ראייה או שמיעה מיוחדות, הם קוראים לאט מאוד ועם טעויות רבות. הקשיים האלה ממשיכים ללוות אותם גם בבגרותם. מיומנות הקריאה שלהם משתפרת עם הגיל, אך פחות מזו של חבריהם. הקושי המתמשך הזה נקרא *דיסלקסיה התפתחותית*. כיום לא ברור עד הסוף מה גורם לדיסלקסיה, ובמאמר זה נתאר ממצאים ממעבדתנו ואת הפרשנות שלנו לממצאים אלה בהקשר של הבסיס לדיסלקסיה. מצאנו שאנשים עם דיסלקסיה מרוויחים פחות מחשיפה חוזרת לגירויים, גם עבור גירויים פשוטים וגם עבור גירויי דיבור. כאשר השתמשנו במבנים שפתיים נפוצים (צורת מילים והברות), גילינו שאנשים עם דיסלקסיה מתנהגים כאילו המבנים האלה פחות מוכרים להם. כאשר אפיינו את התגובות המוחיות לצלילים חוזרים, מצאנו שהמוחות של אנשים עם דיסלקסיה "שוכחים" מאורעות אלו מהר יותר. ייתכן שזו הסיבה שאנשים עם דיסלקסיה אינם מרוויחים באותה מידה מחשיפה חוזרת לגירויים כמו אנשים ללא דיסלקסיה.

## רכישת קריאה

קריאה היא תהליך התרגום של סימני הכתב (כגון אותיות בעברית) לסדרות צלילים המהוות מילים בעלות משמעות. בהתחלה, כשרק לומדים לקרוא, משתמשים בפיענוח סדרתי של אות-צליל, אך כשצוברים ניסיון בקריאה, הזיהוי מתבצע פעמים רבות ברמת המילה השלמה [1]. ייצוגי המילים הדבורות ומשמעותן קיימים בראשונו עוד לפני שאנחנו מתחילים לקרוא, כיוון שהבנת שפה, ואחריה הפקת שפה (דיבור), מתרחשים הרבה לפני שאנחנו לומדים לקרוא. רוב הילדים לומדים לקרוא לקראת גיל 6-7, אך היכולת הזו ממשיכה להשתפר ולהתייעל עם ההתבגרות.

## לפעמים קריאה היא מאבק מתמשך

עבור חלק מהילדים רכישת קריאה היא תהליך לא פשוט, ואף מתסכל מאוד. כ-7% מהילדים שלומדים בבתי ספר רגילים, שאין להם בעיות ראייה או שמיעה מיוחדות, והם בעלי אינטליגנציה תקינה, מתקשים מאוד ברכישת הקריאה. הגורם לקושי הזה הוא מולד, וממשיך להפריע לאותם אנשים גם כשהם נהיים מבוגרים. תופעה זו היא לקות למידה הנקראת *דיסלקסיה התפתחותית*. אנשים עם דיסלקסיה קוראים לאט יותר, ועם יותר טעויות, מאשר אנשים ללא דיסלקסיה. בדרך כלל יש לאנשים עם דיסלקסיה שגיאות כתיב, אבל חוץ מהקריאה ושגיאות הכתיב, היכולות שלהם בתחומים אחרים (כמו מתמטיקה) תקינות לחלוטין (אלא אם מלבד דיסלקסיה יש להם לקות נוספת). דיסלקסיה אופיינה לראשונה לפני כ-100 שנה, ומאז שהוגדרה, חוקרים מנסים להבין מהו הקושי המעכב את רכישת מיומנות הקריאה.

קריאה היא תהליך מורכב, המערב ראייה, שמיעה, זיכרון, תנועות עיניים ועוד. בהינתן שכל אלה תקינים, כמו במקרה של דיסלקסיה, זה משונה שעדיין יש קושי כל כך גדול בקריאה. אכן נראה שלמרות האפיון הספציפי של דיסלקסיה, לאנשים עם דיסלקסיה יש קשיים נוספים, החורגים מתחום הקריאה והכתיבה, ואף מגבולות השימוש בשפה. את הקשיים הללו אפשר לאפיין על-ידי מדידה שיטתית במעבדה.

כאשר לומדים לקרוא, או קוראים מילים שאינן מוכרות לנו, אנו מחברים את הצלילים שהאותיות מייצגות למילה. כאשר אנו נדרשים לכתוב מילה שאנו שומעים, אנו מפרקים אותה לצלילי דיבור, ואותם מתרגמים לאותיות. צלילי הדיבור הבסיסיים נקראים פונמות. מאחר שאנשים עם דיסלקסיה מתקשים בהליכי הפירוק והצירוף של פונמות, שיערו הרבה חוקרים שבדיסלקסיה הייצוג המוחי של צלילי היסוד של השפה לקוי. לפני כ-40 שנה הועלתה השערה שהקושי בדיסלקסיה הוא בעיבוד שמיעתי בסיסי, גם של צלילים פשוטים, ולא ספציפי לשפה [2]. הניסויים שלנו מנסים לפתח ולהרחיב את הרעיון הזה.

## ההשערה שלנו: הקושי המרכזי בדיסלקסיה הוא "שכחה" מהירה יותר של ידע קודם

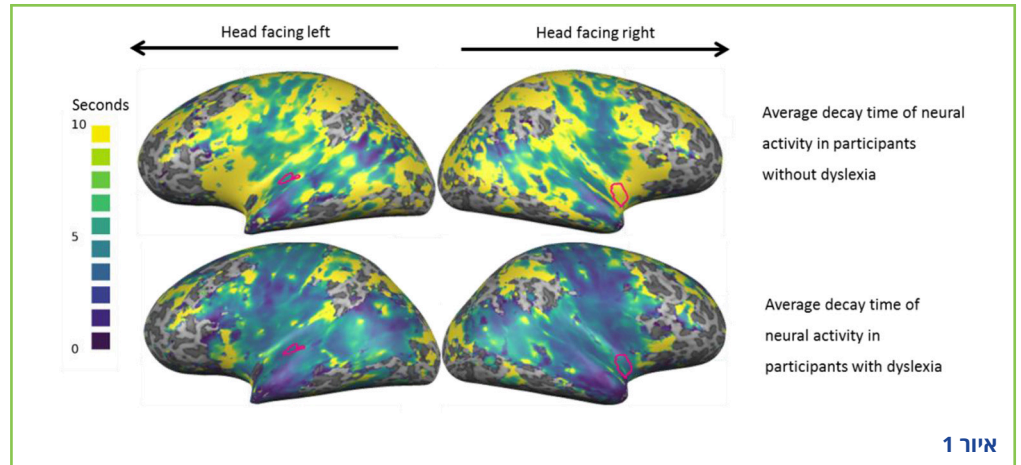
ב-15 השנים האחרונות ערכנו סדרת ניסויים התנהגותיים עם ילדים, נוער ומבוגרים עם דיסלקסיה. ניסוי אופייני מורכב מכמה עשרות "צעדים". בכל צעד, מושמעים למשתתף שני צלילים, במרווח זמן קצר (כשנייה) ביניהם. המשתתף מתבקש להחליט איזה צליל היה גבוה

## איור 1

זיכרון לצלילים דועך מהר יותר בקרב אנשים עם דיסלקסיה מאשר בקרב אנשים ללא דיסלקסיה. ארבעת האזורים מציגים את צידו השמאלי והימני של המוח, עבור משתתפים ללא דיסלקסיה (שתי התמונות העליונות) ומשתתפים עם דיסלקסיה (שתי התמונות התחתונות). בפועל, קליפת המוח אינה חלקה אלא מקופלת, ולכן כדי שנראה באיור את הפעילות המוחית גם בעומק הקפלים, בייצוג לעיל הקפלים "יושרי" כלפי חוץ - זה נראה כאילו שהמוח חלק, והקפלים מופיעים בו בצבע אפור כהה. הגוונים באיור מייצגים את משך הזיכרון לצליל, לפי המקרא בצד שמאל. יש יותר אזורים צהובים בקבוצת הקוראים התקינים, כלומר משך הזיכרון אצלם ארוך יותר מאשר אצל משתתפים עם דיסלקסיה. ההבדל הזה היה חזק במיוחד באזור קטן יחסית, הקשור לפעילות שמיעתית (מסומן בקו אדום). כנראה שההבדל היה חזק דווקא שם כי האזור הזה מעורב מאוד במטלה שאותה ביצעו המשתתפים (הבחנה בין שני צלילים).

## סורק fMRI (Functional magnetic resonance imaging)

הוא מכשיר המשתמש בשדות מגנטיים כדי למדוד פעילות מוחית בעת ביצוע מטלות שונות. המדידה מסתמכת על כמות החמצן בדם הזורם במוח בזמן המטלה. בזמן הניסוי הנבדק שוכב במעין צינור גדול ומבצע את המטלה שהתבקש, תוך כדי מדידה ע"י המכשיר. המדידה אינה חודרנית, ולכן מקובלת ושימושית מאוד בתחום חקר המוח.



איור 1

יותר, הראשון או השני. בניסויים מסוג זה המשתתפים מרגישים שהם משווים בין שני הצלילים המושמעים, וכך בוחרים. בפועל, מסתבר שגם צלילים מצעדים קודמים משפיעים על הבחירה: הייצוג הפנימי שלנו לגובה הצליל הראשון בזוג נהיה דומה לצלילים ששמענו לפני כן, בצעדים קודמים. למשל, אם קיבלנו כעת צליל גבוה, אך רוב הצלילים עד כה היו נמוכים, הייצוג שלנו לצליל הזה יהיה קצת יותר נמוך, הוא "ימשך" כלפי מטה. מצאנו שהשפעה זו קטנה יותר עבור משתתפים עם דיסלקסיה [3]. מכאן שיערנו שהקושי של אנשים עם דיסלקסיה הוא קושי בשמירה מדויקת של הגירויים בזיכרון. שמירה כזו הכרחית כדי ליעל את מהירות הקריאה.

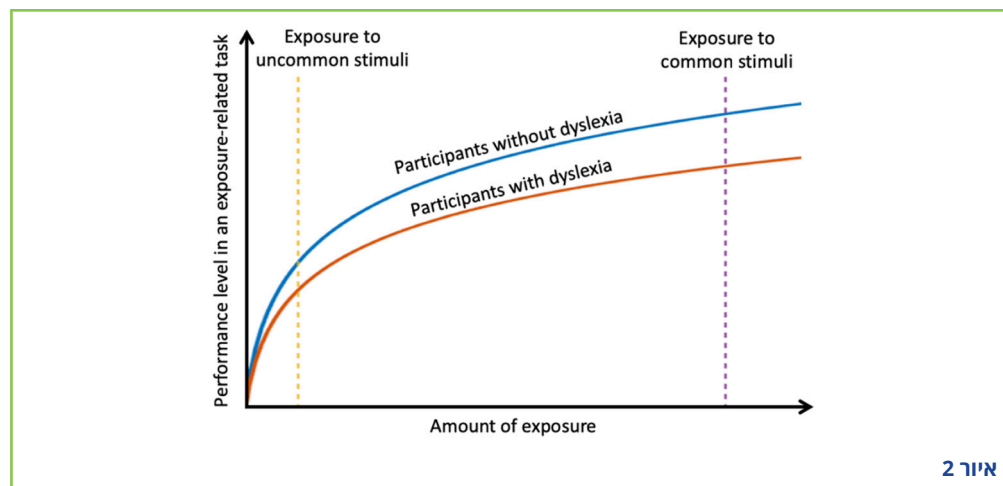
כדי לבחון האם זיכרון הצלילים דועך מהר יותר במוחם של אנשים עם דיסלקסיה, ובאלו אזורים של המוח זה קורה, עשינו ניסוי נוסף. המשתתפים נסרקו על-ידי סורק fMRI בזמן ביצוע ניסוי הדומה לניסוי שתואר קודם, בו הם היו צריכים להחליט איזה צליל גבוה יותר. כך ניתן היה לתעד את הפעילות המוחית שלהם תוך כדי ביצוע הניסוי. באופן כללי, כאשר גירוי (למשל צליל) מוצג פעמיים עם רווח קטן בין ההצגות, התגובה המוחית לגירוי השני קטנה יותר, ותופעה זו נקראת אֶדְפְּטַצְיָה עֵצְבִית. התגובה הקטנה עבור הצליל השני מעידה על כך שהמוח עדיין זוכר את הצליל הראשון במידה כלשהי. מצאנו שאצל אנשים עם דיסלקסיה משך הזיכרון הלא מודע הזה קצר יותר. כאשר הרווח בין צלילים סמוכים היה 10 שניות, התגובה המוחית של אנשים ללא דיסלקסיה עדיין הייתה קטנה יותר, והעידה על ייצוג מוחי של הצליל הראשון שהושמע. לעומת זאת, אצל אנשים עם דיסלקסיה כבר הייתה תגובה בעוצמה מלאה אם הצלילים הוצגו בהפרש זמן כזה, כלומר כבר לא היה במוחם זיכרון זמין של הצליל הראשון. ההבדל הזה במשך הזיכרון נצפה בחלקים נרחבים של קליפת המוח [4] (איור 1).

## אנשים עם דיסלקסיה לומדים מחזרות לאט יותר

הקושי העיקרי בו נתקלים רוב האנשים עם דיסלקסיה הוא קריאת מילים. כיצד קשורה בעיה זו לקושי שמצאנו בזיכרון לצלילים? ייתכן שעבור אנשים עם דיסלקסיה, הדעיכה המהירה של הזיכרון גורמת לצבירת ידע איטית יותר. איור 2 מתאר את הרעיון הזה. באופן כללי, ככל שהחשיפה שלנו למשהו עולה, כך משתפרים גם הביצועים שלנו במטלות הקשורות להתנסות הזו. אולם, עבור אנשים עם דיסלקסיה, עקומת הלמידה של הגירויים שאליהם נחשפו היא איטית יותר. בחינת הבדלי הביצוע בין שתי הקבוצות באיור 2 מראה שהבדלי המיומנויות בין

## איור 2

למידה מחשיפות קודמות. עקומות למידה משוערות כתלות במידת החשיפה לגירויים מסוימים (כגון הברות ומילים) וההתנסות איתם. בשתי הקבוצות, ככל שהחשיפה גדלה, הייצוג המוחי נהיה אמין יותר והביצוע ההתנהגותי משתפר עבור הגירויים המוכרים. אנחנו משערים שעקומת הלמידה אצל אנשים עם דיסלקסיה היא איטית יותר, כלומר ככל שיש יותר חשיפות, ההבדל בין הקבוצות גדל.



איור 2

שתי הקבוצות גדלים עם ההתנסות. כך שהקושי היחסי הצפוי לאנשים עם דיסלקסיה יגדל עם הלמידה - למרות שהם ישתפרו, אנשים ללא דיסלקסיה ישתפרו יותר.

## קליפת מוח (קורטקס, Cortex)

זהו אזור אנטומי, המהווה את השכבה החיצונית של המוח. הקליפה אינה חלקה אלא מורכבת מבליטות וקפלים, מה שמגדיל מאוד את שטח הפנים שלה. הקליפה מחולקת למספר תתי אזורים לפי הקפלים, ותת-אזורים אלה גם קשורים לתפקודים שונים, הם מעבדים מידע שמיעתי, ראייתי, עוסקים בפתרון בעיות, שליחת פקודות מוטוריות לשרירים, ועוד.

## מורפולוגיה (Morphology)

(בעברית: תורת הצורות) היא ענף בחקר השפה שמתייחס למבנה המילים ורכיביהן. המורפולוגיה בודקת כיצד רכיבים אלו מתחברים לכדי מילים שלמות. למשל, המילה **כלבים** מורכבת מהבסיס **כלב** והמוספית **ים**, המציינת ריבוי. אמנם אנחנו לומדים מורפולוגיה באופן מפורש רק בחטיבת הביניים או בתיכון, אבל אנחנו מכירים אותה ומשתמשים בה בפועל מגיל קטן.

## השפעה על יכולות לשוניות: אנשים עם דיסלקסיה מרוויחים פחות ממילים והברות מוכרות בהשוואה לאנשים ללא דיסלקסיה

אנו משתמשים בשפה כל חינו, וחוקי השפה והחזרות בה נלמדים על ידינו באופן אוטומטי ולא מודע. בניסויים שלנו, השתמשנו במבנים מוכרים בשפה, המתוארים ע"י תורת הצורות - **מורפולוגיה**, כדי לחקור הבדלים בין אנשים עם וללא דיסלקסיה בהקשר זה. לכל הפעלים בשפה העברית יש מבנים מוגדרים (בניינים) וכל צורה אחרת אינה חוקית בשפה ולכן לא נחשפנו אליה. לדוגמה, המילה **לְנַכְנֵנו** היא מילה לא קיימת, אך בנויה מהשורש (הלא קיים) **ל.ג.ד.** בתבנית של בניין פעל בזמן עבר, גוף ראשון רבים, כמו המילה הקיימת בעלת אותו המבנה, **כָּתַבְנוּ**. לעומת זאת, המילה **הוֹקְשִׁמְתִי** אינה מבניין אמיתי בשפה העברית (אם כי קל לראות שה"שורש" שלה הוא **ק.ש.מ.**).

בדקנו באיזו מידה מושפע קצב הקריאה מההיכרות שלנו עם בניינים בעברית. סטודנטים ללא דיסלקסיה קראו מילים מומצאות הבנויות בהתאם למורפולוגיה של השפה העברית מהר יותר ומדויק יותר מאשר מילים ללא מבנה מוכר. התוצאה הזו צפויה, כיוון שבמילים עם המבנה המוכר, הקורא צריך פחות לפענח אות-אות (פעולה הלוקחת הרבה זמן) כיוון שחלק מהמילה, המבנה שלה, כבר מוכר לו. עבור סטודנטים עם דיסלקסיה לעומת זאת, לא היה שיפור משמעותי במהירות או בדיוק של קריאת מילים עם מורפולוגיה של עברית מול המילים ללא מבנה מוכר [5]. התוצאות הללו מלמדות אותנו שבקריאה, מורפולוגיה מסייעת לאנשים עם דיסלקסיה פחות מאשר לאנשים ללא דיסלקסיה.

גם עבור יחידות קטנות יותר ממילים, מצאנו תופעות דומות. מילים מורכבות מהברות. המילה **סבא**, למשל, מורכבת משתי הברות: **ס** ו-**בא**. ההברה **בא** נפוצה מאוד בעברית, היא מופיעה בהרבה מילים נפוצות ואפילו מהווה מילה בעצמה. לעומת זאת, ישנן הברות אחרות שאינן נפוצות כלל, למשל **אָג** (ההברה השנייה במילה **דאג**). שכיחות ההברות בשפה העברית השפיעה על ההצלחה בניסוי בו נבדקים היו צריכים לחזור על סדרת הברות שהושמעה להם.

הנבדקים חזרו באופן מדויק יותר על סדרות של הברות שכיחות (לדוגמה: *סָה רִי קָוִי זִי גִי*) בהשוואה לסדרת הברות פחות שכיחות (לדוגמה: *אָס אִיר אַוּק אִיז אֹג*), אך היתרון משכיחות ההברות היה קטן באופן משמעותי עבור משתתפים עם דיסלקסיה [6]. כלומר, שימוש בהברות שכיחות שידרג את זיכרונם של אנשים עם דיסלקסיה פחות ממה שהוא שידרג את זיכרונם של אנשים ללא דיסלקסיה. מכאן, שאנשים עם דיסלקסיה מרוויחים פחות מחזרה של הברות ושל מבנים בשפה, כפי שהם מרוויחים פחות מחזרה של צלילים, ובהתאם לכך ביצועיהם פחותים מאלה של אנשים ללא דיסלקסיה. למרות שמשותפים עם ובלי דיסלקסיה נחשפו למבנים והברות במידה דומה, משותפים עם דיסלקסיה הרוויחו פחות מחשיפה מתמשכת זו, כפי שמתואר באיור 2.

## סיכום

דיסלקסיה התפתחותית היא לקות למידה ספציפית, הגורמת לקושי ברכישת מיומנות גבוהה בקריאה. חוקרים מחפשים שנים רבות את הסיבה לדיסלקסיה, ובמאמר זה הצענו שהקושי המרכזי בדיסלקסיה הוא שימוש פחות יעיל בידע קודם לגבי גירויים שכבר הוצגו, בגלל דעיכה מהירה יותר של הזיכרון לגירויים אלו. ביססנו את הרעיון הזה על תוצאות של ניסויים עם צלילים פשוטים, ועל דגמים של פעילות מוחית. את ההשפעות על רכישת מיומנויות לטווח ארוך מדדנו על ידי השוואת מהירות ודיוק קריאה עבור מילים עם וללא מבנה מוכר, ועיי זיכרון להברות נדירות ושכיחות בשפה. למרות שדיסלקסיה נשארת עם האדם לאורך כל חייו, התערבויות משפרות את היכולות של אנשים עם דיסלקסיה, וככלל, התערבויות מוקדמות יותר, יעילות יותר.

## מאמר המקור

Jaffe-Dax, S., Kimel, E., & Ahissar, M. (2018). Shorter cortical adaptation in dyslexia is broadly distributed in the superior temporal lobe and includes the primary auditory cortex. *ELife*, 7, 1–9. <http://doi.org/10.7554/eLife.30018>

## מקורות

1. Hudson, R. F., Lane, H. B., & Pullen, P. C. (2005). Reading fluency assessment and instruction: What, why, and how? *The Reading Teacher*, 58(May), 702–714. <http://doi.org/10.1598/RT.58.8.1>
2. Tallal, P. (1980). Auditory Temporal Perception, Phonics, and Reading Disabilities in Children. *Brain and Language*, 9, 182–198. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(80\)90139-X](https://doi.org/10.1016/0093-934X(80)90139-X)
3. Jaffe-Dax, S., Raviv, O., Jacoby, N., Loewenstein, Y., & Ahissar, M. (2015). A Computational Model of Implicit Memory Captures Dyslexics' Perceptual Deficits. *The Journal of Neuroscience*, 35(35), 12116–12126. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1302-15.2015>

4. Jaffe-Dax, S., Kimel, E., & Ahissar, M. (2018). Shorter cortical adaptation in dyslexia is broadly distributed in the superior temporal lobe and includes the primary auditory cortex. *ELife*, 7, 1–9. <http://doi.org/10.7554/eLife.30018>
5. Kimel, E., & Ahissar, M. (2019). Benefits From Morphological Regularities in Dyslexia Are Task Dependent. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*. <http://doi.org/10.1037/xlm0000717>
6. Kimel, E., Weiss, A. H., Jakoby, H., Daikhin, L., & Ahissar, M. (2019). Spans attributed to short-term memory are explained by sensitivity to long-term statistics in both musicians and individuals with dyslexia. <https://www.Biorxiv.Org/Content/10.1101/795385v1>

פורסם אונליין: 09 ביולי 2020

נערך על ידי: Idan Segev, Hebrew University of Jerusalem, Israel

**ציטוט:** Kimel E and Ahissar M (2020) מדוע ילדים מסוימים מתקשים מאוד לקרוא? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00061-he

#### תורגם והותאם:

Kimel E and Ahissar M (2020) Why Do Some Children Struggle to Read? *Front. Young Minds* 8:61. doi: 10.3389/frym.2020.00061

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

**COPYRIGHT** © 2020 © Kimel and Ahissar 2020. 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 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

### HAKFAR HAYAROK, גיל: 12-13

אנחנו תלמידי כיתה 5 מחוננים בכפר הירוק. אנחנו לומדים בכיתה עם תלמידים בעלי תחומי עניין משותפים, מעשירים את ידיעותינו בתחומים שונים ומגוונים, נחשפים לתכנים בתחומי המדע והרוח ונהנים מלמידה ברמה גבוהה מאוד.

### הכתבות

#### EVA KIMEL

דוקטור במדעי המוח. בדוקטורט חקרתי כיצד חוקיות וחזרות בשפה מסייעות לאנשים עם ובלי דיסלקסיה במטלות למידה וזיכרון. מאז שאני זוכרת את עצמי סיקרן אותי כיצד אנחנו לומדים, זוכרים, מבינים, ומעבדים את המידע המגיע מהעולם, ונושאים אלו עדיין מסקרנים אותי מאוד. מזה כמה שנים אני נפעמת מהדרך



שבה בתי לומדת את העולם, ומקבלת ממנה השראה. אני גם אוהבת דברים שלא קשורים ישירות למדע, כגון כדורי שוקולד וזומבה. \*eva.kelman@gmail.com



### MERAV AHISSAR

אני פרופסור באוניברסיטה העברית בירושלים. המחקר במעבדה שלי עוסק בתפיסה אודיטורית, למידה וזיכרון במבוגרים וילדים, ובאוכלוסיות מיוחדות – אנשים עם דיסלקסיה ואנשים עם אוטיזם. אנחנו משתמשים בניסויים התנהגותיים וגם מוזדים פעילות מוחית בעזרת EEG ו-fMRI. מטרת המחקר היא להבין את התהליכים הללו לעומק ולתאר אותם גם בצורה חישובית, הן עבור האוכלוסייה הרגילה והן באוכלוסיות המיוחדות

Hebrew version  
provided by

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

