

## עכשיו אתם רואים את זה ועכשיו לא: "לראות" דברים בלתי נראים

**Apoorva Rajiv Madipakkam, Karin Ludwig, Marcus Rothkirch, Guido Hesselmann**

המעבדה לתפיסה חזותית, המחלקה לפסיכיאטריה ופסיכותרפיה, קמפוס Charité Mitte, בית ספר Charité לרפואה, ברלין, גרמניה

### סוקרים צעירים

**DAREN**

גיל: 13



מה הייתם עושים אם הייתם רצים בפארק ביום חם וההורים שלכם היו מציעים לכם גלידה? ככל הנראה הייתם רצים אליהם בעוזכם בזהירות בגביע הגלידה הטעים, ומושיטים את ידיכם לקחת אותו מהם. אף על פי שזה מרגיש כמו דבר טבעי מאוד לעשות, זה דורש תיאום עדין בין תנועות ואיברי חישה שונים. אתם צריכים שהעיניים שלכם (חוש הראייה) יסתכלו על גביע הגלידה, שהזרועות שלכם תישלחנה קדימה (מערכת התנועה) ושהידיים שלכם (חוש המגע) יחזיקו את הגביע בצורה יציבה. זה נראה מובן מאליו שכדי להצליח להושיט יד ולתפוס משהו ראשית אנו צריכים להיות מסוגלים לראות ולדעת היכן אותו הדבר נמצא. באופן מפתיע, זה לא תמיד נכון.

### קליפת המוח הראייתית (Visual cortex)

קליפת המוח הראייתית היא אזור במוח אשר מקבל מידע שנשלח מהעיניים, ומעבד אותו. אזור זה, נוסף על אזורים אחרים, אחראי על היכולת שלנו לראות את הדברים שסביבנו.

ישנם אנשים שלא מסוגלים לראות כשעיניהם פקוחות. אף על פי שהאנשים האלה עיוורים, במקרים רבים אין שום דבר פגום בעיניים שלהם עצמן. במקום זאת התרחשה פגיעה בחלק במוח שמסייע להם לראות: **קליפת המוח הראייתית**. מה שמרתק הוא שאף על פי שהאנשים האלה אינם מסוגלים לראות, חלקם יכולים להושיט יד ולתפוס בצורה נכונה פריט מסוים, לעיתים קרובות יותר מאשר רק על ידי ניחוש מיקומו של הפריט. מה שאפילו מרתק יותר מכך הוא ניסוי שהראה כי אדם עם סוג העיוורון הזה יכול למצוא את דרכו במסדרון ארוך ולהימנע ממכשולים שמוצבים לאורך הדרך, בלי להשתמש במקל נחייה [1]. עושה רושם שהאנשים

## איור 1

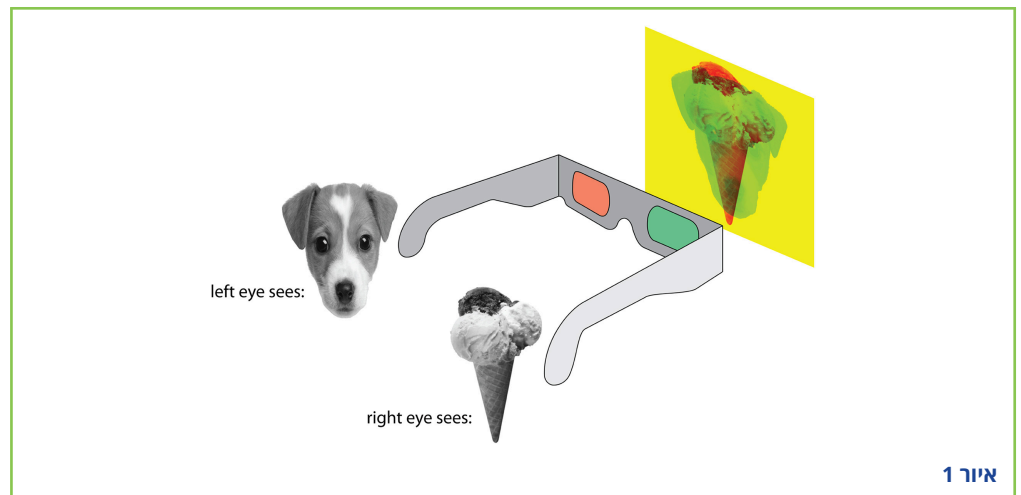
ישנן מגוון דרכים להראות לשתי העיניים תמונות שונות, כך שהעין השמאלית והעין הימנית יראו דברים שונים. כאן השתמשנו במשקפיים אדומים-ירוקים (שנקראים גם משקפי תלת-ממד). בשיטה זו צריך לייצר תמונה אחת ירוקה (הכלב במקרה הזה) ותמונה אחת אדומה (הגלידה במקרה הזה), ולערבב בין התמונות האלה. אתם יכולים לראות זאת בצד ימין של התמונה. אם אתם מסתכלים על תמונה זו דרך המשקפיים, הנייר האדום השקוף (במקרה זה: בעין השמאלית) מסנן את האור כך שהתמונה האדומה (הגלידה) אינה יכולה להגיע לעין השמאלית. הנייר הירוק השקוף מסנן את האור כך שהתמונה הירוקה (הכלב) אינה יכולה להגיע אל העין הימנית. זו הסיבה לכך שהעין השמאלית שלכם רואה את הכלב והעין הימנית שלכם רואה את הגלידה.

### ראייה עיוורת (Blindsight)

המונח מורכב משני הפכים, "עיוורון" ו-"ראייה". מתייחס לתופעה המשונה והמרתקת שבה חולים שהם "עיוורים", כלומר אינם מסוגלים לראות את העולם שסביבם באמצעות העיניים, כן "רואים" במובן זה שהם מסוגלים לזהות נכון את המיקום של פריטים שנמצאים בסביבתם ולהימנע ממכשולים שהם "בלתי נראים" עבורם. למסופלים עם ראייה עיוורת יש נזק בקליפת המוח הראייתית, אזור במוח שמסייע לראות. חקר ראייה עיוורת עוזר לחוקרים להבין אלה תהליכים במוח הכרחיים כדי שנוכל להיות מודעים למה שאנו רואים.

### מערכת הראייה (Visual system)

מערכת הראייה כוללת את העיניים ואת סביבת העצב האופטי, כמו גם כמה אזורים במוח שפועלים יחד בעיבוד של פריטים ויזואליים. מערכת הראייה מסייעת ליצור תמונה של העולם בהתבסס על המידע שמגיע אלינו דרך העיניים.



איור 1

האלה מסוגלים לחוש את הפריטים שהם בלתי נראים עבורם. מבחינה רפואית, התופעה הזו מכונה "ראייה עיוורת" [2].

משמעות הדבר היא שחלק מהאנשים עם חוש ראייה פגום יכולים לעיתים להתנהג כאילו שהם בעצם רואים את הדברים שסביבם, כמו אדם שראייתו תקינה. כיצד זה אפשרי? התיאוריה המקובלת היא שהמוח של האנשים האלה מצא דרכים אחרות לעבד את המידע על הפריטים האלה, שלא באופן הרגיל דרך מערכת הראייה. היכולת המופלאה הזו של המוח האנושי הובילה מדענים לשאול אם אנשים בריאים עם ראייה תקינה יכולים גם הם "לתקשר" עם פריטים שהם אינם יכולים לראות, כלומר שאינם מודעים אליהם.

השאלה החשובה היא כיצד אנו גורמים לדברים בלתי נראים עבור אנשים עם ראייה תקינה? באופן רגיל, העיניים השמאלית והימנית שלנו רואות כמעט את אותו הדבר (כל עוד שתיהן פקוחות, כמובן). שתי העיניים שלנו מקבלות בערך את אותה התמונה, שולחות את המידע הזה למוח והמוח מעבד את המידע באופן כזה שמאפשר לנו לראות את התמונה השלמה. אולם אנו גם יכולים להפריד את מה ששתי העיניים רואות ולגרום להן לראות דברים שונים, למשל באמצעות שימוש במשקפיים שמוצגים באיור 1. מה אתם חושבים שיקרה אם תראו את הכלב שלכם בעין שמאל ואת גביע הגלידה בעין ימין? אתם עשויים לחשוב שתראו שילוב של שתי התמונות האלה, כלומר חצי גלידה וחצי כלב. באופן מפתיע, זה לא מה שתראו! מה שאנו רואים במקרה כזה היא תמונה מתחלפת, פעם של גביע הגלידה ופעם של הכלב. זו תופעה שנקראת **יריבות דו-עינית** מאחר ששני ("דו") הקלטים השונים שמגיעים לעיניים ("עינית") מתחרים ("יריבות") על השליטה בראייה (התמונה שנראה בסופו של דבר).

באמצעות שימוש בשיטה שנקראת (continuous flash suppression CFS) ובתרגום חופשי לעברית: דיכוי מתמשך באמצעות הבזק, שמבוססת על אותו העיקרון כמו יריבות דו-עינית, אנו יכולים לגרום לפריטים להיות בלתי נראים עבור אנשים שיש להם ראייה תקינה. בשיטת ה-CFS מציינים לעין אחת תמונה מסוימת, שנקראת גם תמונת המטרה, בעוד שבאותו הזמן מציינים לעין השנייה תבניות צבעוניות מהבהבות. למשל, בדוגמה שהוצגה לעיל, עין

## ריבוב דו-עינית (Binocular rivalry)

ריבוב דו-עינית היא תופעה שמתרחשת כאשר העיניים שלכם רואות תמונות שונות. באיור 1, לדוגמה, העין השמאלית רואה כלב בעוד שהעין הימנית רואה גביע של גלידה. זה גורם לכך שנראה לסירוגין את התמונה הראשונה ואת התמונה השנייה. מקור המונח משני ("דו") הקלטים השונים שמגיעים לעיניים ("עינית") ומתחרים ("ריבוב") אחד בשני ביחס לתמונה שתיראה בפועל.

## דומיננטיות עינית (Eye dominance)

לבני אדם יש שתי עיניים, ובדיקת כפי שאנו ימניים או שמאליים בידיים, אנו גם ימניים או שמאליים בעיניים (אף על פי שאין קשר בין היד החזקה לעין החזקה). משמעות הדבר היא שאחת העיניים שלנו גדלה להיות חזקה יותר מהאחרת, כך שגם כאשר שתי העיניים פקוחות עדיין התמונה שנצפית על-ידי העין ה"דומיננטית" מקבלת משקל גדול יותר מאשר התמונה מהעין ה"חלשה". ההבדל הזה בחוזק בין העיניים לא ניתן להבחנה ואינו משמעותי בדרך כלל מאחר שהעין השמאלית והעין הימנית שלנו רואות באופן רגיל כמעט את אותו הדבר. אולם אנו מתחילים להרגיש בהבדלים כאשר אנו מפרידים את התמונות שכל עין מקבלת, כמו בניסוי שתיארנו במאמר. לכן, אם לדוגמה העין הדומיננטית (חזקה) שלכם רואה את התבניות המהבהבות והעין הלא דומיננטית (העין השנייה) רואה את הגלידה, ייקח זמן רב יותר עד שתראו את הגלידה מאחר שהמידע שמגיע מהעין הדומיננטית (התבניות המהבהבות) מתועדף ומעובד קודם על-ידי המוח. אחרי זמן מה המוח מתחיל לעבד את המידע שמגיע מהעין השנייה, וזה הזמן שבו אנו יכולים לראות סופסוף את הגלידה הטעימה! אם לעומת זאת הייתם מרכיבים משקפיים כך שהעין החזקה שלכם הייתה רואה את הגלידה והעין החלשה שלכם הייתה רואה את התבניות, ייתכן שהגלידה אף פעם לא הייתה בלתי נראית לחלוטין עבורכם (כלומר שכל הזמן הייתם רואים אותה במידה כלשהי).

אחת רואה תמונה של גלידה ועין שנייה רואה תבניות צבעוניות מהבהבות (במקום הכלב). במקרה כזה, מאחר שהתבניות הצבעוניות מהבהבות ומשתנות, והתמונה של הגלידה היא סטטית ולא משתנה, ומאחר שהמוח שלנו רגיש במיוחד לשינויים, מה שאנו רואים בסופו של דבר (במרבית הזמן) זה את התבניות הצבעוניות המשתנות (אשר מהוות את התמונה הדומיננטית).

התשובה לשאלה איזו תמונה תהיה דומיננטית (התבניות המהבהבות או הגלידה) תלויה גם ב**דומיננטיות העינית**. אולם זיכרו: תמונת המטרה (הגלידה במקרה שלנו) מוצגת לאחת העיניים, והעין הזו, כמו גם אזורים מסוימים במוח, עדיין מקבלים את המידע מהגלידה. הגלידה פשוט הופכת לבלתי נראית בגלל התבניות המהבהבות, כך שאיננו מודעים אליה. מדענים יכולים להשתמש בשיטה זו כדי לגרום לדברים להיות בלתי נראים למספר שניות [3]. זה יכול לסייע להם לחקור את עיבוד המידע אצל אנשים עם ראייה תקינה אשר בדרך כלל רואים פריטים באופן רגיל, לפני שהם נעשים מודעים למידע הראייתי עצמו.

ניצד שיטת ה-CFS קשורה לתופעה של "ראייה עיוורת" שהזכרנו קודם לכן? זיכרו ש-CFS היא שיטה, וראייה עיוורת היא תופעה. ראייה עיוורת אובחנה לראשונה אצל מטופלים עם נזק בקליפת המוח הראייתית. כדי לחקור אם ראייה עיוורת מתרחשת גם אצל אנשים ללא נזק מוחי, נדרשות שיטות שגורמות להם לגירוי ראייתי. שיטה אחת כזאת היא CFS. אולם חשוב מאוד להבחין בכך שהפריטים אשר נהפכים לבלתי נראים באמצעות ה-CFS יכולים עדיין להיות מעובדים על-ידי קליפת מוח ראייתית תקינה, ובשלב כלשהו להפוך לנראים. פריטים שמוצגים למטופלים עם ראייה עיוורת נשארים בלתי נראים עבורם מאחר שקליפת המוח הראייתית שלהם פגועה.

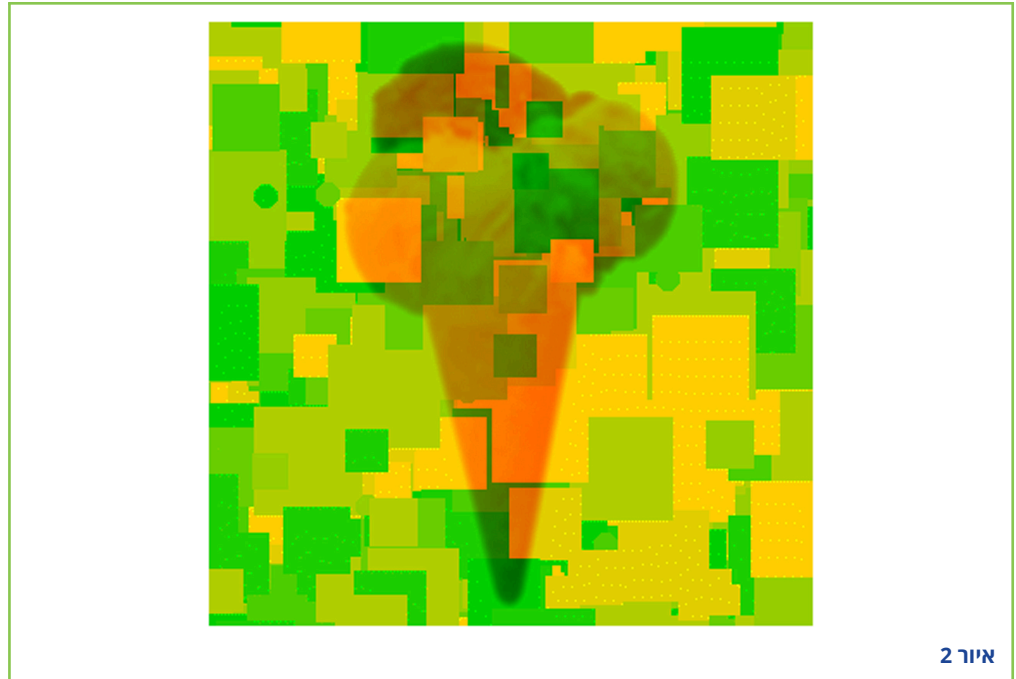
אתם יכולים לנסות בעצמכם את שיטת ה-CFS בעזרת איור 2 וזוג משקפי תלת-ממד. תוכלו להכין בעצמכם משקפי תלת-ממד באמצעות קרטון, זוג מספריים וניירות אדומים וירוקים שקופים. כל מה שאתם צריכים לעשות זה לצייר על קרטון תמונה של המשקפיים שלכם (במידה שמתאימה לפנים שלכם), לגזור אותה ולעשות שני חורים לעיניים. הדביקו את הנייר האדום השקוף לחור של עין אחת ואת הנייר הירוק השקוף לחור של העין השנייה, כמו שרואים באיור 1, ויהיו לכם משקפיים מיוחדים משלכם.

נעת, משהזכרנו את השיטה שגורמת לדברים להיות בלתי נראים עבור אנשים עם ראייה רגילה ותקינה, אנו יכולים לחקור אם הם יכולים עדיין לעבד מידע ולהגיב לתמונה הבלתי נראית הזו שמוסתרת מאחורי התבניות המהבהבות. בניסוי אחד השתמשנו במצלמת וידיאו והקלטנו את תנועות העיניים של המשתתפים בזמן שהם חיפשו את התבנית הנסתרת. עובדה מעניינת על מערכת הראייה שלנו היא שהעיניים שלנו מבצעות בכל שנייה כמה תנועות סריקה מהירות אשר נקראות **סקאדות**. האם אתם יכולים לנחש מה ראינו כשהמתנדבים שלנו היו צריכים לחפש את התבנית הנסתרת?

באופן מדהים, מצאנו שאף על פי שהמתנדבים אמרו שאינם יכולים לראות את התבנית ואפילו לא יכולים לנחש היכן היא נמצאת, תנועות העיניים שלהם היו מכוונות לעיתים קרובות למקום שבו נמצאה התבנית! [4]. בדרך כלשהי, למרות שהתבנית הייתה בלתי נראית עבור המתנדבים, נדמה שהם היו מסוגלים להשתמש במידע הזה. הניסוי הזה מספק ראיות לכך שבני אדם עם ראייה תקינה יכולים לעבד מידע מסוים בלי להיות מודעים אליו לחלוטין. אולם

## איור 2

דוגמה לאופן שבו פועלת שיטת CFS. מה אתם יכולים לראות בתמונה כשאתם מרכיבים את המשקפיים המיוחדים שלכם? (ייתכן שייקח קצת זמן עד שתבחינו במשהו מעבר לתבנית המהבהבת. אם כעבור כמה דקות אתם עדיין רואים רק את התבנית המהבהבת, נסו לסגור את עין ימין שלכם ולראות את הפריט הנסתר). שימו לב: כדי להיות מסוגלים באמת להעריך את ההדגמה הזו וכדי שהיא תעבוד כראוי, צריך להתבונן בתמונה דרך מחשב או דרך מכשיר אחר שיכול להציג את האנימציה של תמונה מסוג gif. המלבנים והעיגולים הקטנים צריכים לזוז. לחצו על התמונה כדי לראות אותה ברשת.



איור 2

## מצאו את העין הדומיננטית שלכם

הנה ניסוי פשוט שיאפשר לכם למצוא איזו עין היא העין הדומיננטית שלכם. ציירו מעגל עם האגוזל והאצבע המורה שלכם, והתמקדו בפריט שנמצא על הקיר, או במרחק רב מכך. הסתכלו על הפריט עם שתי עיניים פקוחות ומקמו אותו בתוך מעגל האצבעות שלכם. כעת, הסתכלו על הפריט וסגרו ראשית את העין השמאלית בלבד ואז את העין הימנית. אם הפריט קופץ מחוץ למעגל כשאתם סוגרים את העין השמאלית שלכם, אזי העין הדומיננטית. אם הפריט קופץ החוצה כשאתם סוגרים את עין ימין משמע שהיא הדומיננטית.

## סקאדות (Saccades)

סקאדות הן תנועות מהירות מאוד שהעיניים מבצעות. בזמן שאתם קוראים את הטקסט הזה העיניים שלכם קופצות ממילה למילה; הקפיצות האלה הן הסקאדות. אנו מבצעים כמה סקאדות בכל שנייה. אולם מרבית התנועות האלה מתרחשות בלי שנשים לב לכך, והן מכוונות כלפי פריטים אשר תופסים את תשומת הלב שלנו.

האם אנו יכולים גם לתפוס פריט שהוא בלתי נראה עבורנו, כמו שלמדנו שאנשים עם ראייה עיוורת יכולים לפעמים לעשות?

בקבוצת ניסויים אחרת השתמשו ב-CFS כדי לגרום לפריטים להיות בלתי נראים, ומתנדבים התבקשו לתפוס את הפריטים הבלתי נראים האלה. בעוד שאחת מקבוצות המדענים הראתה שאנשים מסוגלים להושיט יד ולתפוס פריטים בלתי נראים (למרות שבצורה הרבה פחות טובה מאשר אם הם היו רואים את הפריטים) [5], אנו מצאנו שאנשים בריאים אינם יכולים לתפוס בצורה נכונה פריטים בלתי נראים [6].

מה הממצאים האלה אומרים לנו? ראשית, שלא כל הניסויים במדע מספקים את אותן התוצאות. האופן שבו ניסוי מבוצע הוא בעל חשיבות מכרעת. לעיתים אפילו שינויים קטנים במערך הניסוי יכולים לגרום לשינויים גדולים בתוצאות שלכם, וחלק ממה שמדענים עושים הוא לנסות להסביר את ההבדלים האלה. זה גם אומר לנו שמדע הוא תחום שבו אנשים מדברים אחד עם השני על הממצאים שלהם, ושאיפילו אם תוצאת ניסוי היא שונה ממה שציפיתם, עדיין למדתם משהו חדש בתהליך. תחום המחקר של עיבוד מידע בלתי נראה אצל אנשים בריאים הוא רחב מאוד, ויש עוד הרבה מה לגלות בו. לכן, אף על פי שהגענו רחוק ואנו יודעים לא מעט על עיבוד של מידע בלתי נראה אצל אנשים בריאים, איננו יודעים (עדיין) אם אנו יכולים לתפוס את גביע הגלידה הזה שאיננו מסוגלים לראות באופן מודע. לבסוף, כדי לגבש רעיון במדע כך שתוכלו לקרוא עליו בספרי הלימוד שלכם, הוא צריך להיתמך שוב ושוב על-ידי עבודות של קבוצות מחקר שונות. ומי יודע, אפילו אחרי כל זה, יכול להיות שתחשבו על תיאוריה חדשה אחרת שתוכלו לבחון באמצעות ניסוי משלכם.

## מקורות

1. De Gelder, B., Tamietto, M., van Boxtel, G., Goebel, R., Sahraie, A. van den Stock, J., et al. 2008. Intact navigation skills after bilateral loss of striate cortex. *Curr. Biol.* 18(24):R1128–9. doi: 10.1016/j.cub.2008.11.002
2. Stoerig, P., and Cowey, A. 2007. Blindsight. *Curr. Biol.* 17(19):R822–4. doi: 10.1016/j.cub.2007.07.016
3. Sterzer, P., Stein, T., Ludwig, K., Rothkirch, M., and Hesselmann, G. 2014. Neural processing of visual information under interocular suppression: a critical review. *Front. Psychol.* 5:453. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00453
4. Rothkirch, M., Stein, T., Sekutowicz, M., and Sterzer, P. 2012. A direct oculomotor correlate of unconscious visual processing. *Curr. Biol.* 22(13):R514–5. doi: 10.1016/j.cub.2012.04.046
5. Roseboom, W., and Arnold, D. H. 2011. Learning to reach for 'invisible' visual input. *Curr. Biol.* 21(13):R493–4. doi: 10.1016/j.cub.2011.05.036
6. Ludwig, K., Sterzer, P., Kathmann, N., Franz, V. H., and Hesselmann, G. 2013. Learning to detect but not to grasp suppressed visual stimuli. *Neuropsychologia* 51(13):2930–8. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2013.09.035

פורסם אונליין: 21 בדצמבר 2018

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

**ציטוט:** Madipakkam AR, Ludwig K, Rothkirch M and Hesselmann G (2018) עכשיו אתם רואים את זה ועכשיו לא: "לראות" דברים בלתי נראים. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2015.00004-he

### תורגם והותאם:

Madipakkam AR, Ludwig K, Rothkirch M, and Hesselmann G (2015) Now you see it, now you don't: interacting with invisible objects. *Front. Young Minds.* 3:4. doi: 10.3389/frym.2015.00004

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

**COPYRIGHT** © Madipakkam, Ludwig, Rothkirch and Hesselmann 2015. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתיקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה). השימוש, ההפצה או ההעתיקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

## סוקרים צעירים

### DAREN, גיל: 13

לומד בכיתה ז' ובן למשפחה אקדמית (סבו הוא נירופיזיולוג ולאימו יש דוקטורט בהנדסת חשמל). הוא נהנה ממדע, ממשחקי מחשב, מנגינה על גיטרה ומאימון בטקוואנדו כחגורה שחורה דאן 1 (הדרגה הראשונה של חגורה שחורה). דארן גם מנגן בקונטרבס, מפליג, מסיף וכותב. הוא קיבל מסבא שלו השראה לעסוק במדע.

## הכותבים

### APOORVA RAJIV MADIPAKKAM

אני מתעניינת באופן שבו מוחות מעבדים מידע חברתי בלתי מודע כמו מבטי עיניים. אני רוצה להבין מה קורה במוח של אנשים שמתקשים לעבד מידע כזה. מחוץ למעבדה אני אוהבת לשחות ובעיקרון כל סוג של ספורט, כמו גם אפייה.

### KARIN LUDWIG

מאז שקיבלתי בתור ילדה ספר על אשליות אופטיות התעניינתי באופן שבו אנו רואים את העולם סביבנו. כיום, המחקר שלי מתמקד באופן שבו מידע ראייתי מעובד במוחות שלנו כך שבסופו של דבר מתקבלת חוויה ראייתית מודעת. מלבד מחקר אני אוהבת לטייל, לעשות סקי, לשיר במקלה ולקרוא.

### MARCUS ROTHKIRCH

אני פסיכולוג ואני מתעניין במציאת מה מניע אנשים להתנהג בצורה מסוימת. אני סקרן במיוחד לגבי התנהגות אנושית כשאנשים לא מודעים לפריטים שגורמים להתנהגות המסוימת שלהם (לדוגמה, שטר דולר בלתי נראה). עבור המחקר שלי אני משתמש בשיטות כמו דימות מוחי ומעקב תנועות עיניים.

### GUIDO HESSELMANN

אני פסיכולוג שמתמקד במדעי המוח של הקוגניציה ובתפיסה חזותית. מאז שלמדתי ממנחה הדוקטורט שלי באוניברסיטה על תופעת "מצמוץ קשבי", (attentional blink) תופעה שבה נחשפים בזמן קצר מאוד לשני גירויים ראייתיים אחד אחרי השני, כך שלא ניתן לזהות באופן מודע את הגירוי השני, נהייתי מרותק מראייה מודעת ובלתי מודעת. כשאיני עוסק במדע אני אוהב לרכוב על האופניים שלי ולטפל בהם.



Hebrew version  
provided by

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

