



כיצד אנחנו שמים לב

George R. Mangun*

המרכז לתודעה ולמוח, אוניברסיטת קליפורניה, דייזיס, דייזיס, קליפורניה, ארצות הברית

כיצד אתם מסוגלים להתרכז בשיעורי הבית שלכם כשאחותכם רצה ברחבי החדר ורודפת אחרי כלב? המוח שלכם מסייע לכם לעשות זאת, על ידי שינוי עוצמת המראות והצלילים שמגיעים מהמשחק מסיח הדעת של אחותכם. אותות חישתיים שנכנסים למוח שלכם דרך העיניים והאוזניים צריכים להיות מעובדים באזורי החישה במוח, ומערכת הקשב (תשומת הלב) מסייעת לכם לנהל את המידע החושי כך שהמידע החשוב ביותר מעובד בעדיפות הגבוהה ביותר. מדענים יכולים לרשום אותות חשמליים במוח כדי להראות שהפניית קשב משנה את עוצמת האותות. הדבר המדהים לגבי היכולת שלכם לסנן מידע חושי הוא נשמה שאתם רוצים או צריכים לראות ולשמע הוא בדרך כלל מה שאתם רואים ושומעים. לכן, המוח שלכם לא רשם כל דבר שקורה סביבכם כמו מצלמת וידאו – במקום זאת, הוא מסייע לכם להגביל את התפיסה שלכם לדברים החשובים ביותר.

עכשו אתם רואים, ועכשו לא

כשהייתי ילד, אבא שלי אהב לשכב על הרצפה ולראות טלוויזיה. לפעמים האחים שלי או אני היינו שואלים אותו שאלה על משהו בתוכנית, אולם הוא לא היה עונה לנו. היינו אומרים "אבא...!", "אבא...!", "אבא-א!", אולם נראה היה שהוא לא שומע. היינו רצים ומתחילים לנופף

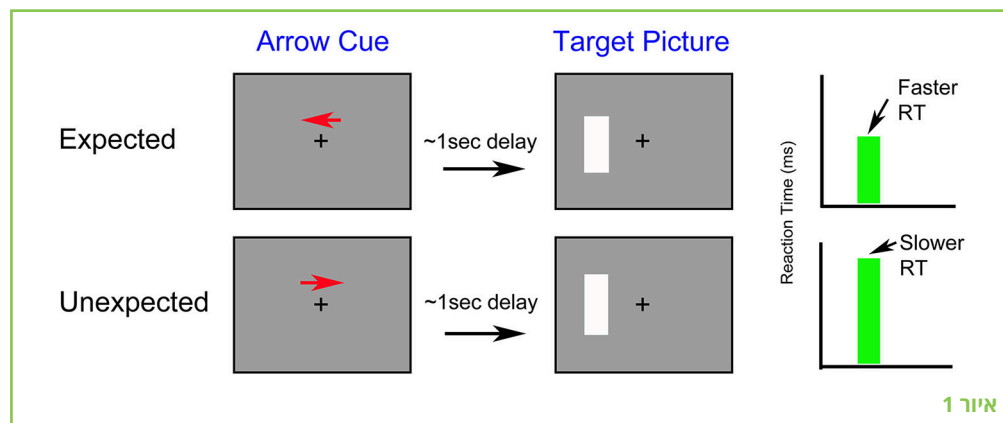
סוקרים צעירים

DUKE
UNIVERSITY
NEURO-
SCIENCES
CAMP
גיל: 17-15



איור 1

כיצד קשב משפיע על זמן תגובה? ארבע התיבות האפורות מייצגות צני מחשב. בשורה העליונה, כאשר המשתתפים מסתכלים על סימן הפלוס במרכז המסך, מופיע חץ מָרְמָז שמצביע לכיוון שמאל. אחרי עיכוב של כשנייה אחת, תמונת המטרה (ריבוע לבן) מופיעה במיקום המצופה (צד שמאל של המסך). בלי להסיט את המבט מסימן הפלוס, המשתתפים צריכים ללחוץ על כפתור הכי מהר שהם יכולים, אולם לא לפני שתמונת המטרה מופיעה. כאשר החץ חוזר את מיקום המטרה, זמן התגובה ללחיצת כפתור הוא מהיר יחסית (עמודה ירוקה בחלק הימני העליון של הגרף). כאשר החץ חוזר לא נכון את מיקום המטרה, כפי שניתן לראות בשורה התחתונה, זמן התגובה איטי יותר (עמודה ירוקה בתחתית הגרף).



לו, והוא עדיין לא היה מגיב עד שהיינו מתמקמים בינו לבין הטלוויזיה, ואז הוא היה צוחק ושואל אותנו מה אנחנו רוצים.

יום אחד (כשהוא לא צפה בטלוויזיה) שאלתי את אבא שלי מדוע הוא לא שמע או ראה אותנו עד שהיינו ממש מולו, והתשובה שלו הייתה ברורה – הוא אמר שהוא פשוט שם לב למשהו מעניין בתוכנית הטלוויזיה. באותו הזמן, לא הבנתי כיצד הקולות החזקים שלנו לא משכו את תשומת ליבו, אולם כיום, כמה עשורים מאוחר יותר, אני מתחיל להבין. במוח יש מנגנונים חזקים שמאפשרים לנו למקד את הקשב שלנו בדברים מסוימים (כמו למשל סדרת טלוויזיה), ולמנוע רעשים או מראות מסיחיות (כמו ילדים שצועקים ומנופפים). אנו קוראים ליכולת של אורגניזמים לשים לב למידע רלוונטי בשם **קשב סלקטיבי** [1], ואנו יודעים הרבה על האופן שבו המוח מבצע זאת.

מדידת קשב במעבדה

קשב סלקטיבי (Selective Attention)

היכולת של אורגניזם לשים לב לאירועי החישה החשובים ביותר, למחשבות, או לפעולות, בעודו מתעלם מאירועים פחות חשובים או מסיחים.

זמן תגובה (Reaction Time)

כמה זמן לוקח לאדם ללחוץ על כפתור אחרי שמהו מתרחש. זמן תגובה נמדד לעיתים קרובות במילישניות, או אלפיות השנייה.

כיצד אנו יכולים למדוד משהו שמתרחש בתוך המוח שלנו, כמו יכולתנו להפנות קשב? המדען מייקל פוזנר פיתח כלי עוצמתי למדידת קשב ויזואלי (ראייתי), שהוא הקשב שאנו מפנים לדברים שאנו רואים [2]. הוא גרם לתלמידי קולג' לבצע מבחן פשוט, שבו הם צפו במסך מחשב, ושמרו על העיניים שלהם ממוקדות בסימן פלוס במרכז המסך. תמונות חלפו במהרה על המסך (תמונות פשוטות כמו עיגולים או ריבועים), והסטודנטים היו צריכים ללחוץ על כפתור כמה שיותר מהר, ברגע שהם ראו את התמונות. באופן הזה, פוזנר יכל למדוד את **זמני התגובה** שלהם (הזמן שבין הופעת התמונה ללחיצת הכפתור). אולם הוא גם עשה משהו נוסף – לפני חשיפת כל תמונה, הוא נתן לסטודנטים מידע חשוב על המקום במסך שבו התמונה צפויה להופיע. הוא השתמש בחץ פשוט כדי להצביע אם התמונה תהיה בצד ימין או שמאל של המסך (איור 1). אולם כ-10% מהזמן החץ הטעה את הסטודנטים. כיצד זה השפיע על זמן התגובה?

פוזנר מצא שכאשר החץ חָזָה נכון את מיקום התמונה, לסטודנטים היו זמני תגובה מהירים יותר מאשר כשהחץ ומיקום התמונה לא תאמו זה לזה. ההבדל בזמן התגובה כאשר התמונה הופיעה היכן שהחץ חזה לעומת המקרה שהופיעה במהופך לחיזוי החץ, הוא מדד לזמן התגובה של קשב ויזואלי. במטלה שתוארה כאן, הסטודנטים שמו לב לתמונה במיקום מרחבי אחד (מיקום צפוי) והתעלמו ממיקומים אחרים (מיקום לא צפוי). לכן אנו קוראים לכך "תשומת לב מרחבית",

כדי להבחין בינה לבין מצבים שבהם הצבע או הצורה של אובייקט מגדירים את חשיבותו, ולא המיקום המרחבי שלו.

פעילות מוחית בזמן הפניית קשב

אם כן, מה בדיוק קורה במוח שגורם לזמני תגובה מהירים יותר עבור התמונות הצפויות בפעילות שתיארנו לעיל? בבני אדם, שיטה חזקה אחת שמשמשת לבחון מה קורה בתוך המוח היא לרשום את הפעילות החשמלית שמיוצרת על ידי המוח כשהוא פעיל. תאי מוח (נוירונים) שולחים מידע אחד לשני באמצעות אותות חשמליים קטנים. האותות החשמליים הזעירים האלה יכולים לזרום למעלה דרך הרקמות ודרך הגולגולת והקרקה, שם ניתן לרשום אותם באמצעות אלקטרודות (דיסקים מתכתיים קטנים) שמחוברות לקרקפת. מכשירים חשמליים שנקראים מֶגְבְּרִים, מחזקים את האותות הקטנים כך שנוכל לצפות בהם בקלות רבה יותר. השיטה הזו נקראת **אלקטרואנצפלוגרפיה (EEG)**, או אותות (EEG).

אלקטרואנצפלוגרם (EEG - Electroencephalogram)

רישום של האותות החשמליים במוח, מתבצע על ידי אלקטרודות שממוקמות על הגולגולת.

פוטנציאל קשור-אירוע (ERP - Event-related Potential)

פוטנציאל קשור-אירוע הוא אות חשמלי במוח שנמדד מהגולגולת ונקבע מ-EEG באמצעות שיטות של מיצוע אותות. כפי שהשם מרמז, פוטנציאל קשור-אירוע משקף את הפוטנציאל (האות החשמלי) שקשור לאירוע, כמו למשל להופעה של תמונת מטרה.

אות ה-EEG מיוצר על ידי פעילות של אלפי או מיליוני נוירונים במוח, ומכיל הרבה אותות חשמליים שונים שמגיעים ממגוון אזורים במוח בכל רגע נתון. לדוגמה, אותות EEG יכולו פעילות חשמלית שקשורה לראיית הריבוע הלבן שמוצג באיור 1, אולם הם גם יכולו אותות אחרים, כמו אלה שמייצגים את תגובת המוח לכל צליל שהאדם שומע בעת ביצוע המטלה (כמו למשל מוזיקה או שיחה שמתרחשת ברקע). לכן, מדענים צריכים להשתמש בשיטה חכמה, שנקראת **מיצוע** אותות, כדי להבין אלו אותות חשמליים מגיעים מראיית הריבוע. זה נעשה באופן מופרד עבור הריבועים שמוצגים במיקומים הצפויים והבלתי צפויים. האות החשמלי המסוים עבור הפעילות הנחקרת נקרא **פוטנציאל קשור-אירוע (ERP)**. בואו נפרק את המונח הזה: ב-EEG אנו מסתכלים על פוטנציאלים חשמליים שקשורים לאירוע מסוים שנחקר – הופעת הריבוע הלבן [3]. לשם פשטות, אנו מתייחסים ל-ERP האלה כאל גלי מוח.

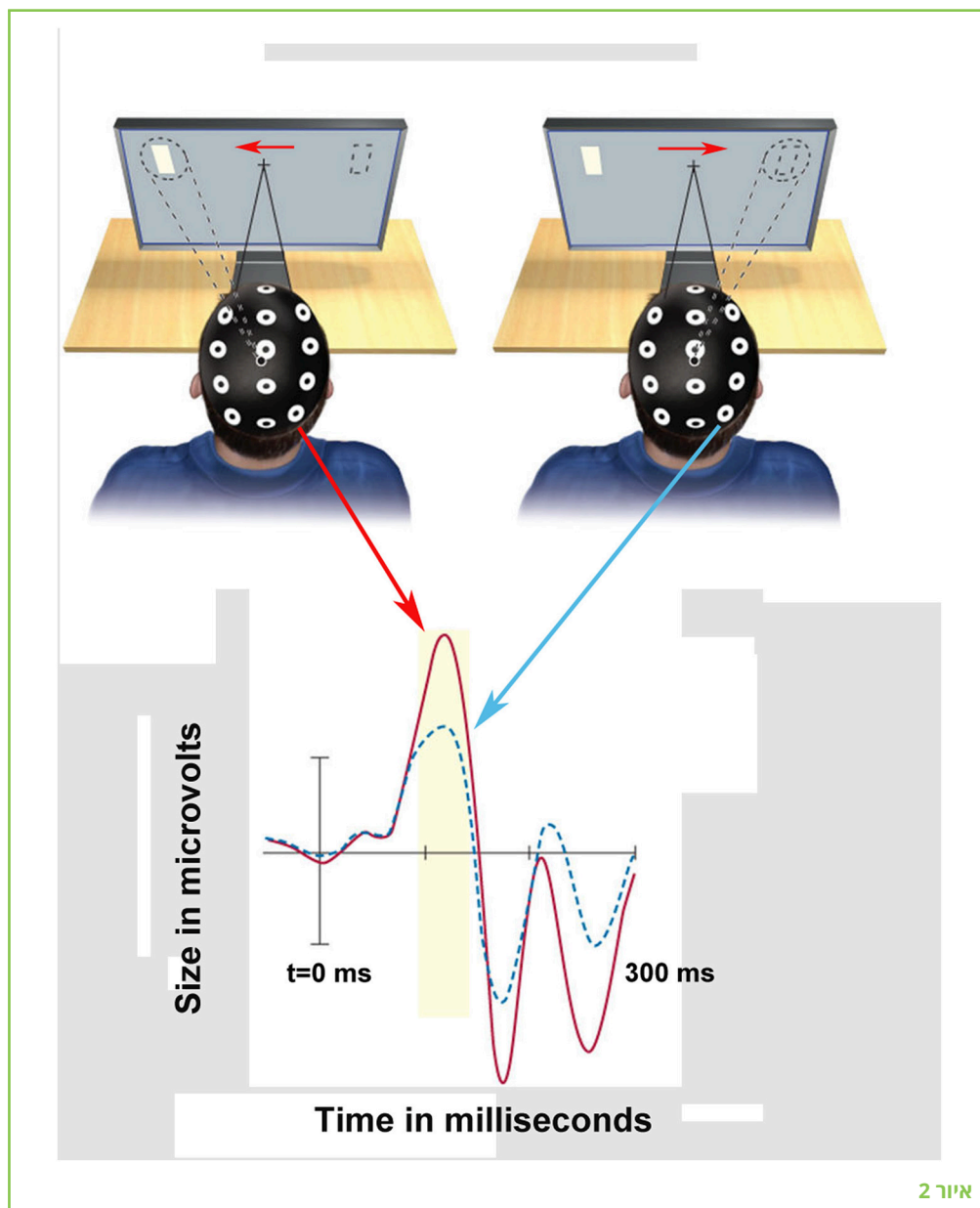
מאז עבודתם של מדענים כמו רוברט איסון וסטיבן היליארד בשנות ה-1970 [4, 5] היה ידוע שגלי המוח שמתרחשים בתגובה לאירועים ויזואליים ושמיעתיים משתנים כתלות באם האדם שם לב למראה או לצליל, או מתעלם מהם. בניסוי שתיארנו, ראינו שגלי המוח היו גדולים יותר עבור תמונת המטרה כאשר היא הופיעה במיקום הצפוי מאשר כשהיא הופיעה במיקום הלא צפוי (איור 2). משמעות הדבר היא שלנוירונים הוויזואליים במוח הייתה תגובה חשמלית גדולה יותר כאשר משתתפי המחקר שמו לב למיקום הצפוי כשהמטרה הופיעה. אם כן, האותות החישייתיים שאנו שמים לב אליהם מוגברים במוח, ואלה שאיננו שמים לב אליהם מונמכים, כמו הגברה או הנמכה של עוצמת השמע ברדיו [6]. כפי שאולי ניחשתם, תמונת המטרה שמייצרת תגובת מוח גדולה יותר גם מובילה לזמן תגובה מהיר יותר. ייתכן גם שניחשתם כי גלי המוח שמתרחשים כאשר מפנים את הקשב למשהו הם מהירים יותר, מה שמוביל לזמני תגובה תנועתיים מהירים יותר, אולם זה לא הממצא כאן. במקום זאת, אותות מוחיים גדולים וחזקים יותר, ולא מהירים יותר, הם אלה שמובילים לזמני תגובה מהירים יותר. מדוע? טוב, אנו מאמינים שמשמעות האותות החשמליים הגדולים יותר היא שהמוח מעבד את התמונה בצורה מוגברת, ושהאות הגדול הזה מייצר תגובה מוחית חזקה שיכולה לאחר מכן להוביל לעיבוד מהיר יותר במוח, וגם לתנועות מהירות יותר, מה שמקצר את זמן התגובה.

איור 2

מדדת גלי מוח

במטלת קשב. למעלה: כמו

באיור 1, החץ מצביע על מיקום חזוי של מלבן לבן שיופיע כשנייה מאוחר יותר. בתגובה לחץ, המשתתפים מסיטים את תשומת הלב שלהם למיקום הצפוי (קווים שחורים מקווקווים), בזמן שהם שומרים על עיניהם ממוקדות בסמן הפלוס (קווים שחורים מלאים). **למטה:** גלי המוח שמופיעים בתגובה למטלה נקבעים על ידי מיצוע של EEG, ואז מצוירים על המסך. הגרף מראה את עוצמת האות החשמלי במוח (ציר y) על פני הזמן (ציר x). "t=0" מראה את הזמן שבו המלבן הופיע על המסך. הקווים המשתנים הם גלי המוח, והם מראים תגובה חשמלית גדולה יותר (ביחידות של מיקרו-וולטים, או אלפיות הוולט) ביחס למלבן כאשר המשתתפים מפנים קשב למיקום שבו מופיע (קו אדום) בהשוואה למקרה שבו הקשב של המשתתפים מופנה לצד ימין (קו כחול מקווקו), ולכן הם מתעלמים מתמונת המטרה שמשמאל.



איור 2

מה זה אומר על האופן שבו אנו מסוגלים לשים לב?

בואו נסתכל על המקרה של אבא שלי שצופה בטלוויזיה, שבו השתמשתי בתחילת המאמר. בעוד שהוא מיקד את תשומת הלב שלו בתמונות שעל מסך הטלוויזיה, המוח שלו הגביר את התגובות הוויזואליות (והשמיעתיות) לתוכנית הטלוויזיה, והחליש את הקולטים האחרים שהוא לא התעניין בהם באותו הזמן. לכן, כאשר האחים שלי ואני שאלנו אותו שאלות, הסיבה לכך שנראה היה שהוא לא ראה או שמע אותנו היא שהאותות במוח שלו שנוצרו כתוצאה מהקולות ומהפרצופים שלנו דוכאו, מאחר שהקשב שלו היה ממוקד בטלוויזיה. כעת, שנים רבות מאוחר יותר, אנו יכולים להיות רגועים ובטוחים בכך שאבא שלנו אהב אותנו ולא העמיד פנים שאינו רואה או שומע אותנו, מאחר שהמדע הסביר מדוע הוא לא הגיב מייד – מערכת הקשב במוח שלו ביצעה את תפקידה, וסייעה לו להתמקד באופן אינטנסיבי בתוכנית הטלוויזיה המעניינת. כשאתם ממקדים את הקשב שלכם במשהו, המוח שלכם עושה את אותו הדבר – הוא משנה

את עוצמת המראות והצלילים (והמגע, הריחות והטעמים) בעולם, כדי לסייע לכם לעשות עבודה טובה, מה שהיא לא תהיה.

מדוע זה חשוב?

חשבו על זה לרגע – האם אתם באמת קולטים את כל מה שנמצא מולכם? נסו לחפש במגירה עמוסה ולמצוא את מה שאתם צריכים – האם זה קל? אם אתם צריכים ללמוד לבחינה, האם זה מסייע או מפריע כשיש מוזיקה רועשת, טלוויזיה, או הסחות דעת אחרות? קֶשֶׁב הוא תפקוד מוחי בסיסי שבני אדם (וחיות) זקוקים לו כדי לבצע מטלות ביעילות, וכדי שיוכלו ללמוד ולשרוד בעולם שעלול להיות מסוכן. קֶשֶׁב מאפשר לכם להתמקד בדברים החשובים ביותר בזמן הנכון כדי למנוע מהסחות דעת להוביל לאסון, והמוח פיתח שיטות עוצמתיות במטרה לעשות בדיוק את זה. המנגנונים האלה התפתחו בשלב מוקדם באבולוציה, לא רק ביונקים או בבני אדם, אלא גם באורגניזמים פשוטים. במהלך האבולוציה, המנגנונים האלה נעשה מדויקים ועוצמתיים יותר יותר, וסייעו לבני אדם להתמקד במה שהכי חשוב באותו הרגע. בין אם עבור מעקב אחרי טרף, או מיקוד בשאלה מאתגרת בבחינה, קֶשֶׁב נמצא שם כדי לסייע לנו להצליח.

הבנת האופן שבו המוח מאפשר קֶשֶׁב סלקטיבי חשובה גם לטיפול בלקויות מסוימות, כמו למשל הפרעת קֶשֶׁב, אשר משפיעה על חלק משמעותי מהאוכלוסייה וגורמת ליכולת מופחתת להתמקד ולמנוע הסחות דעת. לקויות רבות אחרות גם מערבות בעיות בקֶשֶׁב, ולכן מדענים ורופאים צריכים להבין את פרטי הפעולה של מערכת הקֶשֶׁב במוח, במטרה לפתח טיפולים ולתקן צורות רבות של בעיות קֶשֶׁב שאנשים עשויים לחוות.

מקורות

1. Posner, M. I. 2008. Measuring alertness. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1129:193–9. doi: 10.1196/annals.1417.011
2. Posner, M. I., Snyder, C. R., and Davidson, B. J. 1980. Attention and the detection of signals. *J. Exp. Psychol.* 109:160–74.
3. Luck, S. J., Woodman, G. F., and Vogel, E. K. 2000. Event-related potential studies of attention. *Trends Cogn. Sci.* 4:432–40. doi: 10.1016/s1364-6613(00)01545-x
4. Van Voorhis, S., and Hillyard, S. A. 1977. Visual evoked potentials and selective attention to points in space. *Percept. Psychophys.* 22:54–62.
5. Eason, R., Harter, M., and White, C. 1969. Effects of attention and arousal on visually evoked cortical potentials and reaction time in man. *Physiol. Behav.* 4:283–9.
6. Mangun, G. R., and Hillyard, S. A. 1991. Modulations of sensory-evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual-spatial priming. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 17:1057–74.

פורסם אונליין: 07 במרץ 2022

נערך על ידי: Gideon Poul Caplovitz

מנחה מדעי: Anna Smith

Front. Young Minds. (2022) Mangun GR (2022) כיצד אנחנו שמים לב. **ציטוט:** Mangun GR (2022) כיצד אנחנו שמים לב. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2020.00029-he

Mangun GR (2020) How We Pay Attention. Front. Young Minds 8:29. **תורגם והותאם:** Mangun GR (2020) How We Pay Attention. Front. Young Minds 8:29. doi: 10.3389/frym.2020.00029

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

COPYRIGHT © 2020 © Mangun 2022. 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

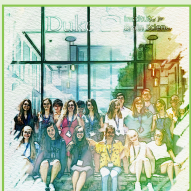
DUKE UNIVERSITY NEUROSCIENCES CAMP, גיל: 15-17

Duke University Neurosciences Camp הוא חלק מתוכניות הנוער של דיוק. אנו מקבלים בקשות מתלמידי תיכון בכל רחבי העולם. כל אחד יכול להצטרף, ולא נדרש ניסיון קודם. הדבר היחיד שנדרש הוא עניין במדעי המוח! הקבוצה נהנית ללמוד על האופן שבו מדע מתרחש, מסיורי מעבדה בדיוק, ועד להתנסות בתהליך סקירת מאמר עם פרונטיר.

הכותב

GEORGE R. MANGUN

George R. Mangun הוא פרופסור לפסיכולוגיה ונוירולוגיה, וראש המרכז לתודעה ולמוח באוניברסיטת קליפורניה, דייזיס. הוא קיבל את הדוקטורט שלו במדעי המוח מאוניברסיטת קליפורניה, סן דייגו, בשנת 1987. המחקר שלו בוחן מנגנוני קשב במוח באמצעות כלי רישום ודימות מוחי מתקדמים. הוא כיהן כעורך של Cognitive Brain Research, וכעורך שותף של Journal of Cognitive Neuroscience, והיה חבר בוועדה המייסדת של Cognitive Neuroscience Society. הספר הפופולרי שלו, Cognitive: The Biology of the Mind Neuroscience (בהוצאת W.W. Norton), שנכתב עם הפרופסורים ריצ'ארד איברו ומייקל גזנינגה, נמצא כיום במהדורתו החמישית (2019), ומכר יותר מ-100,000 עותקים ברחבי העולם. פרופסור Mangun הוא חבר נבחר של האיגוד של מדעי הפסיכולוגיה, והאיגוד האמריקאי לקידום המדע. *mangun@ucdavis.edu



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



הוצאת פרונטיר מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK