

## המוח לעולם אינו עוצר

Sepideh Sadaghiani

אוניברסיטת קליפורניה בברקלי, ברקלי, ארצות הברית

### סוקרים צעירים

ABBY  
גיל: 15



המוח שלכם עושה המון עבודה כשאתם מעורבים בפעילויות כמו ספורט, משחקי חברה או צפייה בסרט. המוח שלכם מתמחה גם בקישור אסוציאטיבי של מחשבה אחת עם אחרת, וזה מה שאתם חווים בתור נדידה של מחשבות. אולם מה המוח שלכם עושה כשאתם לא מעורבים בפעילויות או במחשבות מסוימות? באופן מעניין, בדומה ללב שתמיד ממשיך לפעום, המוח לעולם אינו מפסיק את הפעילות שלו. לדוגמה, המוח שלכם פעיל במיוחד אפילו בחלק מהזמן שבו אתם ישנים. למעשה, תאי המוח עובדים קשה גם כשאתם מחשבות, כמו למשל במהלך הרדמה רפואית (מצב שבו תרופות חוסמות תחושות, מזדעזעות ותנועה פיזית).

### המוח פועל באופן ספונטני

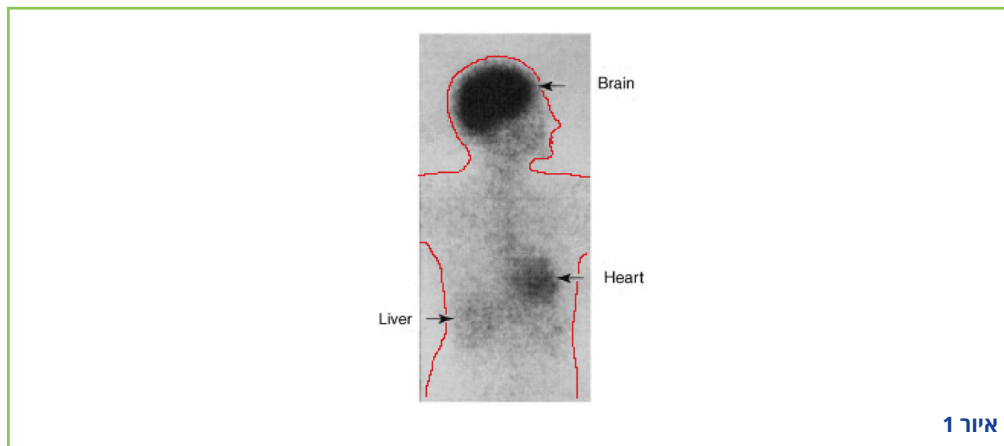
באופן מפתיע, בכל זמן נתון המוח משתמש בכ-20% מאנרגיית הגוף. זה נכון: כחמישית מכל מה שאתם אוכלים הולך למוח שלכם. איור 1 מציג את צריכת האנרגיה של החלק העליון של הגוף ושל הראש. האזורים הכהים מראים את חלקי הגוף שמשתמשים בהכי הרבה אנרגיה בעת מנוחה. המוח משתמש באנרגיה רבה, לכן הוא מופיע בצבע כהה במדד בתמונה. זה נכון גם לגבי הלב, אשר צורך הרבה אנרגיה כדי להמשיך לפעום ברציפות. המוח מופיע בצבע כהה יותר ועל כן משתמש באנרגיה רבה יותר מאשר הלב, שרירי השלד, או כל איבר אחר. צריכת האנרגיה הגבוהה של המוח, ביחס לצריכה הכוללת של הגוף, מראה שהוא פעיל מאוד כל הזמן.

צריכת האנרגיה הגבוהה של המוח מגיעה מ"פעילות מוחית מתמשכת". "מתמשכת", בהקשר זה, משמע שאינה תלויה בקלף חושי או בביצוע של משימה מוגדרת. חוקרים מצאו שרוב

הפעילות המוחית מתרחשת באופן ספונטני. פעילות מוחית ספונטנית, או מתמשכת, היא פעילות נוירונלית (כלומר פעילות של תאי העצב במוח - הנוירונים) שאינה תלויה ישירות בתהליך מסוים כמו ראייה, טעימה, הרחה תנועה, תכנון או מחשבה. במילים אחרות, פעילות המוח ממשיכה בין אם המוח מעורב במשימה ספציפית בין אם לא.

**איור 1**

צריכת אנרגיה בגוף בעת מנוחה [2,1].



**איור 1**

כדי להבין טוב יותר את הפעילות המוחית המתמשכת, דמיינו את פני השטח של אגם כמו זה שמוצג באיור 2A. כאשר טיפת מים נופלת לתוך האגם, היא יוצרת אדוות או גלים קטנים שזזים לרוחב האגם. אולם, איור 2A הוא תמונה פשטנית. במציאות, אגמים דומים יותר לזה שרואים באיור 2B. פני השטח של האגם לעולם אינם דוממים לגמרי, אפילו לפני נְשִׁטְפַת המים מכה בהם. על פני השטח של האגם מתרחשת תנועה שנגרמת מהרוח, מטיפות שירדו קודם לכן ומגורמים רבים אחרים (ראו איור 2B). אדוות אחרות שנעות על פני השטח משפיעות גם הן על האדוות החדשות, וגורמות להן לשנות את צורתן. כאשר טיפה נופלת פנימה, האדוות החדשות שנוצרות אינן חלקות לגמרי ואינן מתפשטות באופן שווה בכל הכיוונים. האדוות שנוצרות על-ידי הטיפה תלויות, אם כן, בגלים שכבר קיימים באגם באותו הזמן.

**איור 2**

אפשר להשוות את פעילות המוח לאדוות ולגלים על פני השטח של אגם, אשר לעולם אינם דוממים לגמרי, ותמיד משפיעים זה על זה.



**איור 2**

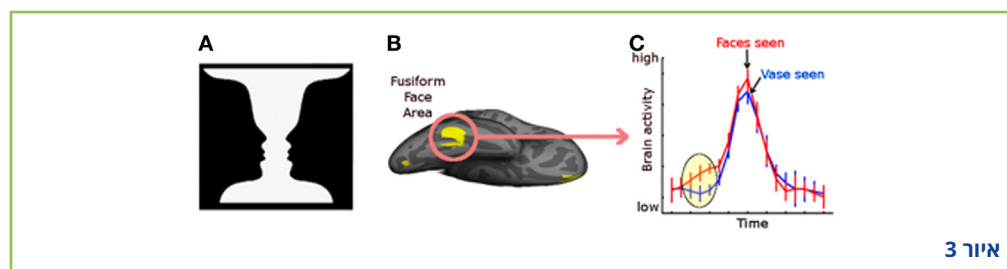
דמו לעצמכם שפעילות תאי העצב במוח מיתרגמת לתנועה על פני השטח של אגם. כעת דמיינו שכל פיסה של מידע חושי, כמו למשל צליל, מיתרגמת לטיפה של מים. כאשר מידע מגיע אל המוח דרך החושים, זה כמו טיפה של מים שנופלת לתוך האגם. פעילות המוח שמתרחשת בתגובה לאותות הקלט דומה לאדוות שנוצרות על ידי טיפות המים. בדומה לפני השטח המתנועעים של אגם (איור 2B), המוח תמיד מלא בפעילות מתמשכת, אפילו לפני שמגיע אליו מידע חושי. בְּתוֹרָה, פעילות המוח המתמשכת משנה את התגובה של תאי העצב לאותות החדשים שמגיעים למוח. משמעות הדבר היא שכתלות במה שמתרחש בתוך המוח שלכם, אתם עשויים לתפוס את אותו האות בצורות שונות.

## פעילות מוחית מתמשכת מְשָׁנָה את האופן שבו אנו רואים

התפיסה שלנו משתנה מזמן אחד לאחר. כדוגמה, הסתכלו על איור 3A במשך כמה רגעים. מה אתם רואים?

ברגע אחד אתם עשויים לראות שני פרצופים (באזור השחור) בעוד שבזמנים אחרים אתם עשויים לראות אגרטל (באזור הלבן). זו דוגמה לתמונה רב-משמעית, מאחר שאפשר לראות אותה ביותר מאשר בדרך אחת. מה קובע האם אתם רואים שני פרצופים או אגרטל? כדי לחקור את השאלה הזו, חוקרים הראו את התמונה הרב-משמעית הזו למשתתפים לזמן קצר מאוד, 150 מילישניות בלבד (מילישנייה = אלפית השנייה). המשתתפים דיווחו מיד אם הם ראו פנים או אגרטל. בזמן שמשתתפים ביצעו את המשימה הזו, החוקרים הסתכלו על הפעילות המוחית שלהם באמצעות מכשיר שנקרא סורק דימות תהודה מגנטית (MRI – Magnetic Resonance Imaging scanner). המכשיר הזה מסוגל "לסרוק" את המוח ולרשום את מידת הפעילות המוחית שמתרחשת בכל אזור במוח ברגע נתון. איור 3B מציג את פעילות המוח באזור שנקרא "אזור זיהוי הפנים" (FFA). אפשר לראות את האזור הזה כשמסתכלים על המוח מלמטה. אזור זיהוי הפנים מעבד מידע ראייתי של פריטים שונים, כולל פנים ואגרטלים, אולם הוא תורם במיוחד לראייה של פנים (ראו מאמר באתר על "התמונות תפקודיות במוח האדם").

איור 3C מציג את הפעילות המוחית שהתרחשה באזור זה כאשר המשתתפים הסתכלו על התמונה הרב-משמעית. אם לפעילות באזור הזה היה שיא גבוה המשתתפים ראו את הפנים (העקומה האדומה). אם שיא הפעילות באזור זה היה נמוך יותר הם ראו את האגרטל (העקומה הכחולה). האזור האליפטי הצהוב באיור 3C מדגיש את פעילות המוח המתמשכת לפני שהצופים ראו את התמונה. מעניין לשים לב שהפעילות המוחית שהתרחשה לפני שהתמונה הוצגה היא זו שקבעה איזו תמונה אנשים ראו (פרצופים או אגרטל) כשהם הסתכלו על התמונה. ממש כמו האגם המתנועע, ההשפעה של אותות נכנסים על המוח תלויה בפעילות המתמשכת (גלים) שכבר מתקיימת בו. הפעילות המתמשכת משנה את התפיסה שלנו את העולם. כלומר, למרות שהתמונה קבועה, פעילות המוח שקודמת להצגת התמונה תקבע אם נראה פרצופים או אם נראה אגרטל.



איור 3

### איור 3

פעילות מוחית (איור 3C) באזור זיהוי הפנים (FFA – Fusiform Face Area, איור 3B), המתמחה בעיבוד פרצופים, בתגובה לתמונת אשליית האגרטל והפנים (איור 3A) [3]. כאשר הפעילות המוחית המתמשכת באזור זיהוי הפנים לפני הצגת התמונה הייתה גדולה יותר (הקו האדום בתוך האליפסה הצהובה) המשתתפים ראו פנים, וכאשר היא הייתה קטנה יותר המשתתפים ראו אגרטל (עקומות אדומה וכחול בתמונה). (בהתאמה, לראו באיור 3C, בהתאמה).

## פעילות מוחית מתמשכת מְשָׁנָה את מה שאנחנו שומעים

נסתכל כעת על דוגמה נוספת שבה התפיסה שלנו משתנה מזמן אחד לאחר. דמיינו שאימא שלכם קוראת לכם מהקומה למטה. אולי שמעתם אותה קוראת לכם אתמול, אולם הפעם דווקא לא שמעתם אותה. מדענים שחוקרים שמיעה מצאו שפעילות מוחית מתמשכת תורמת לשונות הזו, והיא אחת הסיבות לכך שאתם עשויים לא לשמוע את קולה של אימכם.

איור 4 מציג את הפעילות המוחית שנמדדה באמצעות סורק MRI (דימות תהודה מגנטית) במהלך ניסוי שמיעה. בניסוי הזה, צליל בעוצמה נמוכה מאוד הושמע בערך פעמיים בדקה בזמנים אקראיים. משימתם של המשתתפים הייתה ללחוץ על כפתור תגובה ברגע ששמעו את הצליל. הצליל היה כה חלש שהמשתתפים הצליחו לשמוע אותו בזמנים מסוימים בלבד, ולא בזמנים אחרים. איור 4A מציג מבט מצד ימין של המוח. כשאנשים שומעים צליל דרך האזניים שלהם, אזור במוח שנקרא "קליפת המוח השמיעתית" נעשה פעיל (האזור המודגש באיור 4A).

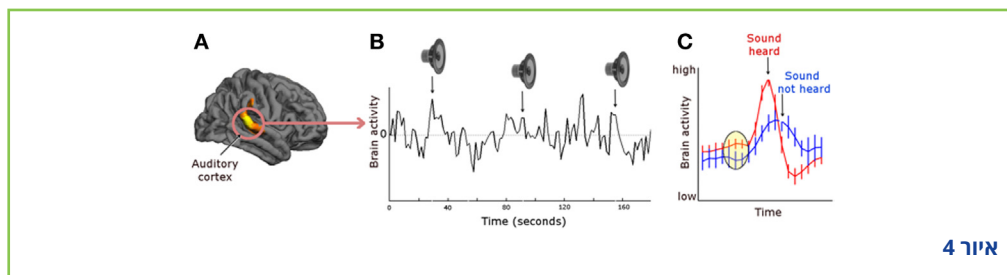
העקומה באיור 4B ממחישה את הפעילות המוחית בקליפת המוח השמיעתית במשך 180 שניות (3 דקות). הרמקולים והחיצים מציינים את הפעילות המוחית ברגעים שבהם הצליל הושמע. מאחר שהעקומת מציגת שיאים בדיוק ברגעים המסוימים האלה, אנו יודעים שקליפת המוח השמיעתית מגיבה לצלילים. באופן מעניין, ישנם הרבה עליות ומורדות אחרות בעקומת הפעילות. הם מגיעים מפעילות המוח המתמשכת שאינה קשורה לצליל המושמע. שימו לב ששיאי הפעילות בתגובה לצלילים האלה נראים שונים בכל פעם, אפילו שהצליל לא השתנה. אחת הסיבות הבסיסיות לכך היא הפעילות המוחית שמתרחשת באותו הזמן. איור 4C משווה ישירות בין הפעילות בקליפת המוח השמיעתית בתגובה לצלילים שהמשתתפים שמעו (העקומה האדומה), ובין הצלילים שהם לא שמעו (העקומה הכחולה). כפי שאפשר היה לצפות, כאשר קליפת המוח השמיעתית הגיבה עם שיא גבוה של פעילות, הצליל נשמע. הביטוי מקרוב על רמת הפעילות המוחית המתמשכת לפני שהצליל הושמע (האזור האליפטי הצהוב). כאשר האדם שמע את הצליל, הפעילות בקליפת המוח השמיעתית הייתה גבוהה, אפילו לפני שהצליל הושמע. גם כאן, רמת הפעילות המתמשכת ממש לפני שהצליל מושמע מכתובה אם הצליל יישמע בפועל, או לא.

משמעות הדבר היא שמה שקורה במוח שלכם לפני שאימא שלכם קוראת לכם משפיע על האופן שבו המוח שלכם מעבד את הקול שלה. וזה מה שקובע אם אתם תשמעו את קריאתה או לא.

**איור 4**

**פעילות חשמלית (איור 4B) בקליפת המוח השמיעתית (איור 4A), אשר מתמחה בעיבוד קולות, בתגובה לצלילים חלשים.**

כאשר הפעילות המוחית המתמשכת בקליפת המוח השמיעתית הייתה גדולה לפני השמעת הצליל, משתתפים רבים יותר שמעו את הצליל החלש שהושמע, ואילו כאשר הפעילות באותו האזור הייתה קטנה יותר, המשתתפים לא שמעו את הצליל (עקומות אדומה וכחולה בתמונה 4C, בהתאמה) [4].



**איור 4**

לסיכום, תאי המוח פועלים ברציפות כל הזמן, גם כשאנחנו עסוקים בזיהוי אותות מסוימים, במחשבות או בפעולות. פעילות המוח המתמשכת הזו מעוצבת על-ידי חוויות העבר שלנו, ומשפיעה על האופן שבו אנו פועלים ותופסים את העולם שסביבנו בכל רגע ורגע.

**מקורות**

1. Raichle, M. E. 2010. Two views of brain function. Trends Cogn. Sci. 14:180–190. doi:10.1016/j.tics.2010.01.008

2. Hess, S., Blomberg, B. A., Zhu, H. J., Høiland-Carlsen, P. F., and Alavi, A. 2014. The pivotal role of FDG-PET/CT in modern medicine. *Acad. Radiol.* 21:232–249. doi:10.1016/j.acra.2013.11.002
3. Hesselmann, G., Kell, C. A., Eger, E., and Kleinschmidt, A. 2008. Spontaneous local variations in ongoing neural activity bias perceptual decisions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105:10984–10989. doi:10.1073/pnas.0712043105
4. Sadaghiani, S., Hesselmann, G., and Kleinschmidt, A. 2009. Distributed and antagonistic contributions of ongoing activity fluctuations to auditory stimulus detection. *J. Neurosci.* 29:13410–13417. doi:10.1523/JNEUROSCI.2592-09.2009

פורסם אונליין: 31 במאי 2018

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

ציטוט: Sadaghiani S (2018) המוח לעולם אינו עוצר  
Front. Young Minds. doi:10.3389/frym.2014.00006-he

#### תורגם והותאם מ:

Sadaghiani S (2014) The brain never stops. *Front. Young Minds* 2:6.  
doi:10.3389/frym.2014.00006

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

**COPYRIGHT** © Sadaghiani 2014. זהו מאמר בנישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution (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

### ABBY, גיל: 15

אני תלמידת כיתה ט' בבית ספר תיכון. השיעורים האהובים עליי הם פיזיקה והיסטוריה, בגלל שאני אוהבת להבין למה דברים הם כפי שהם. הסקרנות הזו החלה כשהייתי קטנה ואימא שלי, שהיא מנתחת מוח, ארגנה בשבילי ניסויים במעבדה שלה. כשאני לא עסוקה בבית הספר, אני מבלה את זמני הפנוי ברכיבה על הסוס שלי ובהסתובבות עם החברים שלי.

## הכותבים

### SEPIDEH SADAGHIANI

אני מרותקת מיכולתו של המוח להתמקד ברגע הנכון או על המטלה הנכונה, ולשלוט בפעילות של עצמו. אני מבצעת מחקר מוח כדי לקדם את ההבנה של האופן שבו המוח משיג את השליטה הזו. נוסף על חקר המוח, אני שמחה מאוד כשאני גולשת בגלישת רוח, מתאמנת ביוגה או מצוירת.



Hebrew version  
provided by

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

