



הודות לזיכרונות...

Lila Davachi¹ and Daphna Shohamy²

¹ המחלקה לפסיכולוגיה, אוניברסיטת ניו יורק, ניו יורק, ארצות הברית
² המחלקה לפסיכולוגיה, מכון Kavli למדעי המוח, אוניברסיטת קולומביה, ניו יורק, ארצות הברית

סוקרים צעירים

LILLY
גיל: 11



אמנזיה אנטרוגרדית (Anterogarde) amnesia)

אובדן היכולת ליצור זיכרונות חדשים

היפוקמפוס (Hippocampus)

מבנה במוח שמהווה מרכיב במערכת הלימבית, אשר כוללת כמה מבנים במוח וקשורה בין השאר בלמידה ובזיכרון. ממוקם באונה הרקתית התיכונה (Medial temporal lobe).
ראו איור 1.

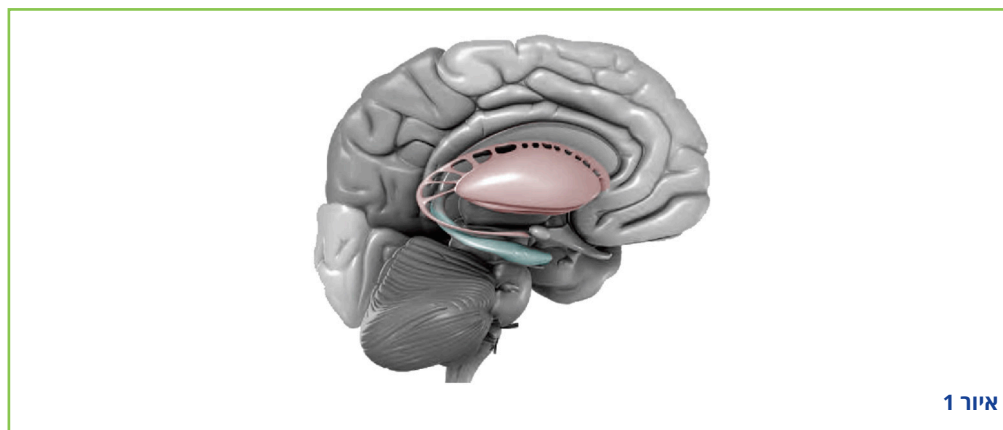
כולם רוצים שיהיה להם זיכרון טוב, אולם איננו שואלים את עצמנו לעיתים קרובות עבור מה משמש הזיכרון. נתחיל בחקירת השאלות מדוע זיכרון הוא חשוב וכיצד הוא פועל, בעזרת מבחן זיכרון קטן: האם אתם זוכרים מה למדתם בכיתה ביום רביעי שעבר? ומה לגבי מה שקיבלתם ליום הולדתכם האחרון? אחת התעלומות הגדולות ביותר של מוח האדם היא מדוע אנו זוכרים דברים מסוימים, אבל לא דברים אחרים. מדוע קורה שאנו עשויים לזכור בצורה חיה מה עשינו בחופשה לפני שנתיים, ועם זה אנו מתקשים להיזכר בפרטים של מה שלמדנו בכיתה לפני שבוע בלבד? מה קורה כאשר המוח שלנו הופך חלק מהזיכרונות שלנו לזיכרונות לכל החיים, בעוד שזיכרונות אחרים אובדים ונשכחים לעד?

כיצד הזיכרון פועל?

מתברר שישנו מבנה אחד במוח שעושה רושם שהוא "מייצר זכרונות". בלעדיו, איננו יכולים לזכור שום דבר שקרה לנו, אפילו אם הוא קרה לפני כמה דקות, ועל אחת כמה וכמה אם קרה בקיץ שעבר. אכן, היה מקרה מפורסם מאוד של מטופל ששמו Henry Molaison (שמכונה לעיתים קרובות H.M.), אשר מוחו נפגע והוא לא יכל ליצור שום זיכרונות חדשים. סוג מקרה כזה מכונה **אמנזיה (שִׁכְחָה) אנטרוגרדית**. מבנה המוח שנדרש כדי ליצור את סוגי הזיכרונות האלה, ואשר נפגע במוחו של הנרי, הוא **ההיפוקמפוס** - אזור במוח בצורת סוסון ים שקבור עמוק בתוך הראש בין האוזניים שלכם, כפי שניתן לראות באיור 1.

איור 1

אזורים במוח שקשורים בזיכרון. אזורים שונים במוח תומכים בזיכרון בצורות שונות. ההיפוקמפוס (שמוצג בצבע ירוק-כחול) יוצר זיכרונות מוחדי שייים של פרקים או של אירועים בחיים. **הסטריאטום** (שמוצג בוורוד) לומד מהתנסויות כדי לגבש הרגלים. שני סוגי הזיכרון מנוצבים על-ידי חשיבות האירועים והרלוונטיות שלהם, כך שאנו יכולים להשתפר בל-מצוא את הדברים שאנו רוצים, ולהימנע מהדברים שאיננו רוצים בסביבתנו.



ייתכן שדבר מדהים אפילו יותר הוא העובדה שמתופלים כמו הנרי עשויים לאבד את יכולתם ליצור זיכרונות חדשים, ועם זה הם עדיין מסוגלים לחלוטין לשחזר זיכרונות ישנים. יתרה מזו, הנרי יכול לקיים שיחה רגילה, לעסוק במתמטיקה, לתחזק חברויות ולעשות כמעט הכול באופן רגיל... חוץ מליצור זיכרונות חדשים. הסיבה לכך היא שהיבטים אחרים באופן שבו אנו קולטים וחושבים על העולם נשארים כשהיו גם אחרי שההיפוקמפוס ניזוק.

אולם מלבד מתופלים נדירים עם נזק מסוים להיפוקמפוס, כיצד אנו חוקרים את האופן שבו זיכרונות נוצרים במוחות תקינים? במעבדה, אנו יכולים לחקור כיצד זיכרונות נוצרים במוחו של אדם כלשהו באמצעות שימוש במכשיר דימות תהודה מגנטית תפקודי (fMRI – functional Magnetic Resonance Imaging). מכשיר זה מאפשר לנו למדוד אלה אזורים במוח הכי פעילים בעת למידה של דברים חדשים.

אנו מביאים מתנדבים בריאים ומבקשים מהם לשחק ב"משחק מחשב" אשר בוחן את הזיכרון שלהם. המשחק הוא קל יחסית מנקודת המבט של המשתתפים. הם מגיעים למעבדה ואנו מכניסים אותם לסורק fMRI שמתוכו הם מסוגלים לראות תמונות ויזואליות על מסך מחשב – ממש כמו כשרואים סרט (לפעמים אנו מראים סרטים!). בשעה שהמשתתפים צופים בתמונות על המסך, אנו מצלמים את המוחות שלהם מדי כמה שניות. זה נותן לנו מדידה משתנה של הפעילות החשמלית במוח כולו. לאחר מכן אנו מוציאים אותם מהסורק והם הולכים הביתה. למחרת הם מגיעים שוב למעבדה ואנו בוחנים את הזיכרון שלהם ביחס לחוויות היום הקודם. ברגע שאנו יודעים מה כל בן אדם זכר או לא זכר, אנו נמצאים בחצי הדרך: כעת אנו יכולים לראות אם קרה ביום הקודם משהו מיוחד במוח של המשתתפים בהקשר לדברים שהם הצליחו לזכור. אנו מבצעים זאת באמצעות חלוקת פעילות המוח מהיום הראשון לשתי קבוצות – פעילות מוחית שהתרחשה עבור אירועים שאנשים זכרו מאוחר יותר, ופעילות מוחית שהתרחשה עבור אירועים שאנשים שכחו בהמשך. כאשר אנו מבצעים זאת, אנו יכולים לראות בבירור שההיפוקמפוס פעיל הרבה יותר כשאנשים יוצרים זיכרונות! אנו יכולים גם להכניס אנשים לסורק fMRI תוך כדי מבחן זיכרון, ורואים שוב שההיפוקמפוס פעיל יותר כשאנשים זוכרים יותר פרטים. לסיכום, אם כן, באמצעות זה שאנו פשוט מראים לאנשים דברים חדשים וגורמים להם ליצור זיכרונות חדשים במעבדה, אנו יכולים להציץ אל תוך המוח וללמוד כיצד המוח זוכר.

מדוע אנחנו זוכרים דברים מסוימים טוב יותר מדברים אחרים?

אתם עשויים לתהות לעצמכם: אם לכולנו יש היפוקמפוס שתפקידו לסייע לנו בבניית זיכרונות חדשים, מדוע אנו שוכחים כל כך הרבה דברים? כמובן שאיננו יכולים לזכור הכול (וככל הנראה גם לא היינו הוצים לזכור הכול!). אכן, הבדל משמעותי בין הזיכרון במוח שלנו לזיכרון של מחשב הוא שהמוחות שלנו מסננים את החוויות שלנו. חוויות מסוימות הופכות לזיכרונות קבועים, חוויות אחרות דועכות עם הזמן והשאר נשכחות, ומפנות מקום לחוויות חדשות.

היבט מעניין אחד של התהליך הזה הוא שהזיכרונות נשארים או נשכחים באופן בלתי מקרי. למוח שלנו יש כמה דרכים שבאמצעותן הוא מוודא כי הזיכרונות שנשארים הם אלה שחשובים במיוחד עבור כל אחד מאיתנו: דברים שהכרחיים עבור הישרדות, כמו למשל מזון (האם אי פעם שכחתם באיזה ארון נמצאות העוגיות?) או דברים שאכפת לנו מהם או שאנו נהנים מהם, כמו למשל אירועי יומיום שקשורים למשפחות שלנו, לחברים או לתחומי העניין שלנו.

דרך אחת שבה המוח מוודא שאירועים מספיק חשובים עבורנו ייזכרו היא באמצעות כימיקלים מיוחדים שנקראים **נוירונסמיטורים** (מוליכים עצביים). כאשר הם משתחררים במוח הם עוזרים לבנות זיכרונות חזקים יותר. נוירונסמיטור אחד כזה הוא **הדופמין**. דופמין משתחרר במוח כאשר קורה משהו טוב באופן מפתיע, כמו למשל כשנכנסים לכיתה ומגלים שיש חפיסת שוקולד על השולחן. כאשר דופמין משתחרר, הוא מחזק זיכרונות. הוא עושה זאת באמצעות תיוג של הזיכרונות האלה כשהם מיוצרים, בדרך שגורמת להם להתחזק עם הזמן. בסופו של דבר, לזיכרונות של האירועים המפתיעים לטובה האלה יכולה להיות השפעה גדולה על ההתנהגות שלנו, מה שהופך אותם לקלים לשימוש עבור השגת הדברים שאנו באמת רוצים או צריכים.

תהליך דומה מתרחש כאשר דברים רעים במיוחד מתרחשים, כמו למשל אכילה של משהו שטעמו נורא, היתקלות בעכביש ארסי, או אירועים מפחידים אחרים. הסוג הזה של למידה שמבוססת על פחד תלוי בחלק מסוים במוח שנקרא **האמיגדלה**, אשר פועל יחד עם ההיפוקמפוס בתהליך של חיזוק זיכרונות. כמו עם אירועים טובים, קל להבין מדוע אנו זקוקים לזיכרונות חזקים עבור דברים רעים שקרו לנו. אחרי הכול, חלק חשוב בהישרדות הוא ללמוד למצוא שוקולדים ולהימנע מעכבישים.

אם איננו זוכרים מה קרה, כיצד אנו עדיין יכולים לזכור מה לעשות?

עד כה דיברנו על זיכרונות מוחשיים עבור אירועים או פרקים מסוימים, סוג של זיכרון שלעיתים מכנים **זיכרון אירועי**. אולם חוויות עבר, בין אם טובות או רעות, יכולות לעצב את ההתנהגות שלנו אפילו כאשר אין לנו זיכרון ברור של החוויות עצמן. סוג כזה של השפעה בלתי מודעת של חוויות עבר על ההתנהגות שלנו מכונה לעיתים קרובות למידת הֶרְגָלִים, והוא יוצר השפעה גדולה יותר על התנהגותנו מאשר שרובנו מודע אליה (ואולי גדולה יותר ממה שהיינו מייחלים). האם אי פעם אכלתם עוגייה כשידעתם שיותר נכון עבורכם לאכול תפוח? או מצאתם את עצמכם משחקים שעות במחשב כשבעצם התכוונתם להכין שיעורי בית? אלו הן רק שתי דוגמאות לאופן שבו הֶרְגָלִים יכולים לעצב את התנהגותנו, בין אם אנו מעוניינים בכך או ובין אם לא.

נוירונסמיטורים (Neurotransmitters)

כימיקלים במוח שמעבירים אותות בין תאי העצב השונים.

דופמין (Dopamine)

נוירונסמיטור ממשפחת התרכובות האורגניות המכונה קטכולאמינים (Catecholamine family), אשר מבצע כמה תפקידים חשובים במוח ובגוף.

אמיגדלה (Amygdala)

קבוצת תאי עצב בצורת שקד שממוקמת באונה הרקתית התיכונה.

זיכרון אירועי (Episodic memory)

זיכרון של זמן, מקומות ואירועים אוטוביוגרפיים שאפשר לצייןם מפורשות.

למידת הרגלים (Habit learning)

אופני התנהגות שנלמדו אשר חוזרים על עצמם באופן קבוע ונוטים להתרחש באופן בלתי מודע.

הסטריאטום (Striatum)

חלק במוח הקדמי שנמצא מתחת לקליפת המוח (ראו איור 1 בוורוד) ומהווה את מקור הקלט העיקרי של גרעיני הבסיס (Basal ganglia).

בעוד שזיכרון אירועי תלוי בהיפוקמפוס, **למידת הרגלים** תלויה בחלק שונה במוח – **הסטריאטום**, אותו ניתן לראות באיור 1 בוורוד. אולם בדומה לזיכרונות אירועיים, הרגלים מסוימים אינם נוצרים בצורה אקראית. הם מעוצבים על-ידי התוצאות של הפעולות שלכם, ומחוזקים בעזרת דופמין. אתם כבר יודעים שכאשר אנו נתקלים בתוצאות טובות באופן מפתיע, המוח שלנו משחרר דופמין. נוסף על חיזוק של זיכרונות בהיפוקמפוס, הדופמין גם מחזק למידת הרגלים בסטריאטום. אך בסטריאטום הדופמין מחזק זיכרונות שמקושרים לפעולות ולא לאירועים. כך, כאשר קורה משהו טוב הוא לא רק מחזק את הזיכרון של מה שקרה אלא גם מתגבר את הפעולה שהובילה אליו. אם פעולה מסוימת (לדוגמה פתיחת קופסה של עוגיות) יוצרת באופן קבוע תוצאה רצויה (הנאה מהעוגייה), התגבור החוזר מטה את המוח שלכם לבצע שוב את הפעולה בפעם הבאה, אפילו אם אין לכם אף זיכרון מודע של האירועים האלה. זו הסיבה שבגינה לפעמים איננו זוכרים מה קרה בעבר, אבל אנו כן זוכרים מה לעשות. למידת הרגלים מקדמת התנהגויות שהיו מוצלחות בעבר. יתרה מזו, התנהגויות שהפכו להרגל יכולות להתרחש במהרה ובאופן אוטומטי, כך שהן יכולות להנחות את ההתנהגות שלנו גם כאשר דעתנו מוסחת, כשאנו לחוצים או עייפים. זה עשוי להיות חסר תועלת במבחן, אבל הכרחי עבור הישרדות.

בתחילת המאמר הזה שאלנו אם אתם זוכרים שני דברים. הניחוש שלנו הוא שרובכם ככל הנראה יכולתם לזכור מה קיבלתם ביום הולדתכם האחרון, אבל התקשיתם לזכור מה למדתם בכיתה ביום רביעי שעבר. אם אתם רוצים להטות מעט את המאזן ולזכור קצת יותר ממה שלמדתם בבית הספר, אנו מציגים בתיבה 1 דרך מוצלחת לעשות זאת. בסופו של דבר, אם אתם מצליחים למצוא דרכים להפוך רגעים יומיומיים למשהו שהוא רלוונטי ומשמעותי יותר מבחינה אישית, ולקשר אותם עם תגמול (אמרתם שוקולד?) – אתם עוזרים למוח לעבוד בשבילכם!

תיבה 1. הצעות שימושיות: כיצד אנו יכולים לזכור יותר?

פסיכולוגים הקדישו יותר מ-100 שנים לניסיון להבין כיצד אנו יכולים לשפר את הזיכרון שלנו, אולם האימון בשיפור הזיכרון החל עוד ביוון העתיקה. לפי הסיפורים, אומנות עזרי הזיכרון (Mnemonics), כל דבר שמשפר את היכולת לזכור) טופחה בעקבות הצורך לזכור ולדקלם נאומים ושירה עבור הקהילה. במקום לקרוא נאום כתוב (או, לחלופין, להוריד אותו לאיפד שלכם!), משוררים באותה התקופה היו צריכים לשנן את השירים שלהם. מתוך הצורך התגבשו כלים חכמים. הכלי המפורסם ביותר כנראה נקרא 'ארמון הזיכרון' – מי לא היה רוצה אחד כזה? 'ארמון הזיכרון' הוא שיטה להשתמש בדמיון מנטלי לחיזוק של זיכרון. הדרך שבה זה עובד היא שראשית מדמיינים איזשהו חלל פיזי שמכירים על בוריו, למשל הבית שלכם. לאחר מכן אתם 'ממקמים' או מדמיינים את הדברים שאתם רוצים לזכור (לדוגמה, כל הדברים שאתם רוצים לארוז למחנה הקיץ) בחדר נפרד בבית שלכם, או ארמון הזיכרון שלכם. אתם יכולים לדמייין ראשית את התרסיס נוגד החרקים שלכם על הספה מרוסס על כל הכריות, אז את בגד הים שלכם בתוך המקרר (בררר..). ולבסוף את הסנדלים שלכם צפים באמבטיה מלאה במים. ואז, כשמגיע הזמן לארוז את התיק אתם פשוט 'הולכים' בבית שלכם וכל החפצים ברשימת מחנה הקיץ שלכם אמורים לחכות לכם בתוך הזיכרון, כל אחד בחדר שלו.

הפניות לקריאה נוספת

1. Davachi, L. 2006. Item, context and relational episodic encoding in humans. *Curr. Opin. Neurobiol.* 16:693–700. doi:10.1016/j.conb.2006.10.012
2. Eichenbaum, H. 2013. What H.M. taught us. *J. Cogn. Neurosci.* 25:14–21. doi:10.1162/jocn_a_00285
3. Shohamy, D., and Adcock, R. A. 2010. Dopamine and adaptive memory. *Trends Cogn. Sci.* 14:464–472. doi:10.1016/j.tics.2010.08.002
4. Shohamy, D. 2011. Learning and motivation in the human striatum. *Curr. Opin. Neurobiol.* 21:408–414. doi:10.1016/j.conb.2011.05.009
5. Phelps, E. A. 2004. Human emotion and memory: interactions of the amygdala and hippocampal complex. *Curr. Opin. Neurobiol.* 14:198–202. doi:10.1016/j.conb.2004.03.015
6. More information about the story of patient H.M., including pictures of his brain. Available from: <https://www.thebrainobservatory.org/project-hm/>

פורסם אונליין: 31 במאי 2018

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

ציטוט: Davachi L and Shohamy D (2018) הודות לזיכרונות...
Front. Young Minds. doi:10.3389/frym.2014.00023-he

תורגם והותאם מ:

Davachi L and Shohamy D (2014). Thanks for the memories *Front. Young Minds* 2:23.
doi:10.3389/frym.2014.00023

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

COPYRIGHT © Davachi and Shohamy 2014. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (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

LILLY, גיל: 11

אני בת 11 ואני אוהבת התעמלות. אני אוהבת גם מדע בגלל שהוא מלמד אותי דברים שאני סקרנית לדעת. אני אוהבת לטייל ולראות מקומות חדשים. אני מנגנת בוויולה ובפסנתר ואני שרה בשתי מקהלות. סבא שלי הוא מדען אז אני חושבת שקיבלתי את הגנים שלו למדע!



הכותבים

LILA DAVACHI

אני חושבת שזה מדהים כיצד אנו יכולים להשתמש במוח שלנו ולהתעלות מעבר לזמן – אנו מסוגלים לדמיין את אתמול או את מחר, ואנו עושים זאת באמצעות הזיכרון. הזיכרונות שלנו אינם רק לצורך זיכרון אלא הם גם משנים את האופן שבו אנו רואים את העולם, חושבים עליו וחווים אותו. אני חוקרת זיכרון כבר זמן ארוך, יותר משאני מסוגלת לזכור (זה השלב לצחוק) – ואני מנסה להבין כיצד נוצרים זיכרונות, מה המוח עושה וכיצד גורמים אחרים כמו רגש, מנוחה ושינה יכולים לשנות זיכרונות.

DAPHNA SHOHAMY

אני פרופסורית באוניברסיטת קולומביה שבניו יורק. במחקר שלי אני מנסה להבין כיצד המוח שלנו לומד וזוכר, וכיצד הוא משתמש במה שלמדנו כדי לשנות את האופן שבו אנו מתנהגים. תמיד הייתי סקרנית לגבי מדוע אנשים מתנהגים כמו שהם מתנהגים, ואפילו בתור ילדה הייתי מסוקרנת מהרעיון שלהתנהגות שלנו יש בסיס ביולוגי. למידה, במובן הרחב, היא חלק גדול מכך מאחר שזו הדרך שבה המוחות שלנו, או ההתנהגות שלנו, משתנים עם התנסויותינו – החל באופן שבו נתנהג בכיתה, דרך הרגשות שלנו במצבים שונים וכלה באופן שבו נבחר לעצב את החברויות שלנו.



Hebrew version
provided by

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

