



כיצד תאי המוח מייצרים זיכרונות

Elizabeth L. Johnson^{1,2*}, Randolph F. Helfrich^{1**}

¹המכון לחקר המוח על שם Helen Wills, אוניברסיטת קליפורניה, ברקלי, ארצות הברית
²המחלקה לפסיכולוגיה, אוניברסיטת קליפורניה, ברקלי, ארצות הברית

סוקרת צעירה

ABBY
גיל: 15



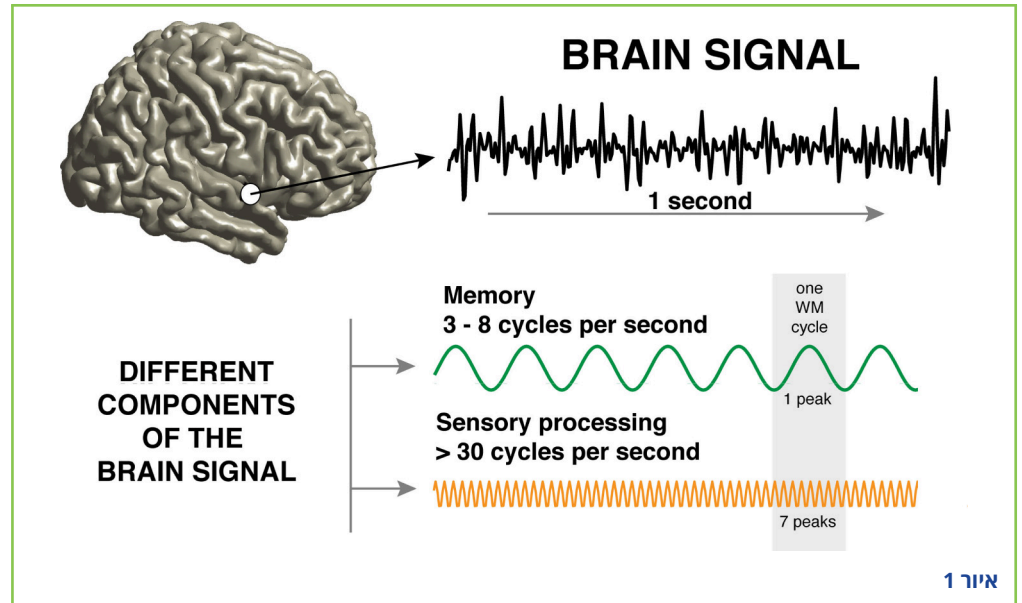
לזכור הרבה פרטים בבת אחת זה מורכב. בתור ניסוי, קראו את רצף הספרות הזו: 04071776. לאחר מכן, עצמו את העיניים ונסו להגיד אותן בקול רם, באותו הסדר. איך הלך לכם? אנו מניחים שזכרתם כחצי מהמספרות. עכשיו, נסו שוב אבל חשבו על אותן הספרות בתור תאריך: 04-07-1776. האם זכרתם יותר ספרות הפעם? זו דוגמה למשהו שנקרא "זיכרון עבודה". זיכרון עבודה הוא היכולת להחזיק במודע פיסת מידע ולעבד אותה. הוא מופעל כאשר אתם חווים אירועים בחייכם וזוכרים אותם, לומדים עובדות חדשות, מדברים עם אנשים, פותרים מתמטיקה וקוראים. זיכרון עבודה הוא מרכיב בסיסי בהתנהגות האנושית. כפי שראיתם בניסוי הספרות שעשיתם, לזיכרון העבודה יש קיבולת מוגבלת. איך המוח תומך בזיכרון העבודה? ומה קורה במוח שמגביל את יכולתנו לאחסן כמה זיכרונות באותו זמן?

כיצד המוח בונה זיכרונות?

זיכרון הוא תהליך מורכב. נספר לכם על כמה טכניקות שמוח האדם משתמש בהן כדי לזכור הרבה דברים בבת אחת; אבל, קודם כל חשוב להבין איך הזיכרון במוח עובד. שחקן מרכזי אחד הוא החלק במוח שנמצא ישירות מאחורי המצח. החלק הזה נקרא האֶנְה המצחית. שחקן

איור 1

רישומים ממוח אנושי. האות המוחי (למעלה) נראה רועש ואקראי. אנו יכולים לפרק את האות לרכיבים שונים, שיש להם תפקודים שונים. למשל, זרמים חשמליים שמתרחשים באופן מחזורי 3 עד 8 פעמים בשנייה, מעורבים בתפקוד של זיכרון. זרמים מהירים בהרבה (30 או יותר מחזורים בשנייה) מייצגים מידע חושי, כמו למשל דברים שאתם רואים ושומעים. אם כן, האות המוחי שרואים בתמונה למעלה נראה כמו שילוב של זרמים שונים, מה שמאפשר למוח שלכם לעשות הרבה דברים במקביל. כפי שאפשר לראות באזור שצבוע באפור, אחד המחזורים של פעילות זיכרון העבודה (בירוק) יכול לכלול למשל 7 מחזורים של מידע חושי (בכתום).



איור 1

חשוב נוסף במערכת הזיכרון קבור עמוק בתוך המוח. החלק הזה נקרא היפוקמפוס, והוא חשוב מאוד עבור זיכרונות לטווח ארוך – לדוגמה, מה שתזכרו מחר או בזמן אחר בעתיד לגבי כיצד המוח בונה זיכרונות. לקבלת תמונה של מבני המוח האלה ומידע נוסף על ההיפוקמפוס, הסתכלו בהפניה [1]. בעוד שהסתכלות על מבני המוח אומרת לנו היכן זיכרונות נבנים, היא אינה אומרת לנו איך הם נבנים. המאמר הזה מסביר איך תאי מוח בונים זיכרונות. אנו נסביר למה קשה לזכור הרבה דברים בבת אחת, ואז נציג בפניכם כמה דרכים לשפר את הזיכרון שלכם.

כדי לבחון מערכות של זיכרון עבודה אנו רושמים אותות חשמליים ממוחות של אנשים בזמן שהם מחזיקים פיסות של מידע ומעבדים אותן. אנו מבקשים מאנשים לזכור דברים כמו מספרים, מילים או תמונות. אז, הרישומים החשמליים שלנו מראים לנו מה תאי המוח שלנו, שנקראים תאי עצב (נוירונים), עושים כשאנשים זוכרים דברים לאחר זמן קצר (בדרך כלל בין שנייה לבין דקה) [2]. כשתאי עצב פעילים, הם מפיקים זרמי חשמל קטנים מאוד (קטנים בהרבה מהזרמים שזורמים בשקעים חשמליים). ניסויי זיכרונות העבודה האלה מראים שהזרמים החשמליים משתנים כתלות בכמה מידע אתם זוכרים.

בדרך כלל, אתם צריכים לזכור הרבה דברים בבת אחת. למשל, כדי להבין את הכתבה הזו אתם צריכים לזכור מה קראתם זה עתה, בזמן שאתם ממשיכים לקרוא הלאה. אולי אתם חושבים גם על מה תאכלו לארוחת ערב, איפה תסעדו, ומתי אתם צריכים להיות שם. זכירה של כל הדברים השונים האלה תלויה בזרם חשמלי שמתרחש בצורה מחזורית בין 3 ל-8 פעמים בשנייה [2-5]. זה אומר שחלק מתאי העצב במוח "יורים" יחד שוב ושוב בין 3 ל-8 פעמים בשנייה אחת [3].

אנו משתמשים בכלים שיש במחשב כדי לנתח רכיבים שונים של האות המוחי. באיור 1, אנו מראים לכם תמונה של כיצד נראה האות המוחי וכיצד נראים הרכיבים של זיכרון העבודה. אנו גם מראים לכם את הרכיבים שפעילים כאשר אתם מעבדים מידע שמגיע מהחושים, כמו למשל דברים שאתם רואים או שומעים. אתם יכולים לראות שעיבוד של מידע מהחושים הוא הרבה יותר מהיר (בין 30 ל-100 מחזורים בשנייה – הגל הכתום) מאשר רכיב זיכרון העבודה

זיכרון עבודה

היכולת להחזיק במודע פיסת מידע ולעבד אותה.

(הגל הירוק). למוחות שלנו יש שיטה ליצור זיכרונות מתוך המידע החושי המהיר מאוד הזה. המוח משתמש בגל האיטי של 3-8 מחזורים של זיכרון העבודה, כדי לקבץ יחד את הפעילות החושית המהירה בהרבה [4]. איור 1 מראה לכם שיכולים להיות למשל 7 מחזורים מהירים של מידע חושי בתוך מחזור אחד של זיכרון עבודה. זו שיטה יעילה מאוד לסדר 7 פיסות מידע בזיכרון העבודה. השיטה הזו גם מסבירה למה קשה לנו לזכור יותר מ-7 דברים בבת אחת. המהירות של מערכת זיכרון העבודה נראית מוגבלת ל-3-8 מחזורים בשנייה; כלומר, אותם 7 הדברים חוזרים שוב ושוב בין 3 ל-8 פעמים בשנייה בזיכרון העבודה. עושה רושם שהמגבלה הזו מייצרת חסם לכמות הפריטים שאנו יכולים לזכור באותו הזמן.

זה לא אמור להפתיע שתפקוד זיכרון העבודה של המוח, אשר עוזר לכם לחשוב, לקרוא ולפתור מתמטיקה, הוא מורכב. סיבה אחת לכך שזיכרון העבודה הוא כל כך מורכב היא שמערכת הזיכרון משולבת בתוך כמה חלקים שונים במוח, והחלקים השונים האלה צריכים "לדבר" זה עם זה. אזורים שונים במוח "מדברים" אחד עם השני כשתאי עצב "יורים" באותו הזמן. כדי להבין מה זה אומר, חשבו איך כמה אנשים שונים מנגנים בכלי נגינה יחד כחלק מלהקה. הלחן נשמע טוב כשהמקצבים מתואמים, מה שאומר שהם נכנסים יחד בתזמון נכון. במוח, אנו יכולים לראות את מקצב הזיכרון פועל באותו זמן בחלקים שונים שלו [2].

סיבה נוספת לכך שזיכרון העבודה הוא מורכב היא שהאותות החשמליים בכל אחד מחלקי המוח השונים הם כבר מורכבים בפני עצמם. כפי שהראינו באיור 1, חוקרים צריכים לפרק את האותות במוח כדי למצוא בהם היגיון. אות מוחי הוא כל כך מסובך כיוון שהמוח עושה הרבה דברים באותו הזמן. המוחות שלנו עושים את הדברים השונים האלה במהירויות שונות, תופעה שנקראת "ריבוב". חישובו על שיר שמנוגן יחד על כלים שונים. באמצעות פירוק הצלילים האלה אנו יכולים להפריד בין המקצב של הגיטרה למקצב שמנוגן על-ידי הסקסופון או התופים. זה דומה גם באותות במוח, שם אנחנו משתמשים בניתוח באמצעות מחשב כדי להפריד את מקצב הזיכרון (הרכיב האיטי) ממקצבים אחרים, כמו למשל המקצב החושי (הרכיב המהיר יותר).

למה יכולתנו לזכור היא מוגבלת?

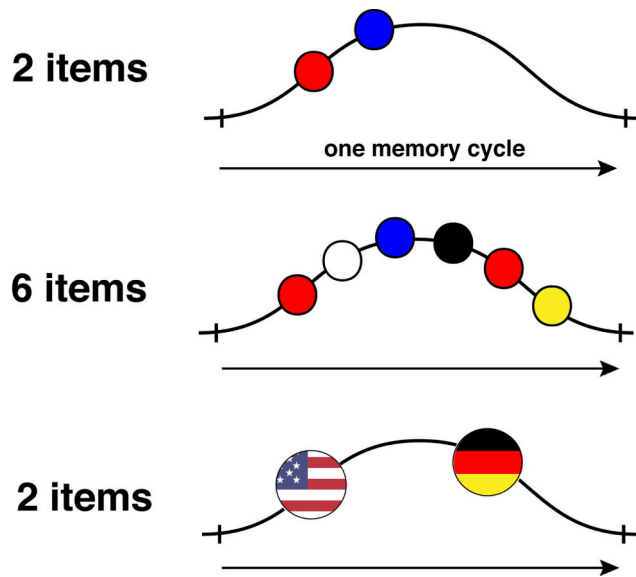
חישובו שוב על ניסוי זיכרון העבודה שבו ביקשנו מכם לשנן את הספרות 04071776 בסדר הזה, ואז ביקשנו שתנסו שוב עם התאריך 04-07-1776. שימו לב שהיה קל יותר לזכור את הספרות בתור תאריך, או מערך של 3 פיסות מידע, מאשר לזכור את כל 8 הספרות לפי סדר הופעתן. האם הבחנתם גם ש: 04-07-1776 היא דרך נוספת לכתוב את התאריך הרביעי ביולי, 1776, יום הכרזת העצמאות של ארצות הברית? כעת וודאי לא תהיה לכם בעיה לזכור את פיסת המידע הזו. נראה לכם דוגמות נוספות בתיבה מספר 1.

תיבה 1 מהי פיסה אחת של מידע?

לזכור הרבה דברים בבת אחת זה קשה, במיוחד אם למשהו אין משמעות עבורכם. ביקשו מכם לזכור את 8 הספרות האלה בסדר הנתון: 04071776. אז, ביקשנו שתחשבו עליהן בתור קבוצה של 3 יחידות מידע, בתאריך: 04-07-1776. לבסוף, אמרנו לכם שזו הייתה דרך נוספת לרשום את פרט המידע היחיד, הרביעי ביולי, 1776, יום הכרזת העצמאות של ארצות הברית. לפתע, 8 מספרים חסרי משמעות היו לפיסת מידע בעלת משמעות – ואת זה היה קל יותר לזכור. אם לא זכרתם את 8 הספרות בסדר הזה, אבל יכולתם לזכור את יום העצמאות, אז הצלחתם ליצור מהן "נוש" אחד, או לקבץ יחד את המידע בזיכרון שלכם.

הנה שתי דוגמאות נוספות:

1. בואו נגיד שאתם פוגשים 5 חברים חדשים בבית הספר, ואתם צריכים לזכור את שמותיהם: דניאל, הגר, גליה, איתי ובני. נסו לשחזר את השמות בעוד דקה אחת. איך הלך לכם? אולי שכחתם אחד או שניים! טוב, אז מה אם נגיד לכם ששמות חמשת החברים החדשים שלכם מתחילים בחמש האותיות הראשונות של הא"ב? א'... ב'... ג'...
2. נסו לזכור צבעים אקראיים: אדום, לבן, כחול, שחור, אדום וצהוב. שוב, זה די קשה, אבל אם אתם יודעים ששלושת הצבעים הראשונים נמצאים בדגל של אמריקה ושלושת הצבעים האחרונים נמצאים בדגל של גרמניה, יכול להיות שיהיה לכם קל יותר לזכור. באיור 2 אנו מראים לכם איך המוח שלכם עשוי להכניס את המידע הזה לתוך מחזור של זיכרון עבודה.



איור 2

איור 2

קיבוץ של מידע במחזור זיכרון עבודה אחד. בואו נגיד שאתם צריכים לזכור קבוצה של צבעים שונים בסדר הנכון. להחזיק בזיכרון שני צבעים זה קל. הדבר נעשה מסובך יותר אם אתם צריכים לזכור שישה צבעים, במיוחד אם אחד הצבעים (אדום, במקרה הזה) מופיע פעמיים. כפי שאתם יכולים לראות, הסדר נעשה חשוב יותר כשיש מידע רב יותר שצריך לזכור. כנראה עוזר אם נגיד לכם שכל הצבעים מופיעים בדגלים של אמריקה וגרמניה, בסדר הזה. כלומר, כנראה עוזר אם אנו מראים לכם שיטה לאחסן את 6 הצבעים האלה בתוך שני "גושים", מה שמקל על האפשרות לזכור את הצבעים. המוח משתמש בשיטה נוספת כדי לארגן כמה פיסות מידע בתוך 3-8 מחזורים של פעילות חשמלית בכל שנייה. ראשית, פיסות מידע שונות מוכנסות בחריצי זמן שונים בתוך מחזור זיכרון אחד. לאחר מכן, המוח שלנו יכול באופן אוטומטי להשתמש בתזמון כדי לקבץ יחד פיסות מידע שונות לתוך גושי מידע. כשאנו מקבצים הרבה מידע לתוך פחות קבוצות שהן בעלות משמעות גדולה יותר (למשל 2 דגלים לעומת 6 צבעים) אנו עוזרים למוח שלנו להשתמש בשיטות הארגון הטבעיות שלו!

הבנו כבר מזמן שיכולת זיכרון העבודה מוגבלת לסיביות 5-7 פיסות מידע [4]. כפי שראיתם בתיבה 1, פיסת מידע יכולה להתייחס למשהו חסר משמעות יחסית כמו מספר בודד או צבע, או למשהו עם משמעות רבה יותר כמו תאריך או דגל. כפי שרואים באיור 1 (באזור האפור), 7 מחזורים של מידע חושי נכנסים בקירוב לתוך מחזור אחד של זיכרון עבודה. כדי להבין מה זה אומר, חשבו על איך אנו מייצגים פיסות מידע במוח שלנו. חשבו על תיבה 1 (איור 2), היכן שהשתמשם בתהליך חושי של ראייה כדי ללמוד את הצבעים ואת הדגלים הצבעוניים. כדי לשנן רשימה של מספרים אתם צריכים להשתמש בראייה בשביל לקרוא את המספרים; לחלופין, אתם יכולים להשתמש בשמיעה אם מישהו מקריא לכם את המספרים. פעילות חשמלית שמתרחשת 30 או יותר פעמים בשנייה מעורבת בייצוג של פעילות מוחית בעת עיבוד של מידע חושי [4]. לכן אם אתם מנסים לזכור יותר מ-7 פיסות מידע באותו הזמן, המוח שלכם עשוי לעבד את כל המידע החושי, אבל ייתכן של תצליחו לזכור את כל המידע הזה מאוחר יותר. זה יכול לקרות בגלל שיותר מ-7 פריטי מידע כבר עוברים את הקיבולת של רכיב הזיכרון האיטי, שהוא מחזור זיכרון העבודה [4].

כעת, בוא נבצע את המתמטיקה. אם זרמים חשמליים מהירים יותר מתרחשים באופן מחזורי 30 פעמים בשנייה בממוצע, וזרמים חשמליים איטיים יותר מתרחשים 5 פעמים בשנייה בממוצע, כמה מחזורים של זרמים מהירים נכנסים לתוך כל מחזור איטי? התשובה היא $6 (30 \div 5)$, מה שתואם לקיבולת המוגבלת של זיכרון העבודה שלנו, שעומדת על בין 5 ל-7 פיסות מידע. מספר הפעמים שזרמים חשמליים מהירים יותר נכנסים לתוך מחזור אחד איטי יותר של זיכרון העבודה עשוי להיות מה שקובע את מגבלות זיכרון העבודה שלנו! [4]. הסתכלו שוב באיור 1, על דוגמה של איך כמה פיסות מידע (שמויצגות בפעילות חשמלית שחוזרת על עצמה 30, או יותר, פעמים בשנייה) יכולות להיכנס לתוך מחזור זיכרון (שחוזר 3-8 פעמים בשנייה). היחס הזה, בין מחזורים איטיים ומחזורים מהירים של פעילות חשמלית הוא חשוב לדרך שבה תאי עצב מייצרים זיכרונות. כתלות בכמה מידע צריך להיות מעובד המוח יכול להאיץ או להאט את גל זיכרון העבודה האיטי בטווח שבין 3-8 חזרות בשנייה. עקב כך, המקצב האיטי הזה יכול להשתנות בהתאם לצרכים, מה שעוזר למוח לקבץ את המקצב המהיר לתוך פיסות מידע שהן בעלות משמעות.

נזכיר שוב את הכתוב בתיבה 1 ואיור 2, ונציין שאמנם קל יותר לזכור 2 דגלים צבעוניים מאשר 6 צבעים בסדר נתון, אבל יותר מורכב לזכור 2 דגלים של 3 צבעים כל אחד מאשר לזכור 2 צבעים בודדים. בימים אלה, מדענים עורכים ניסויים שמטרתם להבין כיצד המוח תומך בזיכרון עבודה במקרים של פיסות מידע מורכבות יותר, או "גושים", שכוללים כמה יחידות מידע שונות.

כפי שהוזכר לעיל, זיכרון העבודה בעל מחזור הפעילות החשמלית האיטי יותר הוא אדפטיבי (כלומר, בעל יכולת הסתגלות). המשמעות של כך היא שמחזור אחד של זיכרון עבודה יכול להאט, מ-8 ל-3 מחזורים בשנייה, כדי לכלול יותר פיסות של מידע חושי במחזור אחד [4]. דרך נוספת שבה המוח תומך בזיכרון עבודה עבור גושים של מידע היא שמחזור זיכרון העבודה מארגן את המידע החושי בסדר אשר מבוסס על תזמון [5]. באיור 2, הפריט האדום הראשון מופיע לפני הפריט הכחול, ושני הפריטים האדומים מופיעים בזמנים שונים ומופרדים על-ידי 3 פריטים אחרים שמופיעים בסדר מסוים. כשאנו צריכים לזכור רק 2 פריטים, אדום וכחול, הסדר של אדום ואחריו כחול הוא פשוט. אבל, כשאנו צריכים לזכור 6 פריטים, התזמון נעשה מורכב יותר, וחשוב. זה אומר שככל שאנו מחזיקים בזיכרון ומעבדים יותר ויותר פיסות מידע, הסדר שבו מופיעים פריטי מידע שונים נעשה יותר ויותר חשוב לתפקוד של זיכרון העבודה. הפעילות החשמלית עם המחזור המהיר, אשר מייצגת פיסות של מידע חושי ומשקפת את ה"ירי" של תאי העצב [2], מתרחשת בחריצי זמן מתוזמנים בתוך מחזור זיכרון העבודה [5].

לסיכום, אותות חשמליים שנרשמים ממוח האדם מראים לנו שאנו מחזיקים יחידות של מידע ומעבדים אותן בדפוסים מתואמים של פעילות חשמלית [2-5]. תאי עצב מייצרים זיכרונות על-ידי "ירי" מסונכרן בחלקים מסוימים במוח. זה עשוי להיות מנגנון אחד שמאפשר לזכור כמה פיסות מידע באותו זמן. המערכת המורכבת הזו של זיכרון העבודה מאפשרת לנו לייצר זיכרונות, והיא אולי גם הסיבה לכך שלזכור הרבה דברים בבת אחת זה קשה כל כך!

שפרו את הזיכרון שלכם בעזרת המדע

חשבו שוב על איור 2. כדי לזכור את כל 6 הפריטים הצבועים, ביקשנו מכם לחשוב עליהם בתור 2 דגלים צבעוניים. כפי שהסברנו, זהו תהליך של יצירת "גושים" של מידע, שבו אתם משלבים

הרבה מידע לתוך כמה גושים קטנים יותר, אשר קל יותר לנהל אותם. זו אסטרטגיה יעילה מאוד כדי לזכור הרבה דברים בבת אחת. כפי שצוין לעיל, המוח משתמש בתזמון של גלים חשמליים מהירים יותר כדי לשלב יותר ויותר מידע בתוך כל מחזור עבודה איטי של זיכרון העבודה. על-ידי קיבוץ של הרבה מידע לתוך פריט או אירוע אחד, אנו מאפשרים למוח שלנו להסתדר עם יותר פיסות מידע. בדרך כלל, המוח מפרק באופן אוטומטי מידע שנכנס אליו ליחידות שאפשר לארגן אותן, מה שהופך את המידע לקל יותר לעיבוד. אתם יכולים להשתמש בצורה פעילה ביצירת גושי מידע כדי לשפר את הזיכרון שלכם, למשל כשאתם לומדים איך ללמוד מידע חדש.

אתם יכולים לקשר בין פיסות מידע שונות ולשלב אותן באיזו דרך שתמצאו כדי ליצור מהן גושים. המוח שלכם יכול להשתמש בתזמון של מחזורים שונים של פעילות חשמלית כדי לחבר ביניהם בצורה הגיונית, על בסיס קשרים שמבוססים על זמן, מרחב, רגשות או כל דבר אחר שיש לו משמעות עבורכם [6]. לדוגמה, חשבו על שני אירועים שקרו אתמול, כמו למשל הליכה לחבר ואכילת ארוחת ערב. מי מהם קרה קודם? האם הם קרו במקומות שונים? האם אחד מהם גרם לכם לצחוק? כל אחת מהשאלות האלה מוסיפה משמעות לאירועים האלה, מה שמאפשר לכם לקבץ אותם יחד בתוך זיכרון העבודה. ובכן, ספרו לעצמכם סיפורים!

ייתכן שניחשתם מדוגמת הניסויים בזיכרון העבודה שהצגנו לכם בתחילת המאמר, שהכותבת הראשונה של המאמר הזה היא מארצות הברית. למרות העובדה שהיא סובלת מפגיעה מוחית רצינית, היא לעולם לא תשכח את התמונה של דגל אמריקה או את התאריך 4 ביולי, 1776, מאחר שיש להם משמעות מסוימת עבורה. מאיזו מדינה אתם חושבים שמגיע הכותב השני של המאמר? הראינו לכם את דגל אמריקה, ראשון, ואחריו את דגל גרמניה (...כן, מגרמניה!). עוזר גם לדמיין את הסיפורים שלכם כדי לזכור אותם.

לבסוף, מאחר שאנו מחזיקים בפיסות מידע באמצעות מחזורים של פעילות חשמלית חוזרת ונשנית, הזיכרון משתפר עם חזרה על פריטי המידע שרוצים לזכור. דאגו לכך שאתם מספרים את הסיפורים שלכם לאנשים אחרים כדי לעזור למוח שלכם להחזיק בזיכרונות שלכם לאורך זמן.

מקורות

1. Davachi, L., and Shohamy, D. 2014. Thanks for the memories... *Front. Young Minds* 2:23. doi: 10.3389/frym.2014.00023
2. Johnson, E. L., and Knight, R. T. 2015. Intracranial recordings and human memory. *Curr. Opin. Neurobiol.* 31:18–25. doi: 10.1016/j.conb.2014.07.021
3. Rutishauser, U., Ross, I. B., Mamelak, A. N., and Schuman, E. M. 2010. Human memory strength is predicted by theta-frequency phase-locking of single neurons. *Nature* 464:903–7. doi: 10.1038/nature08860
4. Lisman, J. E., and Jensen, O. 2013. The theta-gamma neural code. *Neuron* 77:1002–16. doi: 10.1016/j.neuron.2013.03.007
5. Axmacher, N., Henseler, M. M., Jensen, O., Weinreich, I., Elger, C. E., and Fell, J. 2010. Cross-frequency coupling supports multi-item working memory in the

human hippocampus. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 107:3228–33. doi: 10.1073/pnas.0911531107

6. Craik, F. I., and Lockhart, R. S. 1972. Levels of processing: A framework for memory research. J. Verbal Learn. Verbal Behav. 11(6):671–84. doi: 10.1016/S0022-5371(72)80001-X

פורסם אונליין: 11 בינואר 2019

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

ציטוט: Johnson EL and Helfrich R (2019) כיצד תאי המוח מייצרים זיכרונות. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2016.00005-he

תורגם והותאם:

Johnson EL and Helfrich RF (2016) How Brain Cells Make Memories. Front. Young Minds. 4:5. doi: 10.3389/frym.2016.00005

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

COPYRIGHT © Johnson and Helfrich 2016. 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.

סוקרת צעירה

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 עם בית הספר אני מבלה את זמני הפנוי ברכיבה על הסוס שלי ובהסתובבות עם החברים שלי.

הכותבים

ELIZABETH L. JOHNSON

אני מוצאת שמדהים שהאיבר הזה בראש שלנו יכול לעשות אותנו כל כך חכמים וכל כך אנושיים. אני רוצה להבין זיכרון, שמאפשר לנו לחשוב על כל כך הרבה מידע ולחבר הכול יחד, ולעצב זהויות שמבוססות על התנסויות אישיות. כשאני לא חושבת על חשיבה, אני אוהבת לחקור מקומות משונים ויפים, ולחלוק חוויות עם אנשים משונים ויפים. *eljohnson@berkeley.edu





RANDOLPH F. HELFRICH

אני חוקר ומומחה. עבודתי, מרתק איך התקשורת בין מיליארדי תאים במוח שלנו מייצרת קוגניציה והתנהגות. לכן אני רוצה להבין איך תאי עצב מתקשרים, ולמה המוח האנושי הוא כל כך מיוחד. כשאני לא נמצא במעבדה אני נהנה מטיולים ומנגינה על גיטרה או פסנתר. **rhelfrich@berkeley.edu

Hebrew version
provided by

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

