

## האם נְמַדוֹנִים מנקים את המוח שלכם כאשר אתם ישנים?

Ken A. Paller\*

המחלקה לפסיכולוגיה, אוניברסיטת Northwestern, אוונסטון אילינוי, ארצות הברית

כשליש מחיינו עוברים עלינו בשינה. אינכם יכולים להימנע מכך, ואתם גם לא צריכים. שינה עמוקה עשויה לגרום לכם להרגיש נפלא, אבל יש בה יותר מכך. השינה גם נחוצה ללמידה. ייתכן כי חלק גדול ממי שאתם – הזיכרונות שלכם וההרגלים שלכם – תלוי במה שקורה במוחכם בזמן שאתם ישנים. מאמר זה סוקר כמה ניסויים חדשים בנושא זה, וכמה תוצאות מפתיעות. מדי יום ביומו אתם רוכשים סוגי ידע שונים, כולל דברים שקראתם, דברים שלמדתם בבית הספר, חדשות על חברים ומחשבות יצירתיות או תמונות משל עצמכם. אולי, למשל, מחשבה על היכן הנְחָתֶם את הספר שקראתם. מאוחר יותר, ייתכן שיהיה קשה להיזכר ברבים מהזיכרונות האלה. ממצאים מדעיים עדכניים עוזרים לנו להבין איך פעילות המוח במהלך השינה עוזרת לנו לזכור.

המוח ממש לא מתבטל בזמן שאנו ישנים. אף אחד לא יודע בדיוק מדוע זה כך. אם תכניסו מחשב לתְרֻדְמָה הוא פשוט יפסיק לעבוד ולא יעשה דבר. לא כך המוח שלנו. ולמרות זאת, אנו מתעוררים ויודעים מעט מאוד על מה שעשה המוח שלנו בזמן שישנו.

**מדעני מוח** פיתחו דרכים רבות לצפייה בפעילות המוח, והעלו הסברים רבים לדברים המסתוריים שמתרחשים במוח הַיֶשֶׁן.

### סוקרים צעירים

EXPLORA  
SCIENCE  
CENTER  
AND  
CHILDREN'S  
MUSEUM  
גיל: 7-15



### מדעני מוח (Neuroscientists)

מדענים שחוקרים את המוח ואת מערכת העצבים.

הנה רעיון אחד. דמיינו גמדון שעסוק כל הלילה, בדיוק כמו בעולמו של הארי פוטר. הסופרת ג'יי קיי רולינג תיארה את הגמדון כיצור שעובד בביתו של המכשף כמו עבד. כל לילה, בסתר, הוא מנקה את הבלגן שעשה המכשף במהלך היום. לעומת זאת, "גמדון המוח" עובד לחיזוק זיכרונות רבי-ערך, ולדחיקת זיכרונות שאינם חשובים. האם אתם יכולים לדמיין קבוצת גמדונים זעירים שמארגנת ככה את הזיכרונות במוחכם? אולי כך הזיכרונות מגיעים בסופו של דבר לתפקוד תקין בבוקר.

כן, זו פנטזיה, לא מדע המוח. המוח שלנו עומד בפני אתגר גדול. אנו צריכים להיאחז בזיכרונות חשובים, וכדי שזה יקרה, טוב יהיה אם נשכח דברים שאינם חשובים. היות שכך, נראה שנדרש קסם כדי לגרום ללמידה להצליח.

מדי יום ביומו אין-ספור זיכרונות מאוחסנים במוח שלכם. ייתכן כי לא יעבור זמן רב והם יִשָּׁכחו. בחרו יום באמצע השבוע שעבר. כמה אתם זוכרים על היום הזה כרגע? סביר להניח שרוב הזיכרונות שיצרתם באותו יום כבר נעלמו (או כפי שהארי פוטר עשוי לומר, יצאו בלי להופיע במקום אחר).

ואם אתם רוצים לפעול נגד איבוד הזיכרון הזה? אתם כבר יודעים מה עליכם לעשות! אתם מתְּגַלִּים את מה שלמדתם. זה בדיוק מה ששחקנים עושים כאשר הם משננים את התפקיד שלהם בהצגה.

כאשר אתם רוצים לשנן משהו, חשבו עליו ותרגלו אותו שוב ושוב.

אחד האתגרים הגדולים במדעי המוח הקוגניטיביים הוא להסביר כיצד מידע חדש מגיע למוח. אנו חוקרים גם את האופן שבו התרגול עוזר. המאמץ שאתם משקיעים כדי לזכור משתלם בסופו של דבר. הסיבה לכך היא שרשתות המוח משתנות כאשר אנו עושים בהן שימוש. כך, כאשר אתם זוכרים משהו, הזיכרון הזה מתחזק.

אבל, זו אינה הדרך היחידה לבחור זיכרונות כדי לחזקם. הדבר קורה גם כאשר אנו ישנים. איננו צריכים לתכנן שינון זיכרונות במהלך השינה. אנו עושים זאת באופן טבעי, ומתעוררים בלי להיות מודעים לכך שעשינו זאת.

## האינו לטון

פריצת דרך מדעית חדשה עזרה להבין את הקשר בין זיכרון לשינה. היא כללה סדרת ניסויים עם צלילים. אם נשמעת נגינת חליל שקטה בזמן שאדם לומד עובדה כלשהי, ייתכן כי הצליל והעובדה יהיו מקושרים ביניהם. מאוחר יותר, במהלך השינה, אותו צליל חליל יהיה חלש כל כך שלא יעיר את האדם הישן, ובכל זאת יזכיר לו את העובדה שלמד. כאשר זה קורה, רשתות המוח המעורבות בזכירת העובדה משתנות.

רוב המדענים שחוקרים את השינה נהגו לחשוב כי במהלך השינה השמיעה אינה פועלת היטב. נקודת מבט זו התגלתה כשגויה. בשנת 2009, הסטודנטים שלי ואני גילינו שאפשר להשתמש בצלילים שקטים לצורך חִקְר תרגול זיכרון במהלך שינה [1]. הסקנו

### מדעי המוח הקוגניטיביים (Cognitive neuroscience)

חלק במדעי המוח העוסק בחקר התפקודים השכליים.

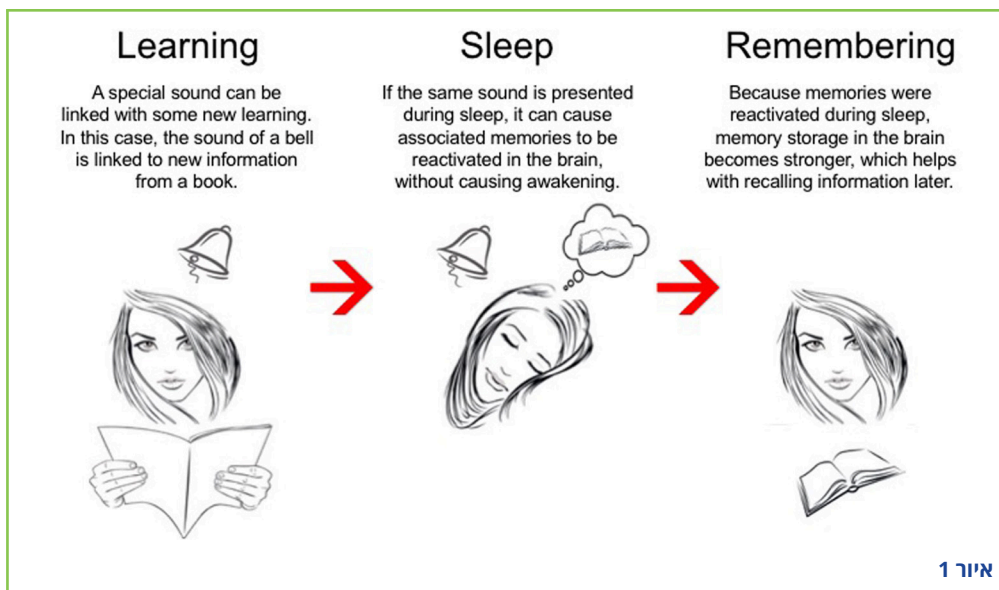
### רשתות מוח (Brain networks)

סדרה של תאי מוח (נוירונים) שיכולה לפעול יחד. למידה כרוכה בשינויים ברשתות מוח אלה. מדעני מוח משתמשים במונח "נמישות עצבית" ביחס לאותם שינויים המתרחשים באופן שבו הנוירונים מתקשרים זה לזה ברשתות המוח.

**איור 1**

בדרך כלל, לניסויים המתוארים באיור 1 יש 3 חלקים. ראשית, אנשים לומדים מידע חדש (Learning). המידע החדש יכול להגיע מקריאה בספר או מלמידת מיקום של הפצים, משמעות של מילים בשפה זרה או ביצוע של קטע נגינה. צליל ייחודי יכול להיות מקושר ללמידה חדשה. במקרה זה, צליל של פעמון מקושר למידע חדש שנרכש מקריאה בספר. שנית, במהלך שינה (Sleep), המידע הזה עשוי לעבור הפעלה מחדש, כך שהוא מאוחסן במוח בצורה יעילה יותר. למשל, צליל של פעמון יכול להזכיר למוח הישן מידע שהגיע מקריאה בספר, אם הפעמון הושמע גם במהלך הלמידה. באופן דומה משפיע ריח שמופץ במהלך הלמידה, ואז מופץ שוב במהלך השינה. "מעוררי זיכרון" במהלך השינה מנבירים את הסבירות שהמידע ייזכר היטב. בחלק השלישי של הניסוי נעשה מבחן זיכרון (Remembering). הזיכרה השתפרה עבור מידע שהופעל מחדש. ניסויים אלה עוזרים לנו להבין את תהליך הלמידה התקין. נראה שבכל לילה כאשר אנו ישנים המוחות שלנו עסוקים בתרגול ובזכירה של דברים חדשים שלמדנו. כמובן, יעזור לתרגל זכירה גם כאשר אנו ערים. הסיבה לכך שתרגול זכירה יעיל במיוחד במהלך השינה איננה ברורה עדיין, אף שהמוח יוצר אותות חשמליים מסקרנים שכנראה מרמזים על מה שקורה שם בפנים. תעלומה זו ואחרות מחכות להיפתר בעתיד על-ידי מדעני המוח.

Learning = למידת מידע חדש  
 Sleeping = שינה  
 Remembering = מבחן זכרון.



שצלילים פועלים כ"מעוררי זיכרון" כי הם שינו את אחסון הזיכרונות של דברים שאירעו לאחרונה.

מדענים הפועלים במדינות שונות חזרו על ניסויים מסוג זה פעמים רבות [2]. בדרך כלל, לסטודנטים תפקיד חשוב בניסויים אלה. בניסוי שלנו, הסטודנטים למדו תחילה היכן מופיעות 50 תמונות על מסך מחשב. למשל, ייתכן כי יראו חליל בקצה העליון השמאלי של המסך, ומהדק בקצה התחתון הימני. כל תמונה הופיעה בליווי צליל ייחודי. למידה זו לא הייתה מהנה במיוחד בהשוואה למשחקי מחשב, אבל הסטודנטים שיתפו פעולה למרות זאת, ולמדו את כל המיקומים. אחר כך, כל סטודנט הלך לנמנם מעט. אחרי שהתעוררו בחנו אותם כדי לראות מה הם זכרו. הם היו צריכים להיזכר בדיוק היכן ראו כל תמונה, ואנו מדדנו היכן הם מיקמו את התמונות על המסך. ככל שתמונה הונחה קרוב יותר לנקודה שאליה היא שייכת, כך הציון שקיבלו במבחן הזיכרון הזה היה גבוה יותר.

עבור חלק מהתמונות הצליל הייחודי שנלווה להן נוגן במהלך השינה. הסטודנטים המשיכו לישון, ולא ידעו כלל שהושמע להם צליל כלשהו.

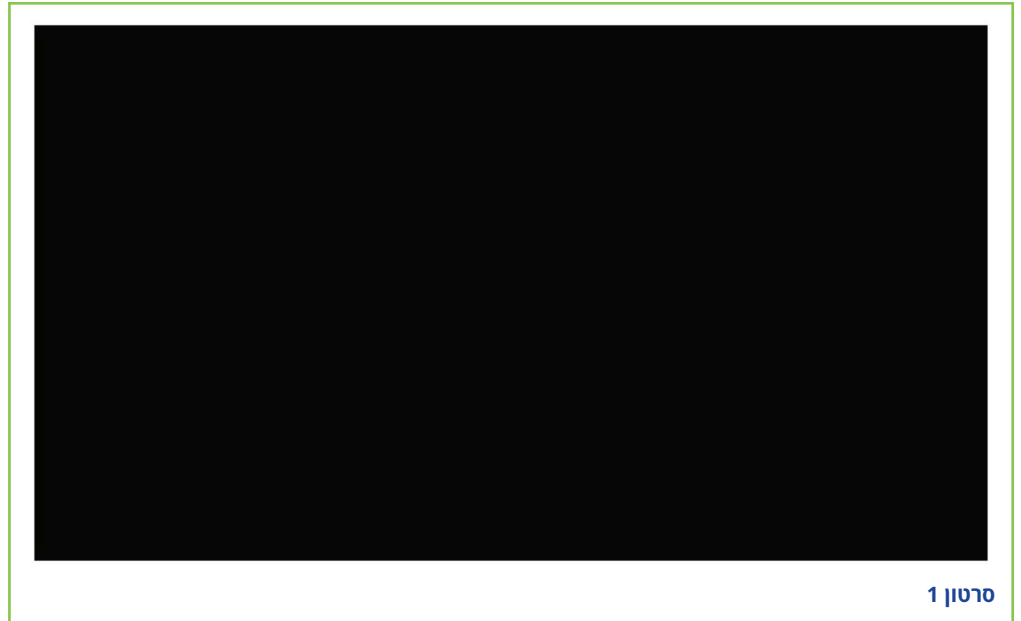
השווינו את זכירת המיקום של תמונות אלה יחסית לתמונות האחרות (שהצליל שנלווה אליהן לא נוגן במהלך השינה). הזיכרה הייתה טובה יותר עבור תמונות שהצליל שלהן נוגן במהלך השינה. כאשר הושמעו הצלילים, אחסון הזיכרון במוח ודאי השתנה (ראו סרטון 1). כך, שיטת ניסוי כללית זו (ראו איור 1) מאפשרת למדעני המוח לפרוץ לתוך הזיכרונות.

**פיצוח הזיכרון**

מחקר זה מקדם אותנו לקראת הבנת האופן שבו זיכרונות מאוחסנים במוח. הממצאים גם מעלים אפשרות מסעירה – אולי אנשים יוכלו לבחור אלה זיכרונות להפעיל מחדש במהלך השינה בבית. למה כדאי להם לעשות זאת? סיבה אחת היא שאנו עלולים לא לישון מספיק. ואפילו כשאנו ישנים מספיק, השינה עלולה לא לפעול באופן מושלם. בלי להיות מודעים

## סרטון 1

הפעלה מחדש מְכַנֶּת של זיכרונות קטע סרטון זה הופק באמצעות הקרן הלאומית למדע וצוות המדע של האומה. [http://www.nsf.gov/news/special\\_reports/science\\_nation/sleepmemory.jsp](http://www.nsf.gov/news/special_reports/science_nation/sleepmemory.jsp)



לכך, אנו עלולים לתרגל דברים שהיינו מעדיפים לשכוח. האם השינה שלכם מלאה בזיכרונות מרגיזים? אולי במקום זאת תוכלו לתרגל את מה שבאמת הייתם רוצים לזכור.

ישנן אפשרויות רבות לשימוש בשינה כדי לשפר למידה. בשנת 2015, חוקרים עזרו לסטודנטים ללמוד שפה זרה, תוך שימוש דומה באותה שיטה [3]. תחילה השקיעו הסטודנטים זמן בלמידת מילים בהולנדית. כמה מהמילים האלה הוצגו בפניהם שוב בשלב מאוחר יותר, כאשר הסטודנטים ישנו. כאשר הם התעוררו הם ידעו טוב יותר את המשמעויות של המילים שהוצגו להם כאשר ישנו, יחסית למילים שלא הוצגו להם במהלך השינה. במחקר דומה שיפרנו את הלמידה של חוקי דקדוק שיש להם חשיבות לצורך למידת שפה חדשה [4]. כך גם חיזקנו מיומנויות מוזיקליות במהלך השינה [5]. באותו מחקר, סטודנטים למדו תחילה לנגן שני שירים על מקלדת. זה היה כמו במשחק הווידאו "גיטאר הירו": עיגולים שנעו על המסך הדריכו את הסטודנטים ללחוץ על מקשים בסדר הנכון ליצירת כל שיר. אחר כך הגיע זמן השינה, ואחריה הסטודנטים השתפרו בניגון השיר שנוגן בשקט בזמן שישנו.

אנו לומדים מיומנויות והרגלים מסוימים בלי שאנו מודעים לכך. המונח המדעי לסוג כזה של למידה הוא **למידה סמויה**. דוגמה אחת לכך היא ההרגל המגונה של חריקת שיניים במהלך השינה. אם אתם עושים זאת, איך תוכלו ללמוד להפסיק? עלול להיות קשה לשלוט על משהו שעושים רק כאשר ישנים. הרעיון שלנו הוא שצלילים מסוימים שינוגנו במהלך השינה עשויים לעזור. ראשית, אנשים ילמדו לשחרר את הלסתות שלהם כאשר הם מאזינים ל"צליל מרגיע" במהלך היום. אחר כך, אותו צליל יכול לאותת להם להרגיע את הלסתות גם במהלך השינה.

רעיונות חדשים כגון אלה צריכים להיבדק. איננו יודעים עדיין אם הם יפעלו בהצלחה, אבל אנו מלאי תקווה הודות לתוצאות של כמה מחקרים אחרים. למשל, שיטת השינה שלנו עזרה להיפטר מהרגל אחר – השתמשנו בה לחיזוק תרגול שמטרתו הפחתת דעה קדומה [6].

## למידה סמויה (Implicit learning)

סוג של למידה המתרחשת בלי שהאדם מודע למה שלמד. אחרי למידה זו, כמו ברכישת מיומנות; הרגל או הליך, ייתכן כי אנשים יחשבו ויתנהגו באופן שונה בלי שיהיו מודעים לכך שמחשבותיהם והתנהגותם השתנו עקב למידה סמויה.

### דעה קדומה חברתית בלתי מודעת (Unconscious social bias)

סוג של למידת הרגל שבו אנו רוכשים רעיונות כלליים על קבוצת אנשים. דעות קדומות אלה משפיעות על האופן שבו אנו מתייחסים לאחרים, לפעמים בצורה בלתי הוגנת, אפילו כאשר איננו מודעים לכך שההתנהגויות שלנו מנוהלות על-ידי למידה זו.

כדי להבין את הניסוי שלנו, חִשְׁבו על הדברים האלה – כולנו קולטים בהדרגה תפיסות על קבוצות אנשים בְּשָׁל היותנו חשופים לסרטים, לטלוויזיה וכדומה. זהו תהליך טבעי בלמידה. אנו יכולים לקלוט רעיונות כאלה (הכללה) בלי שאנו מודעים לכך, ואפילו בלי שבאמת נסכים עם הרעיונות האלה. בעקבות זאת, הרעיונות האלה עלולים להשפיע על המחשבות שלנו ועל ההתייחסות שלנו לאנשים מאותה קבוצה. הנה דוגמה אחת: לפני זמן רב, היה סטריאוטיפ נפוץ שנשים אינן חכמות דיין כדי להיות מדעניות. לעיתים קרובות, תפקיד המדענים בסרטי הטלוויזיה ניתן לשחקנים לְבָנֵי עור, זקנים וקירחים. חשיפה לסטריאוטיפ הזה עלולה לגרום ל**דעה קדומה חברתית בלתי מודעת**. סוג זה של דעה קדומה על קבוצת אנשים משפיע בדרך כלל על האופן שבו אנו מתייחסים לאנשים אחרים, ואיננו אמורים להיות מודעים להשפעה זו. אבל, כמו סוגי למידה אחרים אפשר לשנות את הרגלי הדעה הקדומה האלה בעזרת תרגול. למשל, חוויות חוזרות ונשנות של פגישה עם נשים שהן מדעניות מצוינות עשויות להפחית את הדעה הקדומה שאולי קלטתם מהתקשורת. הניסוי שלנו הראה כי "מעוררי זיכרון" במהלך השינה יכולים לחזק את התרגול להפחתת דעות קדומות נפוצות על אנשים.

מחקר עשוי גם ליצור דרכים להשגת יתרונות מועילים אחרים תוך שימוש ב"מעוררי זיכרון" במהלך השינה. למשל, הלמידה חשובה מאוד לאדם שסובל מנוזק מוחי. ייתכן כי החולה צריך להחזיר לעצמו את היכולת לדבֵר או לנוע בצורה תקינה. מטרתן של פגישות שיקום היא לזרז את הלמידה ברשתות מוח מסוימות. ההחלמה תלויה במידת ההתקדמות של הלמידה. אם ניתנות רק כמה שעות ריפוי בשבוע, השיקום עלול להימשך זמן רב. ריפוי שנעזר בשינה יכול להשתמש בצלילים שנמצאים באסוציאציה לפעולות שהחולה מנסה ללמוד. ייתכן כי ניגון הצלילים האלה בכל לילה יזרז את ההחלמה של האדם. אנו מלאי תקווה כי ניסויים עתידיים יראו איך הדבר יכול להצליח.

## האם פיצוח הזיכרון עלול להזיק?

דרכים חדשות לשינוי זיכרונות עלולות לְגַבּוֹת מחיר. עד כה הדגשתי דרכים לעזור לאנשים. אבל האם שיטות אלה עלולות להזיק להם?

ברומן שלו, "עולם חדש מופלא" [7], דמיין הסופר אלדוס האקסלי עד כמה המצב יכול להיות גרוע. בסיפור זה, המדינה שלטה על נתיניה באמצעות משהו אשר האקסלי קרא לו "היפנופדיה" (Hypnopedia). כלומר, כאשר תינוקות וילדים ישנו לימדו אותם דרכי חשיבה מסוימות. לכל אחד הוקצה תפקיד ייחודי בחברה, חלקם במעמד גבוה וחלקם במעמד נמוך. כולם שוכנעו לקנות דברים ולהיות צרכנים נלהבים. בגלל התרגול הזה נראה שלבני האדם בעולם הזה לא הייתה כל ברירה אלא לקיים את חובותיהם ולקבל את המעמד שהוקצה להם.

בכל הנוגע לטכנולוגיות חדשות אנו צריכים להתקדם בזהירות. אנשים אינם רוצים שִׁיִּשְׁנוֹ להם את הזיכרונות במהלך השינה ללא רשותם. ייתכן כי ניצול לרעה של שיטה זו אפשרי. למשל, בעל מלון בלתי מוסרי עלול לנגן הודעות לאורחי המלון בעודם ישנים. האורחים עלולים לקבל פרסום בלתי רצוי בלי שיהיו מודעים לכך. אנו צריכים לעמוד על המשמר כדי ששיטות לשינוי זיכרונות במהלך השינה לא ינוצלו לרעה.

בניסויים שתוארו, השיטה דרשה קצת תרגול. אנשים תמיד היו ערים במהלך התרגול הזה, ולא הוסתר מהם הדבר שלמדו. דרך אחת עבור אדם להימנע משינוי זיכרון בלתי רצוי במהלך השינה היא לממש את זכותו לדחות את מה שמלמדים אותו מלכתחילה.

מדע המוח פתח דלת לאפשרויות חדשות להדרכת המוח הישן כדי שיפעל טוב יותר. במידת מה, זה כאילו נמדונים באמת מנקים את המוח שלכם בעודכם ישנים. בעזרת מאמצים מדעיים נוספים בכיוונים החדשים האלה, הבנה טובה יותר של המוח הישן עשויה להביא יתרונות שונים רבים. טוב יהיה אם מחקר זה יעניק לנו סיבות נוספות להוקיר את הצורך שלנו בשינה, ולא להתרעם על כך.

## תודות

חלק מהמחקר שהוביל לתוצאות האלה קיבל מימון מקרן המדע הלאומית. אני אסיר תודה למשתפי הפעולה הרבים במחקר זה, ולחברי John Kounios, Marcia Grabowecy, Lisa Munoz ו-Lisa Munoz, על עזרתם בכתיבה. מאמר זה מבוסס על מאמר שהופיע במקור ב-LiveScience.com.

## מקורות

1. Rudoy, J. D., Voss, J. L., Westerberg, C. E., and Paller, K. A. 2009. Strengthening individual memories by reactivating them during sleep. *Science* 326:1079. doi: 10.1126/science.1179013
2. Oudiette, D., and Paller, K. A. 2013. Upgrading the sleeping brain with targeted memory reactivation. *Trends Cogn. Sci.* 13:142–9. doi: 10.1016/j.tics.2013.01.006
3. Schreiner, T., and Rasch, B. 2015. Boosting vocabulary learning by verbal cueing during sleep. *Cereb. Cortex* 25:4169–79. doi: 10.1093/cercor/bhu139
4. Batterink, L. J., and Paller, K. A. 2017. Sleep-based memory processing facilitates grammatical generalization: Evidence from targeted memory reactivation. *Brain Lang.* 167:83–93. doi: 10.1016/j.bandl.2015.09.003
5. Antony, J. W., Gobel, E. W., O'Hare, J. K., Reber, P. J., and Paller, K. A. 2012. Cued memory reactivation during sleep influences skill learning. *Nat. Neurosci.* 15:1114–6. doi: 10.1038/nn.3152
6. Hu, X., Antony, J. W., Creery, J. D., Vargas, I. M., Bodenhausen, G. V., and Paller, K. A. 2015. Unlearning implicit social biases during sleep. *Science* 348:1013–5. doi: 10.1126/science.aaa3841
7. Huxley, A. 1932. *Brave New World*.

פורסם אונליין: 25 בינואר 2019

נערך על ידי: Kathleen Haaland, University of New Mexico, United States

ציטוט: Paller KA (2019) האם נמדונים מנקים את המוח שלכם כאשר אתם ישנים? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2018.00023-he

**תורגם והותאם:**

Paller KA (2018) Do House-Elves Clean Your Brain While You Sleep? Front. Young Minds 6:23. doi: 10.3389/frym.2018.00023

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

**COPYRIGHT** © Paller 2018. 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 למחבר(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****EXPLORA SCIENCE CENTER AND CHILDREN'S MUSEUM, גיל: 7-15**

הסוקרים הצעירים של אקספלורה הם קבוצת חובבי מדע העובדים עם מנחי המוזיאון ועם יועצים מאוניברסיטת ניו מקסיקו. אנו נהנים ללמוד על המוח בעזרת מאמרים, התנסויות מעשיות והדגמות. אנו גם נהנים לקרוא על מחקרים חדשים, לשאול שאלות ולהציע הצעות שיעזרו למדענים להפוך את עבודתם למובנת יותר לכול!

**הכותב****KEN A. PALLER**

אני פרופסור באוניברסיטת Northwestern שנמצאת ליד אגם מישיגן באוונסטון, אילינוי, ארצות הברית. אני נהנה מהאתגר הכרוך בתכנון ניסויים שיכולים לספק תובנות בנושא הזיכרון והחוויית המודעות שלנו. אני גם נהנה מהתחביב שלי לנגן בלהקת רוק'נ'רול. אני מרגיש בר מזל שעבודתי במהלך היום כרוכה בתמיהה על האופן שבו המוח האנושי פועל. אני מלא תקווה שהממצים המשותפים שלנו להשגת ידע בתחום מדעי המוח יתרמו לשיפור חיי בני האדם. \*kap@northwestern.edu.



Hebrew version  
provided by

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

