

רגעי ההולדת של זיכרונות חדשים וישנים במוח האדם



מאת פרופ' ידין דודאי

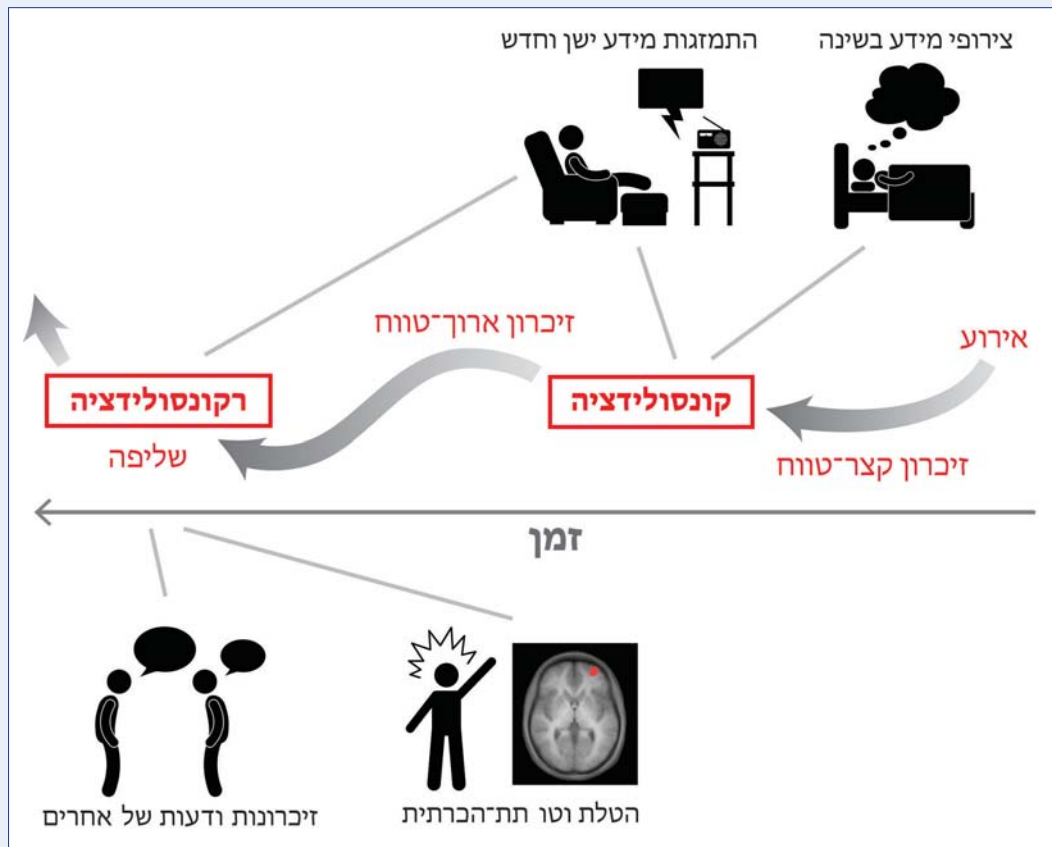
זיכרון אחדים. ואף כי החוקרים חלוקים בדבר החלוקה הנכונה של סוגי הזיכרון השונים, בעיקר בדבר השאלה מהי החלוקה הטבעית לעומת החלוקה המלאכותית שאנו יוצרים כדי להקל על הבנתנו את המוח וההתנהגות, אין חולקים על המסקנה שהזיכרון האנושי מורכב מיכולות מגוונות מבחינת תוכן ושימושן. למשל, אין הזיכרון של מיומנויות, כגון תנועות והפעלות של תוכנות ומכשירים מוכרים, שהוא זיכרון הנשלף אפילו בהיסח הדעת, כזיכרון של חוויות, המלווה במין תחושה של מסע במרחב המנטלי אל העבר הפרטי, ואפילו בהרגשה כאילו הדברים מתרחשים ברגע ההיזכרות ממש. ואמנם אחת החלוקות המקובלות בתחום חקר הזיכרון היא בין זיכרון שאיננו נדרש למודעות בעת שליפתו, כגון זיכרון המיומנויות דלעיל, לבין זיכרון הנדרש למודעות בעת שליפתו, כגון זיכרון של עובדות וחוויות. זיכרון מן הסוג האחרון קרוי "הצהרתי" ("דקלרטיבי"), ומן הסוג הראשון, "לא הצהרתי" ("לא-דקלרטיבי"). כשאדם מן היישוב אומר "אני זוכר", הכוונה בדרך כלל לזיכרון הצהרתי, ולעתים תכופות, לאותו חלק של הזיכרון הצהרתי שהוא זיכרון חווייתי.

עובדת היסוד האחרת הראויה לציון היא שזיכרון, ממש כמו בני אדם, מתפתח ומשתנה לאורך זמן.

האדם הוא תבנית נוף זיכרונו. הזיכרון הוא עוגן פנימי המאגד את אישיותנו, מחבר אותנו לסביבתנו, מאפשר לנו לזהות את היקרים לנו ולנצור את חוויות חיינו, מנווט אותנו בחיי היום-יום ומאפשר לנו לתכנן ולדמיין את העתיד. לא פלא הוא שאחד החששות הכבדים ביותר שלנו, חשש שהמודעות העצמית אליו הולכת ומתעצמת עם הגיל, הוא שנאבד את הזיכרון, ונמצא עצמנו בזהים בעולם שמשכו, בכל הרף עין, הוא הרף עין בלבד. אבל אף שאנו מתייחסים לזיכרון כמרכיב מרכזי בעיגון המציאות שלנו, למעשה זהו עוגן לא-יציב למדי, המסוגל לשנות תוכנו וצורתו ללא הרף. מדוע זה כך, וכיצד זה קורה? שאלות אלו מצויות בחזית המחקר של חקר המוח והזיכרון, והשנים האחרונות מספקות לנו תובנות חדשות שראוי לזכור אותן, שכן הן חורגות בהרבה מכותלי מעבדות המחקר, והשלכותיהן רבות בכל תחומי חיינו, האישיים והחברתיים.

דעת והיסח הדעת

די להבין אחדות מן התובנות הללו ראוי לתת את הדעת לשתי עובדות יסוד: האחת, הזיכרון שלנו איננו עשוי מקשה אחת; יש לנו סוגי



איור 1: עם הגורמים לשינוי של זיכרון ארוך-טווח עם השימוש בו, ניתן למנות צירופי מידע חדש וישן בעת שינה והתמזגותו של מידע חדש וישן בעת ערות, במהלך הקונסולידציה של הזיכרון, וכן מידע הנובע מהסביבה החברתית (זיכרונות ודעות של אחרים) ושליפה ברנית (בשל הטלת וטו תת-הכרתית על פיסות מידע מסוימות) בעת השליפה והרקונסולידציה הנגרמת בעמידה.

תהליך של הבשלה, שבתחום חקר הזיכרון מכונה "קונסולידציה". כל זיכרון לטווח ארוך, יהא זה זיכרון מיומנות או זיכרון הצהרתי, זיכרון תגובתי ברכיכה, זיכרון הריח בעכבר, זיכרון הפילה בפילה או זיכרון השיר בבני אדם, עובר תהליך של קונסולידציה בדקות ובשעות הראשונות לחייו. תהליך זה קרוי "קונסולידציה של סינפסות" או "קונסולידציה של תאים", והסיבה לשמו היא שמבחינה מנגנונית קונסולידציה זו כרוכה בשינויים מולקולריים (כימיים) המתרחשים בתאי עצב וכן באתרי המגע בין תא עצב אחד למשנהו (סינפסות). יש סוג נוסף של קונסולידציה, הקרוי "קונסולידציה מערכתית",

חוקרים נוהגים להבחין בין שלבים עיקריים אחדים בחייו של פריט בזיכרון. ראשית, רכישתו. כאבחנתו הפואטית של אלתרמן, "גם למראה נושן יש רגע של הולדת". הרכישה מתרחשת לעתים תכופות כהרף עין, למשל בעת חוויה. יש שיגרסו שגם רכישת מיומנות המתרחשת לאורך זמן ממושך (כמו למשל לימוד נהיגה או תפעול מחשב) מורכבת למעשה מהצטברות של רכישות כהרף עין. אולם רכישת זיכרון כשלעצמה אינה מספקת לשימורו לטווח ארוך. יש שהזיכרון נמוג לאחר שניות או דקות. במקרה כזה נהוג לומר שהיה זה זיכרון לטווח קצר בלבד. כדי שהזיכרון יישמר לטווח ארוך, עליו לעבור

בלבד. אין מדובר באחסון כמו של ספר בספרייה או של קופסה במגירה, כי אם בתהליך ביולוגי מורכב, שבו ייצוגי מידע המרכיבים את הזיכרון או חלקים ממנו נשמרים במתווי קישור או פעילות של רשתות עצביות, או שנשמרת היכולת של ייצוגי המידע הללו להיות מורכבים מחדש כדי ליצור את הזיכרון כהרף עין משנדרשת שליפתו. אף שאנו יודעים היום לא מעט על המנגנונים המולקולריים והתאיים שמאפשרים לייצוגים להיווצר ולהתבטא מחדש בעת השליפה, עדיין איננו מבינים מה הוא המנגנון המפורט שמאפשר להם לשרוד לאחר חודשים ושנים, ובעיקר איננו מבינים כיצד, בעצם, נעשית השליפה של זיכרונות מורכבים באופן המאפשר למוח לשלוף או ליצור ייצוג מורכב (כמו של מראה נושן) תוך חלקיק השנייה וללא הכנה מוקדמת. בשלב הנוכחי הדרך היחידה לדעת שזיכרון אמנם נשמר היא לזהות את שליפתו. מטבע הדברים, הבנת השליפה יכולה לסייע רבות בהבנת תהליך ה"אחסון", ולכן הבנתו של תהליך השליפה היא מטרה מבוקשת מאוד על ידי צוותי מדענים בחקר המוח והזיכרון בעולם כולו. רבים מן החוקרים חושבים שעד שלא נבין כיצד נעשית שליפתו של זיכרון מורכב, לא נבין היטב את מערכות הזיכרון במוחנו.

זה לא אותו הזיכרון

השאלה המרתקת רבים מאתנו, והיא גם אחת משאלות המחקר המרכזיות במעבדתנו, היא מה קורה לפריט הזיכרון לאחר שנשלף. המחשבה הנאיבית כלשהי היא שמשנעשה בו שימוש, שב פריט הזיכרון ל"אחסונו" כמות שהוא עד לשליפה הבאה. הדבר אולי מתרחש לאחר שליפה של מיומנויות בשלות, אבל כאשר מדובר בזיכרונות חווייתיים, התמונה שונה לגמרי. קרוב לוודאי שמשנשלף, אין אותו הזיכרון שב להיות כשהיה. יש לכך סיבות מכניסטיות ותפקודיות וגם השלכות תאורטיות ומעשיות. אחת מן ההשלכות היא שמשום שהזיכרון

הנמשך ימים, שבועות ואף חודשים, ובמהלכו ייצוגו של האירוע מתבזר על פני אתרים שונים במוח. תהליך זה מתרחש רק בזיכרונות מוצהרים, הווי אומר זיכרון של עובדות או חוויות. הוא מבוסס על קידוד מידע ראשוני באיבר מוח הקרוי היפוקמפוס, שלאחריו מתבצעת העברה חלקית של הזיכרון לקליפת המוח (הקורטקס). פגיעה בהיפוקמפוס מונעת את תהליך הקונסולידציה הזה וגוררת אובדן זיכרון (אמנזיה), שמתבטא באובדן היכולת לזכור מידע הצהרתי מבלי שנפגע הזיכרון של מיומנויות. בשל קוצר היריעה לא נתייחס כאן בפרוטרוט לסוג של קונסולידציה.

סוכני מחיקה

תכונה חשובה של תהליך הקונסולידציה בכלל היא שניתן להתערב בו כך שהזיכרון ישתבש או יימחק ולא יהפוך לזיכרון לטווח ארוך. אחת הדרכים היעילות ביותר לעשות זאת היא באמצעות תרופות מסוימות המשבשות את יצירתם של חלבונים חדשים בתאי העצב, את בקרת הגנים (החומר הגנטי) בתאים אלה או את תהליכי ההעברה של אותות כימיים מתא עצב אחד למשנהו. באורח טבעי המוח מסתייע כנראה ברגישות חולפת זו של פריט הזיכרון החדש כדי לעצבו ולהתאימו לבסיס הידע שכבר קיים במוח. אבל במעבדה ניתן להשתמש בתכונה זו כדי למחוק זיכרונות זמן קצר לאחר היווצרותם. טיפולים וחומרים המסוגלים לשבש זיכרון ולמחקו בעת קונסולידציה קרויים "סוכנים אמנסטיים" (מלשון "אמנזיה", וראו לעיל) או "סוכני מחיקה".

תכונה מעניינת נוספת של תהליך הקונסולידציה היא שהוא נזקק לשינה כדי להגיע לבשלות. במיוחד אמורים הדברים בזיכרונות הצהרתיים, אבל יש עדויות שגם זיכרונות של מיומנות נשכרים משינה. במילים אחרות, חוסר שינה או שיבושים בה מעכבים ומשבשים את הקונסולידציה.

משהבשיל תהליך הקונסולידציה, מאוחסן הפריט בזיכרון ארוך-הטווח. המונח "מאוחסן" הוא מטאפורה

אם בכל פעם השימוש הוא בתנאי סביבה אחרים (ומטבע הדברים שליפה, בעיקר של זיכרונות חווייתיים, שבהם לקואורדינטות זמן ומרחב תפקיד מכריע, כמעט שאינה נעשית באותם תנאים של רכישתו של אותו הזיכרון או של שליפתו הקודמת). במילים אחרות, נובע אולי, כהיפרבולה, שהזיכרון המהימן ביותר הוא אותו זיכרון שלא שלפנו אותו מעולם לא במודע ולא בהיסח הדעת או אפילו לא תוך כדי שינה. מסקנה פרדוקסלית זו היא מין מקבילה של תולדה פופולרית של עקרון אי-הוודאות של הייזנברג, שלפיה עצם המדידה משנה את הנמדד, ובמקרה שלנו – עצם השימוש משנה את המושמש. מכיוון שזיכרונות נשלפים יכולים להשתנות תוך כדי שליפה ורקונסולידציה, נובע גם כי קשה לסמוך על מהימנותו של זיכרון חווייתי, כגון זיכרוננו של מטופל במרפאה פסיכולוגית או של עד בבית משפט. יתר על כן, צפוי שככל שהמטופל או העד ייחקרו יותר, כן יגדל הסיכוי שתשובותיהם לא תייצגנה את זיכרונם הראשוני, ובוודאי לא את האירוע המקורי כפי שחוו אותו.

אבל מאחורי כל זה מסתתרת אולי גם תועלת אפשרית. תארו לכם מצב שבו אדם לוקה בפוסט-טראומה. האם אפשר לשלף את הזיכרון הטראומטי לאחר שנים, ותוך כדי הרקונסולידציה שמתרחשת מיד לאחר השליפה, לנסות ולעמעם את החרדה והכאב? בבעלי חיים זה כנראה עובד, אבל רק בזיכרונות פשוטים, שבהם יש קישור ישיר בין הטראומה (כגון מצב יוצר פחד) לבין אות בודד המעורר את הפחד. בבני אדם הניסיונות לעשות זאת לא צלחו עד כה, בעיקר כנראה משום שזיכרונות טראומה בבני אדם הופכים עם השנים לרשת סבוכה של זיכרונות והקשרים רבים מאוד, ולכן אין השינוי באחד מן ההקשרים הנשלף בעת ההיזכרות מספיק כדי לעמעם את הזיכרון כולו. אבל ניסיונות לנצל את חלון הרקונסולידציה לשם עמעומו של זיכרון הטראומה נמשכים בשיטות שונות, הן התנהגותיות והן תרופתיות, בבתי חולים ובמרכזי מחקר בעולם. ◀

איננו שב ל"אחסונו" במצבו כפי שהיה לפני השליפה, זיכרונות, ובעיקר זיכרונות חווייתיים, אינם מדויקים בדרך כלל ואינם משקפים כיאות את אשר אירע במציאות זמן רב קודם לכן. אבל נפנה תחילה לסיבות המכניסטיות, כי הן מפתיעות למדי.

כאמור, פריט חדש בזיכרון עובר תהליך קונסולידציה מיד לאחר רכישתו, ובמהלך תהליך זה הזיכרון ניתן לשינוי ולערעור. בשנים האחרונות התברר, בעבודות שנעשו במעבדות שונות ובהן מעבדתנו, כי גם זיכרונות ישנים, של אירועים שהתרחשו לפני חודשים, שנים ואפילו דורות, עשויים להיכנס מחדש לתהליך דמויקונסולידציה מיד לאחר שנשלפו. התהליך, הקרוי "רקונסולידציה", איננו זהה ממש לתהליך הקונסולידציה של פריט זיכרון חדש, אבל לשני התהליכים יש מכנה משותף מכריע: בשני המקרים ניתן לשנות ולשבש, ואולי אף למחוק, את הזיכרון באמצעות אותם סוכנים אמנסטיים. חלון הזמנים של הרקונסולידציה הוא קצר – מרגע השליפה ועד לדקות ספורות לאחריה.

למצא זה השלכות אחדות: ראשית, הוא אומר משהו על הדרך שבה ייצוגי הזיכרון נשמרים. נראה שאינם מוטבעים כהטבעה קשיחה של פעילות עצבית אלא כחתימה שברירת למדי הניתנת לשינוי מדי פעם, כלומר תהליך "אחסון" הזיכרון הוא דינמי; שנית, הוא מרמז שכל שימוש בזיכרון יכול לשנותו, שכן במציאות, בהיעדר טיפולים ישירים של סוכנים אמנסטיים, גירויי הסביבה ואותות אחרים הנוצרים במוח עצמו יכולים לדמות את פעולתם של הסוכנים הללו. כך למשל מידע חדש בעת השליפה יכול להשתלב במידע הנשלף בעת תהליך הרקונסולידציה ולשנות את הזיכרון הישן. משהסתיימה השליפה, והזיכרון מאוחסן מחדש, כבר אין זה אותו הזיכרון.

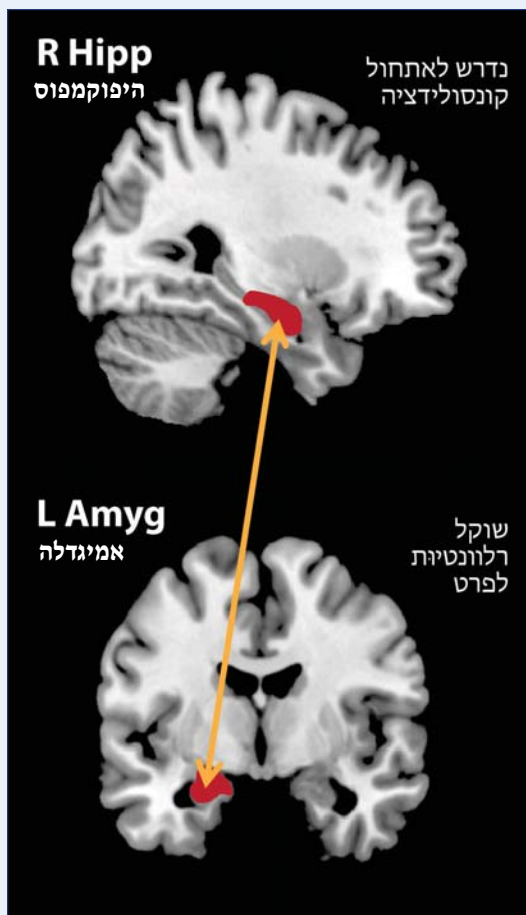
עקרון אי-הוודאות של הזיכרון

ראה אפוא שזיכרונות חווייתיים נוטים להשתנות ככל שמשתמשים בהם יותר, בעיקר

ישתנה בשל הגבתו עם מידע אחר שכבר מצוי במוח ומועלה בשינה מבלי דעת; וכי עם שליפת הזיכרון, שיכולה להתרחש אפילו חודשים ושנים לאחר מכן, עשוי הזיכרון (או עלול, תלוי בנקודת המבט של הצופה) להשתנות בשל תנאי הסביבה ובשל מידע חדש המגיבים עם הזיכרון הנשלף גם יחד. נוסף על כך, יעילות השליפה עצמה יכולה להיות מושפעת מנטייתו של המוח להטיל מדי פעם איסורים ("וטו") על שליפתם של פרטי מידע מסוימים בשל "מנגנוני הגנה" על יציבותו ושימושיותו של המערך הקוגניטיבי והרגשי, מנגנונים משוערים שדיון בהם חורג מתחומו של הדיון הנוכחי, ושליפה חלקית שכזו עלולה להשפיע על יעילות השליפה לאחר מכן. במילים אחרות, גם לזיכרונות חדשים וגם לזיכרונות ישנים יש רגעי הולדת ותקופות התבגרות והתנסות, והם משפיעים השפעה מכרעת על תוכן הזיכרון הנותר לעתיד.

זיכרוןם של אחרים

חד הגורמים היום-יומיים המשפיעים במיוחד על זיכרונו ומסוגלים לשנות אותו הוא סביבתנו החברתית, הכוללת גם את זיכרונום של אחרים. ניסוי שנערך בקבוצתנו, עם ד"ר מיכה אדלסון, מדגים זאת היטב. הניסוי מתחיל בצורה תמימה למדי. קבוצות ובהן חמישה מתנדבים כל אחת מתבקשות, כל קבוצה בפני עצמה, לצפות בסרט דוקומנטרי. בהנחיות הניתנות לצופים (צופים או צופות, כמובן) נאמר כי הם משתתפים בניסוי של השפעת סרטים על המוח ועל ההתנהגות – אין הם מונחים לפני הצפייה לזכור דווקא את אשר יצפו בו. כעבור ימים אחדים כל משתתף מתבקש לשוב למעבדה ולענות על שאלון ממוחשב הבוחן את הזיכרון לאירועים שהתרחשו בסרט וגם את מידת הביטחון העצמי בתשובות. מפליא כמה פרטים שוליים אנשים זוכרים מאירוע שכזה: אחוז ההצלחה של המשתתפים במתן תשובות נכונות הוא



איור 2: תמונות שהתקבלו בהדמיה מגנטית תפקודית של מוח האדם, המציגות חתכים וירטואליים של המוח. התמונות מראות פעילות גבוהה (מסומנת באדום) בעת שינוי של זיכרון ארוך-טווח בעקבות לחץ חברתי. תקשורת ופעילות ברו־זמנית של האמיגדלה (המקדדת רלוונטיות לפרט, כולל רלוונטיות רגשית וחברתית) ושל ההיפוקמפוס (החיוני לקידוד של חוויות), תורמות לשינוי הזיכרון באמצעות לחץ חברתי. לפרטי הניסוי ראו בטקסט.

◀ אם נתבונן אפוא במהלך חייו של זיכרון, נגלה כי רגעי ההולדת של זיכרונות חדשים רגישים לשינויים בזיכרון המוטבע, שינויים היכולים לנבוע מתנאי הסביבה ולהיות מושרים מדעת או שלא מדעת; כי במהלך השינה, הנדרשת להשלמת הקונסולידציה בלילה שלאחר הרכישה ואולי גם בלילות שלאחר מכן, יש סיכוי שהזיכרון החדש

והביטחון בהן) ומנסה לאתר את אותם מתארי פעילות במוח שנרשמו בשעת החשיפה לתשובות המשתתפים האחרים וש"מנבאים" שתשובתו של המשתתף תשתנה לאחר מכן. בשיטה זו נמצא כי כדי שהזיכרון אמנם ישתנה בעקבות הלחץ חברתי (שבמקרה זה מבוטא בזיכרונם הנוגד של אחרים), על שני אזורי מוח להיות פעילים בעת ובעונה אחת ולתקשר האחד עם רעהו: האמיגדלה, אזור במוח הצדעי המשתתף בייצוגים רגשיים וחברתיים, צריכה להגביר פעולתה, ובד בבד עליה לתקשר עם ההיפוקמפוס, אותו אזור המשתתף ברכישת זיכרון, שכבר הוזכר למעלה בהקשר של קונסולידציה מערכתית. חתימת פעילות כזו של שני האזורים גם יחד היא כנראה הדוחפת את המידע החדש, שלו במקרה זה ערך חברתי (ולכן רגשי), להשתלב במידע הישן ולשנותו.

מחירו של הדמיון

מצאי המחקרים על קונסולידציה ורקונסולידציה משתלבים במידע רב אחר המצטבר בחקר המוח והזיכרון ויוצרים תמונה שלפיה הזיכרון ההצהרתי, ובעיקר החווייתי, הוא גוף ידע שפריטיו עוברים עריכה שוב ושוב. תמונה זו מעלה שאלה מעניינת: מדוע נוצרה בטבע מערכת זיכרון שאיננה אמינה ומדויקת? הרי אפשר לשער שבמהלך האבולוציה תתפתחנה מערכות זיכרון בצורה שתאפשר להן לשמר את המידע שנאגר בהן ולשחזרו במדויק. למה הדבר דומה? תארו לעצמכם שאתה מפעילים מחשב, מקלידים בו תמליל כלשהו ובבוקר שלמחרת מגלים כי התמליל שהקלדתם בעמל רב השתבש. התגובה הראשונה של כל אחד מאתנו היא תיקון המחשב או החלפתו באחר, משום שמחשב ללא זיכרון מהימן ומדויק איננו ראוי לעבודה. אבל זה מה שהמוח שלנו עושה בזיכרון חווייתי: רישומו עלול להסתבר כלא מהימן ולא מדויק. עובדה זו מפתיעה אף יותר אם מביאים

גבוה מאוד, וחלק גדול מן התשובות הנכונות מלווה בהרגשת ביטחון מלא בנכונות התשובה. בשלב הבא כל משתתף צופה לבדו, בצג מחשב, בתשובות של המשתתפים שעמם צפה בסרט לשאלות שעליהן נשאל קודם לכן. בפועל המשתתף רואה על צג המחשב את תמונות ארבעת חבריו, והתשובה לשאלה המתאימה מוצגת מתחת לתמונתו של כל משתתף. הניסוי מתוכנן כך שלחלק ניכר מן השאלות שתשובות המשתתף להן קודם לכן היו נכונות וניתנו בביטחון מלא, ניתנות עתה ארבע תשובות לא נכונות (כלומר תשובה לא נכונה מוצגת מתחת לתמונה של כל משתתף אחר בקבוצה). במבחן מאוחר יותר, כל משתתף משנה יותר משני שלישים מן התשובות לשאלות שקודם לכן נענו נכון ובביטחון מלא! אם במקום תמונות השותפים לצפייה מציגים תמונות של מחשבים, עם אותן תשובות לא נכונות מתחת להן, ההשפעה קטנה הרבה יותר. במילים אחרות, ההשפעה החברתית – המתווכת על ידי התמונות של השותפים לצפייה – היא גורם נכבד בלחץ לשינוי הזיכרון. אבל האם זהו באמת שינוי זיכרון? במידה מרובה כן: גם אם מגלים לאחר מכן לכל משתתף כי התשובות שראה הן לא באמת התשובות שנתנו חבריו לצפייה כי אם הטעיה מכוונת על ידי הנסיין, גם אז, במבחן חוזר, כמחצית מן התשובות נותרות מוטעות (אף כי כאמור אלו תשובות לשאלות שלפני הפעלת הלחץ החברתי היו נכונות וניתנו בביטחון מלא).

אפשר להשתמש בדימות מוח לא פולשני (הדמיה מגנטית תפקודית) כדי לבדוק מה מתרחש במוח כאשר המידע החדש (והמוטעה במקרה זה) מגיב עם המידע הנשלף ומשנה אותו. עושים זאת כך: כל משתתף נמצא בתוך סורק מגנטי שבוחן את פעילות המוח בשעה שעל הצג מוצגות התשובות של שאר משתתפי הקבוצה, כמתואר לעיל. הסורק מאפשר לחוקר לקבל תמונות פעילות של המוח בכל רגע ורגע. כשנערך מבחן הזיכרון המחודש לאחר מכן נוטל הנסיין את התשובות (כולל מדדי דיוקן

במקורה בשל לחץ אבולוציוני לאפשר למוח להעלות בדמיונו תרחישי עתיד (לא לנבא את העתיד, כמובן, כי אם להריץ ולבחון תרחישים של אירועים שונים בעתיד ולנסות להתכונן אליהם). ליכולת זו יתרון אבולוציוני עצום. אין היא דורשת דיוק דווקא, ואולי אפילו להפך: המנסה לייצר תרחישי עתיד על פי תעתיק מדויק של העבר, סופו שיתכונן למה שהיה ולא למה שיהיה. אם כן, המחיר שאנו משלמים עבור דמיונו הוא אולי שברירותו של הזיכרון החווייתי. אולי אנחנו משלמים גם מחיר אחר, כבד יותר, והוא המודעות לקצנו והחרדה הקיומית ממנו, שהוא תרחיש עתיד המבוסס על מה שאנו לומדים וזוכרים מסביבתנו אבל זה כבר עניין אחר. מנגד, בלי הדמיון, האמנות לא הייתה מוכרת לנו, ועולמנו הפנימי היה קרוב לוודאי עני לאין ערוך. הוא שנאמר, אין ארוחות חינם.

חוקרי המוח והזיכרון יכולים לתאר כיום בפירוט רב למדי את המכניזמים של המערכות המשרתות זיכרון במוח, מרמת המולקולה, דרך רמת האנליזה והתיאור של תאי העצב ותאים אחרים במוח, ועד לסיבוכיות של רשתות עצביות ואיברי מוח והקשרים ביניהם. זוהי המכניקה של המוח, שככל שאנו מבינים אותה יותר, כן גדלה יכולתנו לזהות בה פגמים, לפתח לה תרופות וטיפולים ולתכנן ולבנות מערכות מחשב ורובוטיקה שהמוח ויכולותיו משמשים להן השראה. אבל המסגרת המצומצמת של הסקירה הנוכחית איננה מאפשרת להיכנס לפרטי המכונה. למעשה לא תמיד יש בכך צורך: יכולותיו המופלאות, ולעתים המפתיעות, של זיכרונו והשפעותיהן על חיי היום-יום שלנו ניתנות לתיאור גם ממבט־על, שדי בו כדי להזכיר לנו שמה שאנחנו זוכרים מחויות חיינו הוא מה שהותאם לנרטיב הפנימי שלנו, אבל לא תמיד הוא תואם בפרטיו את מה שזוכרים הסובבים אותנו, שזיכרונום שלהם הותאם לנרטיב הפנימי שלהם. חקר הזיכרון יכול לאפשר לנו אפוא לתרום לא רק לרפואה ולטכנולוגיה ולרווחת האדם והחברה אלא גם לצניעות בהבנת המציאות. ■

◀ בחשבון שהאבולוציה פיתחה במוח יכולות מדויקות מופלאות בתחומים אחרים, כולל תפישה חושית, חישוביות ותגובה מוטורית.

יש פתרונות אפשריים אחדים לתעלומה: ראשית, ייתכן שהמערכת פועלת כפי שהיא פועלת מכיוון שעדיין לא התפתחה לכלל שלמות, או מכיוון שבשל מרכיבי הביולוגיים איננה יכולה לפעול אחרת (כלומר שמגבלותיה נובעות מהחומרה הביולוגית ומיכולת תפעולה). פתרון זה לא הגיוני כל כך בהתחשב בכך שהחומרה הביולוגית הזאת ממש מאפשרת למוחנו לבצע את כל אותן פעולות מהירות ומדויקות שהזכרו למעלה וגם אחרות, ושמערכות זיכרון התפתחו על פני עידנים, וקרוב לוודאי שהיה להן די והותר זמן להשתפר לו היו הלחצים האבולוציוניים דוחפים לכך.

אבל ייתכן גם שמה שבעינינו הוא כשל האי־דיוק, למוח הוא דווקא יתרון. אולי המערכת שאנחנו רואים בה מערכת של זיכרון חווייתי, שמטרתה לכאורה לאפשר לנו לאגור את חויות חיינו, נועדה למעשה ביסודה למהו אחר, או שגם אם יועדה לזכור, אי־דיוקים מקנים לה יתרון בתחום כלשהו. רבים מן העוסקים במערכות המוח של הזיכרון הנקרא חווייתי מעלים את האפשרות שאמנם כך הדבר: המערכת המאפשרת לנו לזכור חויות התפתחה לכיוון מסוים בשל מטלת־על אחרת, שבה לדיוק מתחת לרמה מסוימת אין יתרון, ואולי אפילו יש חיסרון. השערה מקובלת היא שהמטלה הזו היא הדמיון.

העלאת זיכרון חווייתי היא מסע מנטלי לעבר. דמיון הוא מסע מנטלי לעתיד. מחקרים רבים מראים שמערכות המוח המשרתות את הזיכרון החווייתי חופפות בחלקן את מערכות המוח המשרתות את יכולת הדמיון, ושפגיעה חמורה ביכולת הזיכרון החווייתי עלולה להיות מלווה בפגיעה ביכולת הביצוע המנטלי של תרחישי עתיד. אחת האפשרויות המועלות היא שמערכת הזיכרון שאנו מכנים אותה "מערכת הזיכרון החווייתי" התפתחה