

מדע וחדשנות // מה פתאום נזכרתם

מה הקשר בין קשב, זיכרון ויצירתיות, ומדוע חופש מחשבתי אמיתי מתקיים בתוך גבולות שמציב המוח

14:30 14.01.2018 מאת: ערן דינר

קחו כמה רגעים וחשבו, למשל, על שחקן כדורסל ישראלי מפורסם. איזה שם עלה בזיכרוכם, עומרי כספי? אולי, אם אתם מבוגרים יותר, מיקי ברקוביץ', אבל בטח לא צצה בראשכם דמותו של עמוס עוז, למשל. החיפוש שערכתם בזיכרוכם היה חופשי – לא התבקשתם להיזכר בשם מסוים – אך גם תחום מראש לקטגוריה מוגדרת. מובן מאליו, לא? ובכן, לא. כמו הרבה תהליכים המתרחשים במוח, גם יכולתנו לערוך חיפוש חופשיים כאלה בזיכרון נראית אולי טריוויאלית, אך למעשה מעורבים בה תהליכים קוגניטיביים מורכבים ביותר, שעדיין אינם מובנים לנו לגמרי.

הניסיון לתאר את מה שמתרחש במוח בזמן חיפוש תחום כזה בזיכרון עומד כעת במרכזו של מחקר שנערך במעבדתו של פרופ' רפי מלאך מהחוג לנוירוביולוגיה במכון ויצמן למדע, בשיתוף פרופ' אשש מהטה ממכון פיינשטיין למחקר רפואי בניו יורק. ממצאי המחקר פורסמו בכתב העת Nature Communications.

בשיחה עם מגזין TheMarker, מסבירים פרופ' מלאך ותלמיד המחקר איציק נורמן, שהוביל את המחקר, שחקר הזיכרון החופשי הוא רק שלב בדרך למציאת תשובות לשאלות גדולות הרבה יותר. "מה שעניין אותנו זו השאלה איך המוח מגדר תהליכים יצירתיים", אומר מלאך. "התהליכים המוחיים המאפשרים יצירתיות וחשיבה חופשית אינם תהליכים אקראיים של חופש ללא גבולות. אם מישוה מתנהג בצורה לגמרי חופשית, התנהגות זו תהיה כאוטית, חסרת מטרה ואף הרסנית. לכן הבסיס ליצירתיות הוא ביצירת תנאים של חופש מצד אחד, אבל מסגרת מוגדרת מצד אחר. במחקר הזה ביקשנו לבדוק איזה מנגנון במוח מציב מסגרות ליצירתיות בתחום ההיזכרות החופשית".

מהו הקשר בין זיכרון ליצירתיות?

"בהיזכרות חופשית, כמו ביצירתיות, יש מרכיב של חופש מצד אחד, ושל מסגרת מצד אחר, ולכן הנושא הזה התאים לנו כדי לתאר כיצד המוח מייצר מסגרות. גילינו שיש מנגנון במוח שמאפשר לנו לבודד ולתחום סט שלם של ייצוגים מוחיים, ומאפשר לנו להיות יצירתיים בתוך הסט הזה תוך כדי שאנחנו נמנעים מפלישה לסט אחר".

נורמן: "היזכרות יזומה היא תהליך נשלט שיש לו גם היבט ספונטני ומפתיע. כאשר מנסים להיזכר במשהו, לא משנה כמה נתאמץ, להיזכרות יש את הזמן שלה והיא תקרה כשהיא תקרה. השאלה היא איך בכל זאת אנחנו מכוונים ומתעלים את התהליך הזה. כשאנחנו מנסים להיזכר במשהו ספציפי, בקטגוריה ספציפית, איך אנחנו מנתבים את תהליך ההיזכרות כדי שישאר בתוך גבולות מוגדרים.

"נקודת המוצא שלנו במחקר התבססה על תיאוריה עכשווית הקושרת את מנגנוני השליפה מהזיכרון למנגנוני הקשב. ישנו מכניזם שאחראי לכך שכאשר אני מכוון את הקשב כלפי איזשהי קבוצת אובייקטים בעולם, תאי העצב במוח שמקודדים ומייצגים את אותו אובייקט עוברים תהליך של 'התחממות' ורמת הפעילות החשמלית שלהם קצת עולה. זה נותן לייצוגים שאני מחפש יתרון על פני שאר הייצוגים שקיימים במוח – למשל, אם אנחנו מחפשים בחדר ספל סגול, תשומת הלב שלנו תלך קודם כל לקבוצת הפריטים הסגולים בחדר. ההשערה שלנו היתה שגם כאשר אנחנו מחפשים מידע כלשהו מתוך העולם הפנימי שלנו, בזיכרון, אנחנו בעצם מפעילים את אותם מנגנונים, והם נותנים יותר דגש ויתרון לקבוצת הזכרונות הרלוונטיים כדי שנוכל להעלות מתוכם פרטים ביתר קלות".

החוקרים השתמשו בטכניקה מקובלת בקרב חוקרי מוח, שבה נאספים רישומים של הפעילות החשמלית בקליפת מוחם של חולי אפילפסיה שעוברים ניטור ממושך מאוד של הפעילות המוחית למטרות קליניות. "החולים האלה שוכבים בבית החולים במשך כשבועיים, עם אלקטרודות שמושתלות על גבי קליפת המוח עצמה, וממתינים שיהיו להם כמה התקפים כדי שניתן יהיה לזהות את המוקד שלהם", מרחיב נורמן. "הסיטואציה הקלינית הייחודית הזו נותנת לחוקרי מוח הזדמנות נדירה למדוד באופן ישיר את הפעילות המוחית במהלך מטלות קוגניטיביות שונות, וכך לקבל מידע ברזולוציות גבוהות ביותר שלא ניתן להתקרב אליהן בשיטות אחרות לא-פולשניות. חשוב לציין כי החולים מתנדבים מרצונם להשתתף בניסויים אלה, אשר ממלאים את זמנם בשעת ההמתנה בבית החולים".

ניצד התבצע המחקר?

"במשך כשלוש שנים בדקנו 12 חולים, שכולם ביצעו את אותה מטלה. הצגנו להם סדרה של תמונות, חלקן של אנשים מפורסמים וחלקן של מקומות מפורסמים בעולם. אחר כך הם ביצעו מטלת הסחה כלשהי, למשל לספור לאחור במטרה למנוע אפשרות של שינון של התמונות. מיד אחר כך כיסינו את עיניהם וביקשנו מהם להיזכר בתמונות שהצגנו להם קודם. את השלב של ההיזכרות חילקנו לשני חלקים – בחלק הראשון הם היו צריכים להיזכר רק בקטיגוריה של פרצופים, ובחלק השני רק בתמונות מהקטיגוריה של המקומות. בזמן שהנבדקים נזכרו בתמונות, רשמנו את הפעילות החשמלית באזורים שונים בקליפת המוח, כולל אזורים מוכרים שנחקרו רבות וידוע שהם קשורים באופן סלקטיבי לייצוג ויזואלי של פרצופים, באזור אחד, ושל מקומות או נופים, באזור אחר".

מה זה אומר, אזור ראייה "סלקטיבי"?

נורמן: "שהאזור הזה, ספציפית, יפעל או יגביר את הפעילות שלו רק כאשר הוא יקבל ממערכת הראייה מידע שקשור לקטיגוריה של פרצופים. ובאמת ברישומים אפשר לראות באזור הזה במוח, שזמן קצר אחרי שמציגים לנבדק תמונה שמכילה פרצוף, אחרי בערך 200 מילי-שניות, נרשמת בו פעילות ערה יותר. לעומת זאת, כשמציגים תמונות ללא פרצופים, האזור הזה במוח לא מופעל, גם אם התמונות הן צבעוניות ועשירות בפרטים. אותו דבר קורה גם באזור שמתמחה בקטיגוריה של תמונות של מקומות, והפעילות בו גוברת כשרואים תמונות של נופים או מקומות מוכרים".

מה קורה בזמן החיפוש בזיכרון באזורים הללו במוח?

"ראינו שבמהלך חמש דקות שבהן הנבדק מנסה להיזכר בפרצופים שהצגנו לו, רמת הפעילות באזור הסלקטיבי לפרצופים עולה באופן משמעותי לכל אורך החיפוש בזיכרון. כלומר, גם כשהנבדקים עם כיסוי עיניים – רואים רק שחור – ומחפשים משהו בזיכרון, מערכת הקשב 'מחממת' את האזור במוח שרלוונטי לקטיגוריית המידע שאותו הם מחפשים".

מלאך: "המטאפורה שאני משתמש בה היא הדלקה של אש. ביום חמסין, ערימת העצים קרובה מאוד לטמפרטורת התלקחות – כל זיק קטן ידליק אותה. לעומת זאת בחורף ערימת העצים רטובה וקרה, ויידרש מאמץ גדול יותר כדי להדליק אותה. תהליך החימום מקרב את המערכת להידלקות, להיזכרות בפרצופים, ודרך זה נעשה התיחום של היזכרות בפרצופים".

ומה מתרחש באותו זמן באזור שמתמחה בעיבוד מידע על נופים ומקומות?

נורמן: "רואים תמונה הפוכה. כשמנסים להיזכר בקטיגוריית המקומות האזור הזה מתחמם, וכשמנסים להיזכר בפרצופים הפעילות בו 'מתקררת'. זו תמונת מראה של הפעילות באזור של הפרצופים, כתלות בקטיגוריה שמנסים לשלוף מהזיכרון".

איך המוח מחליט אילו אזורים לחמם ואילו לקרר?

מלאך: "חיפשנו תשובה לשאלה הזאת, איזה אזורים במוח שולטים על רמת העוררות של תאי העצב. בגלל שאלה אזורים גבוהים יותר במוח, אנחנו לא יכולים להבחין בתוכם בהפרדה הזאת, אבל אנחנו בהחלט רואים באזורים בקדמת המוח עלייה בפעילות בכל פעם שאומרים לנבדק להיזכר בקטיגוריה מסוימת".

נורמן: "עוד אנליזה מעניינת שביצענו היא של רגע ההיזכרות עצמו – רגע ה'אהה!'. מצאנו שכמעט שתי שניות לפני שהנבדק מדווח על ההיזכרות, נראה לפני שהוא ידע בכלל שהוא עומד להיזכר, אזורי הראייה כבר הראו עלייה בפעילות. אמנם זו הפעלה עדינה, לא

כמו תגובה שמתעוררת כשצופים בתמונה פיזית, אבל המעניין הוא שהיא מתחילה לפעול זמן ארוך יחסית לפני שנזכרים ומדווחים על ההיזכרות".

התהליך שאתם מתארים תואם לחוויה האינטואיטיבית. אם אני מחפש להיזכר בפרצופים, גם אם העיניים שלי מכוסות אני ממש "אראה" אותם. החוויה של החיפוש היא חוויה ויזואלית.

מלאך: "כן. במערכת הראייה יש הייררכיה. יש עיניים ויש עיבודים ראשוניים, שניוניים ושלישוניים, והייצוגים הולכים ונעשים יותר ויותר מורכבים ככל שעולים בהייררכיה. האזורים הראשוניים לא מופעלים כשאתה מדמיין, רק כשאתה באמת רואה. כשהעיניים נפקחות ונכנסת אינפורמציה ראייתית לעיניים – אז הם יפעלו. כשאתה מדמיין, נזכר או 'רואה בעיני רוחך', האזורים האלה משתתקים, אבל האזורים שאנחנו חקרנו, שמצויים גבוה יותר בהייררכיה הזאת, פעילים. כמובן שההשערה היא שגם כשאתה חולם ורואה תמונות בחלום שלא באות מהעיניים, האזורים האלה כנראה מעורבים בזה. צריך להבין שראייה זה לא רק משהו שנוצר רק דרך העיניים, והיא יכולה לבוא גם מפעילות ספונטנית הנובעת מהמוח עצמו. עובדה זו הופכת את תהליך הראייה והזיכרון ליצירתי ועשיר כל כך".