

האדם כמכונה לייצור כלי עבודה

Tanja Kassuba, Sabine Kastner

המכון לחקר המוח בפרינסטון, אוניברסיטת פרינסטון, פרינסטון, ניו ג'רזי, ארצות הברית

האם אתם נהנים לְבנות מטוסים, מכוניות, בתים או רובוטים מאבני לגו? אנשים הן החיות היחידות שמשוגלות ליצור מבנים מורכבים מיחידות לגו פשוטות – יכולת בניית הלגו שלנו היא מיוחדת לבני אדם, מאחר שהיא מצויה רק אצל בני אדם. מה היו עושים קרובי המשפחה שלנו, הקופים, עם קופסה של קוביות לגו? הם ככל הנראה היו לועסים אותן ומאבדים עניין כשהיו מגלים שאינן אכילות! מדוע אנשים הם בנאי הלגו היחידים בממלכת החיות? מה קורה במוחות שלנו כאשר אנו בונים מבנה מלגו? בואו נתבונן ראשית על האופנים שבהם אנשים נבדלים מחיות אחרות.

כיצד אנשים נבדלים מחיות אחרות?

אנשים מסוגלים לעשות כמה דברים שונים שאף חיה אחרת אינה מסוגלת לעשות, אפילו לא אלה הקרובות לנו ביותר (כמו למשל שימפנזות וגורילות). אנו המין היחיד שפיתח שפה עם מערכת חוקים (תחביר) אשר דורשת ממילים להופיע בסדר מסוים. ייתכן שראיתם קופים קוראים אחד לשני (למשל בקריאה "קו") שהיא קריאה ידידותית), אולם האם אי פעם ראיתם קוף כותב מכתב ותוהה לגבי האיות שלו? בני האדם מסוגלים גם לחזות מהמבט על פניהם של חבריהם ומהצליל של קולותיהם כיצד החברים מרגישים כלפי העולם, אם הם שמחים או עצובים. נוסף על כך, אנו מעבירים מדור לדור את הידע שצברנו על העולם ועל היקום שלנו

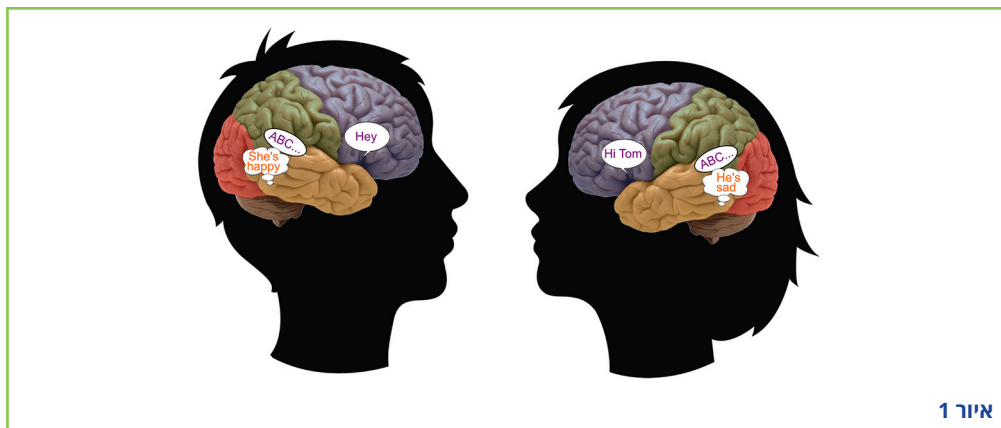
סוקרים צעירים

RIVERSIDE
ELEMENTARY
SCHOOL



איור 1

אזורי מוח ייחודיים לבני אדם. קליפת המוח (המשטח המקופל) של מוח האדם מחולקת לארבעה חלקים: קליפת המוח הרקתית (בצהוב), קליפת המוח העורפית (באדום), קליפת המוח הקודקודית (בירוק) וקליפת המוח המצחית (בכחול). המוח האנושי פיתח אזורים שמתמחים בהבנה ובייצור של מילים (אזורי שפה, בגופן הסגול), ובחיזוי של מה שאנשים אחרים מרגישים (בגופן הכתום).



איור 1

– זו הסיבה שבגינה אנו הולכים לבית הספר! הליכה לבית הספר ולימוד ילדים על העולם הם חלק מה"תרבות" האנושית, מאפיין נוסף שהוא ייחודי לבני אדם. שפה, חיזוי מצב הרוח של חברים ותרבות – כולם דוגמאות ליכולות ייחודיות לבני אדם. מדוע אנו יכולים לעשות את הדברים האלה וחיות אחרות אינן מסוגלות? הסיבה היא שהמוח שלנו פיתח מנגנונים נוספים עבור היכולות האלה: אלה הם חלקי מוח מיוחדים שמייצרים שפה או חושים את מצב הרוח של חבר (ראו איור 1).

במאמר זה אנו רוצים לתאר יכולת נוספת שאנו מאמינים שהיא ייחודית לבני אדם: לְבָנוֹת כְּלִי עבודה, להשתמש בהם ולהכיר אותם. אולם ראשית, האם אנו באמת המשתמשים היחידים בכלי עבודה בממלכת החיות?

בני אדם אינם המשתמשים היחידים בכלי עבודה, אבל הם האינטליגנטים ביותר!

חיות רבות משתמשות בפריטים שהן מוצאות בסביבה שלהן עבור מטרות מסוימות. כלומר, הן משתמשות בהם בתור "כלים" (הסתכלו באיור 2) [1]. לדוגמה, הנשר המצרי מְרִים אבנים עם המקור שלו ומשתמש בהן כדי לחבוט בקליפה של ביצת בת יענה. תמנונים סוחבים אתם קליפות (לעיתים אפילו קליפות של קוקוס) ומתחבאים מתחתן, או שהם קורעים זרועות ממדוזות ומשתמשים בהן ככלי נשק במקרה שהם מותקפים. שימפנזות, קרובי המשפחה הדומים לנו ביותר, מפשיטים מענפים את עליהם ומשתמשים בענפים כדי לצוד טרמיטים מתוך מושבתם. הדוגמאות הן רבות, אולם אף שימפנזה אינה מסוגלת לעשות מה שילדים בני שנתיים מסוגלים: להשתמש במקל עבור מטרה שונה אם המצב דורש שימוש אחר. לדוגמה, ילדים עשויים להשתמש במקל תיפוף שמונח על הרצפה כדי להגיע לכדור שהתגלגל מתחת לספה. הילדים יכולים לעשות זאת מאחר שהם מסוגלים לתכנן קדימה ולהבין מה המקל יעשה לכדור. כך שאף על פי שאנשים הם לא המשתמשים היחידים בכלי עבודה, אנו היחידים שמסוגלים להשתמש בכלים בצורה שהיא אינטליגנטית מאוד!

לא רק שאנו יצירתיים מאוד בהפיכת פריטים פשוטים כמו אבני לגו למבנים מורכבים כמו מטוסים או רובוטים, אלא שאנו גם חכמים מאוד לגבי יצירת כלים מורכבים למדי עבור מטרות מסוימות מאוד. אנו אפילו בונים כלים שעובדים יחד בדרכים מסוימות, כמו ברגים ומברגים, או

איור 2

דוגמאות לחיות שמתמשות בכלים. שימפנזות קושרות ענפים כדי לחפש חרקים (2,1). נשרים מכים בביצי יען באמצעות אבנים עד שהן נשברות ונפתחות, והם יכולים לאכול את תכולתן (3). דולפינים קושרים ספוגים סביב לאפיהם כדי להגן על העור בעת שהם תרים אחר מזון על קרקעית האוקיינוס (4). תמנונים משתמשים בחצאי קליפות, או בדברים אחרים שהם מוצאים, כדי להסתתר או להגן על עצמם (5). סרטנים מסוימים (dresser crabs) תולים על גביהם שושנות ים כהסוואה (6). ציפורי פרוש (Finches) משתמשות בענפים קטנים כדי להוציא את ארוחתם מחורים קטנים (7). לוקרות סוחבות אבנים על בטנן ומשתמשות בהן כדי לפתוח צדפות (8). חלק מהנמלים משתמשות בעלים ככלי אחסון לנשיאת אוכל ומים (9). מקור התמונות:

<http://www.mnn.com/earth-matters/wilderness-resources/photos/15-remarkable-animals-that-use-tools>



איור 2

פטישים ומסמרים, ואנו מתכננים מכונות שיכולות להשתמש בכלים אלה. אנו אפילו מסוגלים לתכנת מחשבים אשר מריצים מכונות, ומאפשרים לנו זמן פנוי לִבְנוֹת אפילו יותר!

אולם כיצד כל זה התחיל?

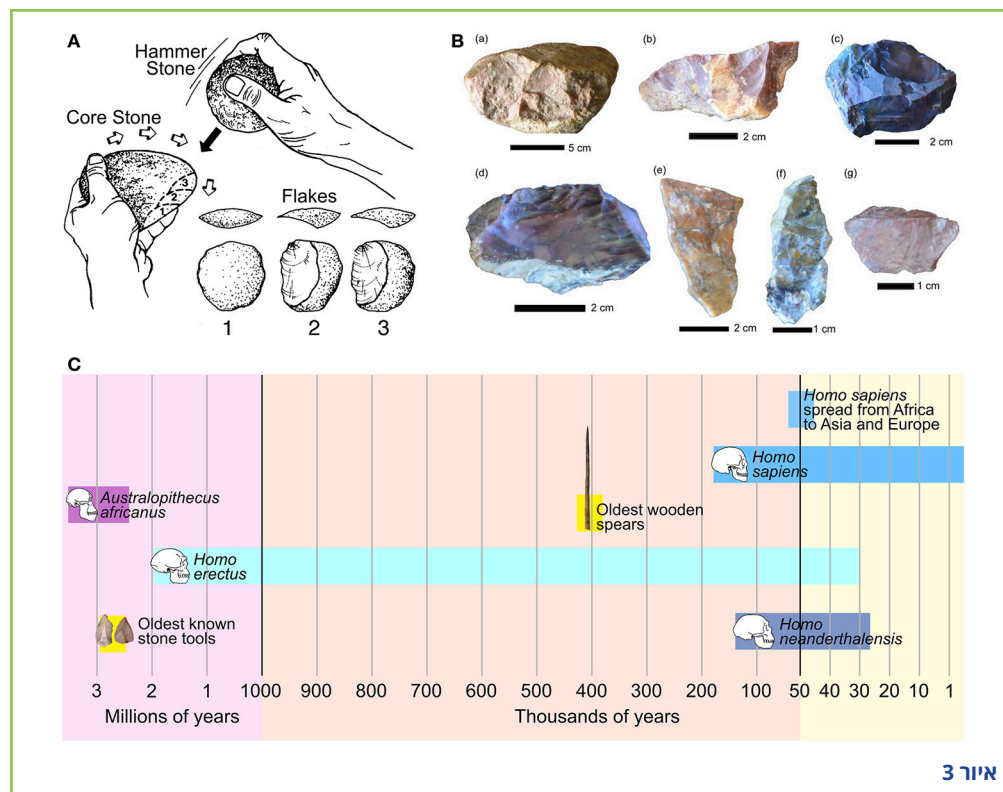
המקורות של טכנולוגיית הכלים

יכולתנו להשתמש בכלים בצורה אינטליגנטית יכולה להיראות אפילו בשלבים המוקדמים ביותר של כלים אנושיים שמצאנו, אשר יוצרו מאבן. אנו חושבים שזנים הומינידיים (hominid, שדומים לבני אדם), שהם אבותינו שנכחדו (איור 3C), השתמשו בכלים שיוצרו מחומרים אורגניים, כמו מקלות, עלים ועץ לפני השימוש באבן, אולם לא יכולנו למצוא עקבות שלהם מאחר שמדובר בחומרים מתכלים. זו הסיבה לכך שהפריטים הראשונים שאנו מכירים ששימשו ככלים הם אבנים [2]. כלי האבן העתיקים ביותר שמְכָרִים כיום נמצאו באתיופיה (אפריקה) לפני כ-2.5 מיליון שנים. כלי אבן טיפוסיים מוצגים באיורים 3A,B. כלי האבן שנמצאו מראים בבירור שהם יוצרו על-ידי מייצרי-כלים אינטליגנטיים. הומינידים ייצרו את הכלים האלה על-ידי הכאה של אבן אחת, שנקראת "אבן ליבה" באמצעות "אבן פטיש", תוך שהם מעיפים מהן שבבים (ראו איור 3A). הן אבני הליבה והן השבבים שימשו ככלים. לשבבים היו קצוות חדים, כך שהם יכלו לשמש ככלי חיתוך.

כדי לשבור שבבים מהליבה נדרש היה להכות את אבן הליבה בדיוק בזווית הנכונה. משמעות הדבר היא שאבני הליבה והפטיש היו צריכים להיות מקובעים בצורה חזקה, ושהכוח היה צריך להיות מופעל בדרך מדויקת מאוד. בני אדם ואבותיהם הקדמונים יכלו לבצע את

איור 3

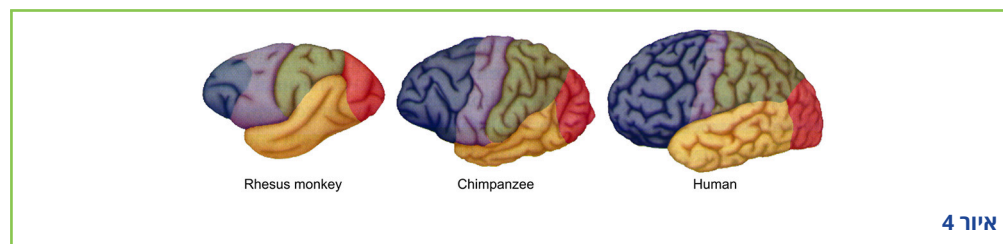
מקורות טכנולוגיית כלי האבן. **A.** יצירת כלי עבודה משבבי אבן. אבותינו שנכחדו השתמשו ב"אבן פטיש" כדי להעיף שבבים מ"אבן ליבה". לשבבים היו קצוות חדים והם שימשו ככלי חיתוך. התמונה עובדה מהמאמר: Science, Ambrose SH, Vol. 291, Paleolithic technology and human evolution (2001) p. 1749, באישור של AAAS. **B.** דוגמאות לכלים: (a-d) אבני ליבה, (e-g) שבבים. הודפס באישור של Macmillan Publisher Ltd.: Scientific Reports, 3, Ao et al., p. 2, copyright Nature Publishing Group (2013). **C.** ציר זמן מופשט של המין האנושי ואבולוציית הכלים.



איור 3

איור 4

כותרת התמונה. אבולוציית המוח מקוף מקוק רוס (משמאל), דרך השימפנזה (באמצע) ועד לאדם (מימין). אזורי המוח שהתפתחו בעיקר במוח האדם הם קליפת המוח הקדם-מצחית (האזור הכחול כהה, שהוא חלק מקליפת המוח המצחית שמסומנת בכחול) וקליפת המוח הקודקודית (בירוק). אזורי מוח אלה הם חשובים כשאתם משתמשים בכלים. קליפת המוח הרקתית מוצגת בצהוב, וקליפת המוח העורפית מוצגת באדום.



איור 4

הפעולות האלה רק מאחר שהיה להם מה שאנו מכנים "אחיזה מדויקת", מה שאומר שהאגודל שלנו יכול לגעת בקצות האצבעות האחרות. האופן שבו הוכנו כלי האבן מצביע על כך שאבותינו הקדמונים הבינו את המאפיינים של האבן וכיצד הם יכולים להשתמש בכלי האבן על פריטים אחרים (למשל להשתמש באבן חדה כדי לחתוך בשר). חשוב לציין שישנן ראיות לכך שהומינידים מוקדמים לימדו את השני כיצד לייצר כלי אבן, אותם הם העבירו לדור הבא - הם פיתחו תרבות של בניית כלים ושימוש בהם.

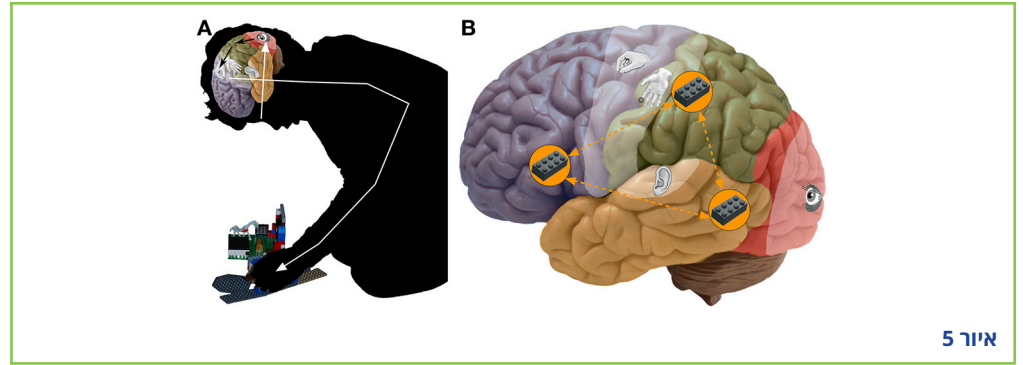
טכנולוגיית כלי האבן לא שינתה רק את האחיזות השונות שהידיים שלנו מסוגלות לבצע, אלא גם את המוחות שלנו (ראו איור 4).

למוח שלנו יש מנגנון שמתמחה בידיעה ובשימוש בכלים (נקרא לזה "רשת בנייה בלגו")

מה קורה במוח שלכם כשאתם משתמשים בכלים, או בונים מבנה לגו מורכב? חלקים שונים במוח שלכם מתמחים בעיבוד של מידע מחושים שונים (ראו איור 5). כשאתם מסתכלים על לבני לגו, מה שאתם רואים נשלח מהעיניים שלכם אל אחורי המוח שלכם, היכן שממוקמת

איור 5

אזורי מוח המתמחים בשימוש בכלים, או רשת בניית הלגו. **A.** תרשים פשוט של עיבוד מידע: מה שאנו רואים נשלח מקליפת המוח הראייתית (אדום בהיר) ומועבר על-ידי קליפת המוח הקודקודית (ירוק) אל קליפת המוח התנועתית (כחול בהיר), אשר שולחת פקודות פעולה אל השרירים. **B.** רשת הכלים (בניית לגו). נוסף על שלבי העיבוד הבסיסיים של פריט עובר, כפי שמוצג ב-A, למוח האנושי יש מנגנון נוסף של אזורים אשר מתמחים בכלים עבור עיבוד מידע שקשור בפריטים שאנו משתמשים בהם ככלים. אזורים שמתמחים בכלים (כתום / ציור של לגו) נמצאים בשכחות גבוהה יותר בצד השמאלי של המוח ובחלק האחורי של קליפת המוח הרקנית (צהוב), בחלק הקדמי של קליפת המוח הקודקודית (ירוק) ובחלק התחתון של קליפת המוח המצחית (כחול). האזורים האלה יוצרים רשת אחרים של המוח אשר מתמחים בעיבוד מידע שמגיע מהחושים שלנו (ראייה: קליפת המוח הראייתית, אדום בהיר/ ציור של עין; שמיעה: קליפת המוח השמיעתית, צהוב בהיר/ ציור של אוזן; מגע: קליפת המוח החישהית, ירוק בהיר/ ציור של כף יד), ועם קליפת המוח התנועתית (כחול בהיר/ ציור של יד) אשר שולחת פקודות פעולה לשרירים שלנו. מדענים חוקרים כיצד האזורים האלה עוזרים לנו להשתמש בכלים.

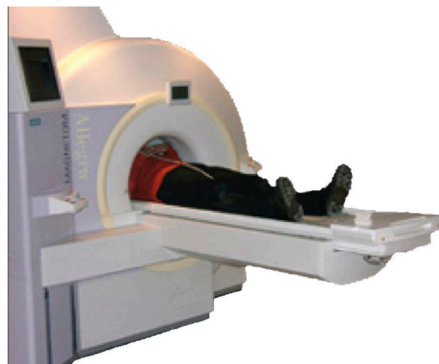


איור 5

קליפת המוח הראייתית (שהיא חלק מקליפת המוח העורפית, ראו איור 5A). קליפת המוח הראייתית תפענח פרטים כמו צורה, גודל וצבע של הלבנים. ברגע שתחליטו מה אתם רוצים לבנות, קליפת המוח התנועתית ששולטת על כל התנועות שלנו (וממוקמת בקליפת המוח המצחית, ראו איור 5), תאמר לשרירים שלכם מה לעשות ובאיזה סדר. אולם קליפת המוח התנועתית צריכה לדעת היכן נמצאות אבני הלגו (במרחק של זרוע אחת מכם בתוך ערימת הלבנים, הלבנה שבה אתם מעוניינים להתחיל נמצאת במרכז) ולאן הן פונות (הקצה הארוך פונה אליכם). קליפת המוח הקודקודית, אשר ממוקמת בין קליפות המוח הראייתית והתנועתית (ראו איור 5) מתרגמת את המידע הוויזואלי למשהו שמערכת התנועה יכולה להבין. זו הדרך שבאמצעותה תוכלו לשלוח את ידכם למרחק הנכון ולתפוס את אבן הלגו מהצד הנכון.

תיבה 1 כיצד מדענים חוקרים את רשת הכלים במוח האדם?

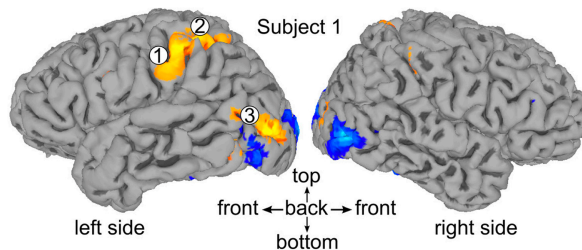
Subject in MRI Scanner



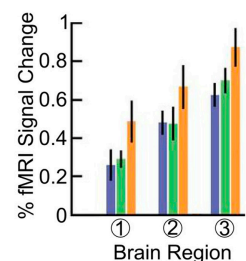
Example Images



Tool versus Animal Activations



Responses to Images



מדענים בדרך כלל מודדים את הפעילות המוחית של אנשים בזמן שהנבדקים שוכבים בתוך סורק דימות תודעה מגנטית (MRI – Magnetic Resonance Imaging) ומסתכלים על תמונות של כלים, כמו למשל

במחקר של Ryan Mruzec ואחרים [3] (ראו בפינה השמאלית העליונה). במחקר זה, האנשים שהיו בסורק הסתכלו על תמונות של כלים (לדוגמה פטיש), על חיות או על פריטים אחרים שאפשר לאחוז בהם בכף היד, אבל אינם כלי עבודה (כמו למשל בקבוק שתופסים כששותים ממנו; ראו פינה ימנית עליונה). מדענים אלה מצאו כמה אזורים במוח שמתמחים בתפיסת כלים ומגיבים חזק יותר בעת התבוננות על כלים מאשר בעת התבוננות על חיות. יתרה מזו, אותם אזורי המוח הגיבו חזק יותר בעת התבוננות על כלים מאשר בעת התבוננות על פריטים אחרים שהם ברי אחיזה, אף על פי שהפריטים האלה דומים מאוד לכלים (הרבה יותר מחיות, למשל; ראו בפינה הימנית תחתונה). בעזרת המחקר הזה, Mruzec ואחרים זיהו את אזורי המוח שמגיבים בצורה מסוימת מאוד להתבוננות על כלים.

המוח שלנו והמוחות של קופים הם די דומים במה שקשור לזיהוי פריטים ולטיפול בהם. אולם המוח שלנו הוא היחיד שיש לו מנגנון נוסף שמתמחה בעיבוד של מידע מפריטים המשמשים ככלים. חשבו על כך בתור "רשת בנייה בלגו", או תוכנת מחשב מיוחדת. היא כוללת כמה אזורים ("אזורי כלים") בכל רחבי המוח אשר מתקשרים אחד עם השני ויוצרים רשת (ראו איור 5B). מדענים מאמינים שהמנגנון המיוחד הזה מאפשר לנו להשתמש בכלים בצורה אינטליגנטית מאוד. חלק ממחקר מתמשך בנושאים אלה עוסק בשאלה כיצד בדיוק כל אחד מאזורי הכלים תורם ליכולת שלנו להשתמש בכלים (ראו תיבה 1, בה מוצגת דוגמה לאופן שבו מדענים מזהים אזורי כלים במוח וחוקרים אותם).

אז מדוע אנו בנאי הלגו היחידים בממלכת החיות?

אזורים מסוימים במוחות שלנו (כמו גם חלקים אחרים בגוף שלנו, למשל הידיים) התפתחו יותר אצל בני אדם מאשר אצל חיות, מה שמאפשר לנו לעשות דברים שחיות אחרות אינן מסוגלות לעשות. השוואה בין מוחות של בני אדם למוחות של חיות מסייעת למדענים לגלות מה מייחד את המוחות שלנו. ככל שנבין טוב יותר כיצד המוח שלנו פועל, כך נוכל למצוא פתרונות שיעזרו לאנשים בעלי מוגבלויות בביצוע פעולות מסוימות.

סרטים

הסרטים הבאים ממחישים כיצד החצי השמאלי של המוח מופעל כשמישהו מסתכל על כלים: פעילות בסיסית שקשורה בראייה, שהופכת לפעילויות מסוימות שקשורות בכלים. סרט 1 מראה את הפעילויות כשמסתכלים על המוח מהצד, סרט 2 מראה את אותו הדבר כאשר מסתכלים על המוח מאחור וסרט 3 מראה את אותו הדבר כשמסתכלים על המוח מלמטה.

מקורות

1. Shumaker, R. W., Walkup, K. R., and Beck, B. B. 2011. Animal Tool Behavior: The Use and Manufacture of Tools by Animals. Baltimore, MD: The John Hopkins University Press.
2. Zimmer, C. 2005. Smithsonian Intimate Guide to Human Origins. Toronto: Madison Press Books.
3. Mruzec, R. E. B., von Loga, I. S., Shariat Torbaghan, S., and Kastner, S. 2013. The representation of tool and non-tool object information in the human intraparietal sulcus. *J. Neurophysiol.* 109:2883–2896. doi: 10.1152/jn.00658.2012

פורסם אונליין: 25 בינואר 2019

ציטוט: Kassuba T and Kastner S (2019) האדם כמכונה לייצור כלי עבודה. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2014.00003-he

תורגם והותאם:

Kassuba T and Kastner S (2014). The human toolmaker. Front. Young Minds 2:3. doi: 10.3389/frym.2014.00003

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

COPYRIGHT © Kassuba and Kastner 2014. 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.

סוקרים צעירים**RIVERSIDE ELEMENTARY SCHOOL**

בית הספר משגרת ילדים מגן טרום חובה ועד כיתה ה' בפרינסטון, ניו ג'רזי, ארצות הברית. בבית הספר לומדים מגוון תלמידים מיותר מ-23 ארצות שונות, וכולנו אוהבים ללמוד על המוח! יש לנו גם מעבדת מדעים, חצר עם צפרדעים וצבים, צוות מורים ואנשי תמיכה מסורים, ומנהלת מעולה שתמיד תומכת בהזדמנויות למידה חדשות. תלמידי כיתה ד' שייכים לכיתה של גברת Levy או של מר McGovern, ומר Eastburn הוא המורה שלהם למדעים.

הכותבים**TANJA KASSUBA**

אני חוקרת כיום כיצד המוח מזהה פריטים שאנו רואים, שומעים או ממששים (או מריחים!), וכיצד המוחות שלנו מאפשרים לנו להשתמש בפריטים ככלים. מחוץ למעבדה אני אוהבת לבלות עם חברים ולשחק עם Renny, הכלב של חברה שלי (ראו אותו בתמונה), או עם האחיינים שלי. אני גם אוהבת תמונות צבעוניות מנשינל ג'יאוגרפיק, והחיות האהובות עליי הן כרישים.

SABINE KASTNER

כמדענית ופרופסורית היא עוזרת לאנשים להשתמש במוח שלהם במטרה לשים לב לפעילויות מסוימות (למשל כיצד ייתכן שאינכם שומעים שההורים שלכם קוראים לכם לבוא לאכול ארוחת ערב בעת שאתם משחקים במשחק מחשב או קוראים ספר). Sabine נהנית גם מבילוי עם שני ילדיה, ואוהבת את להקת הביטלס.



Hebrew version
provided by

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

