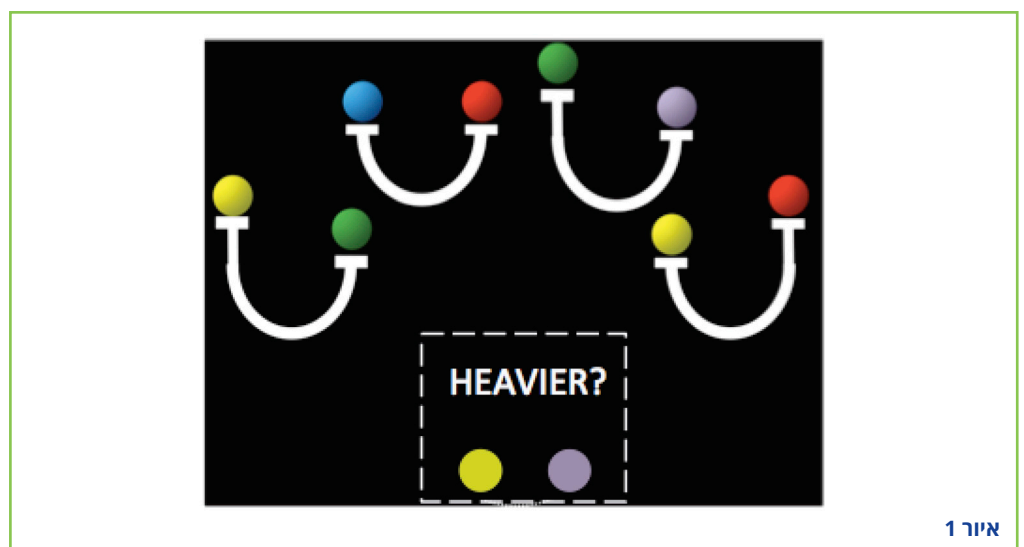


המוח שלכם הוא כמו שריר: אָמְנוּ אותו והוא יתחזק

Jesse C. Niebaum¹ and Silvia A. Bunge²

¹מכון הלן ווילס לחקר המוח, אוניברסיטת קליפורניה בברקלי, ברקלי, קליפורניה, ארצות הברית
²המחלקה לפסיכולוגיה, אוניברסיטת קליפורניה בברקלי, ברקלי, קליפורניה, ארצות הברית

התבוננו בחידה שבאיור 1, אשר מראה את משקליהם של כדורים בצבעים שונים. האם אתם יכולים לומר מי כבד יותר – הכדור הצהוב או הכדור הסגול? הכדורים מוצבים על גבי מאזניים לבנים שמראים מי מהם כבד יותר. הכדור הירוק כבד יותר מהכדור הצהוב, והכדור הסגול כבד יותר מהכדור הירוק. לכן, הכדור הסגול חייב להיות כבד יותר מהכדור הצהוב!



איור 1

סוקרים צעירים

LUCA
גיל: 13



איור 1

חידת הכדורים הצבעוניים.
זוהי דוגמה לחידת היגיון שאנו מבקשים מאנשים לפתור בזמן שאנו מוזדדים את הפעילות המוחית שלהם.

כדי לפתור את החידה הזו עליכם להיעזר בכישורי היגיון שלכם. שימוש בהיגיון עוזר לכם להשוות בין פריטים, כמו למשל כשאתם מחליטים אלה נעליים יהיו טובות יותר למשחק כדורסל, או כשאתם מבצעים השוואות מופשטות יותר, כמו להחליט מי כבד יותר – הכדור הסגול או הכדור הצהוב, כדי לפתור את החידה הנ"ל. בעזרת כישורי היגיון טובים אתם יכולים ללמוד דברים חדשים בקלות, גם בבית הספר וגם כשמדובר בתחביבים האהובים עליכם. הכישורים האלה יעזרו לכם: (1) לסדר מידע חדש בצורה הגיונית על ידי קישור בינו לבין דברים אחרים שאתם כבר יודעים, (2) להבין את העיקר של סיפור או של בעיה, ולהבין כיצד הוא יכול להיות ממומש גם בהקשרים אחרים, (3) להבחין כשמהו איננו הגיוני או סותר משהו אחר שקראתם קודם [1]. מחקרים מראים שלילדים בעלי כישורי היגיון טובים קל יותר להשיג ציונים טובים בבית הספר, והם מסוגלים להתמודד עם מטרות מאתגרות יותר בהמשך חייהם.

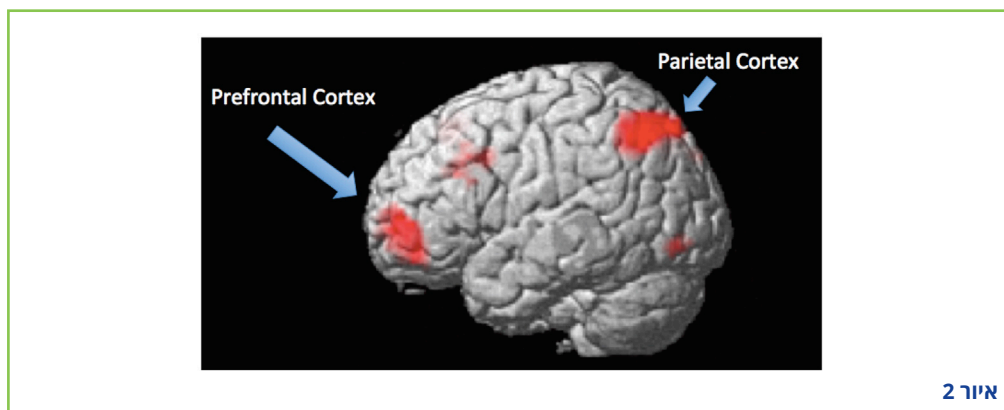
ישנם במוח חלקים שונים רבים שאתם מפעילים כאשר אתם חושבים בצורה הגיונית. דימות תהודה מגנטית (MRI – Magnetic Resonance Imaging) הוא שיטה שבה חוקרים משתמשים כדי לחקור כיצד מתנהגים (מבחינה חשמלית) חלקים שונים במוח. במהלך סריקת MRI המשתתפים שוכבים בתוך צינור שמוקף על-ידי מגנט גדול. ישנן הרבה דרכים מגניבות שבהן אנחנו יכולים להשתמש ב-MRI כדי להסתכל על המוח (למידע נוסף בנושא הסתכלו בכתבה האינטרנטית על דימות המוח [2] באתר AcademicKids). שיטה אחת שאנו משתמשים בה היא דימות תהודה מגנטית תפקודי (fMRI – functional MRI), אשר עוקבת אחרי זרימת הדם לאזורים שונים במוח. אזורי המוח שהם פעילים, כמו למשל אלה שפועלים כשאתם פותרים חידת היגיון, דורשים חומרי מזון שמועברים אליהם באמצעות הדם. זרימת דם מוגברת לאזור מסוים במוח מורה על כך שאותו החלק עובד קשה. לכן, שיטת ה-fMRI עוזרת לנו להסתכל על תפקוד המוח. אם נשתמש ב-fMRI כדי למדוד את זרימת הדם במוח שלכם בזמן שאתם פותרים את חידת הכדורים הצבעוניים, נגלה שהרבה אזורים במוח שלכם פעילים באותו הזמן.

שני אזורי מוח שהם פעילים במיוחד כאשר אנשים פותרים בעיות קשות מוצגים באיור 2: קליפת המוח הקדם-מצחית (Prefrontal Cortex), בחזית במוח, וקליפת המוח הקודקודית (Parietal Cortex), בחלק האחורי של המוח [3]. כאשר אתם מנסים לפתור את חידת הכדורים הצבעוניים לעיל, קליפת המוח הקודקודית עוזרת לכם ראשית להבין שהתמונה שלמעלה מספרת לכם על המשקלים של הכדורים הצבעוניים השונים, כך שאתם יכולים להשוות בין הכדורים. קליפת המוח הקדם-מצחית עוזרת לכם להבין שאם הכדור הסגול כבד יותר מהירוק, והירוק כבד יותר מהצהוב, אז הכדור הסגול חייב להיות גם כן כבד יותר מהכדור הצהוב. לכל הפחות, זה מה שאנו חושבים שלמדנו ממחקר ה-fMRI שלנו על האופן שבו אזורי קליפת המוח הקדם-מצחית והקודקודית עוזרים לנו לחשוב בצורה הגיונית [4].

איור 2

האיור הזה מגיע ממחקר fMRI בנושא חשיבה

הגיונית. באדום אפשר לראות את חלקי המוח שבהם מופיעה זרימת דם מוגברת כשאתם פותרים חידות. משמאל אפשר לראות את אזור קליפת המוח הקדם-מצחית, ומימין אפשר לראות את אזור קליפת המוח הקודקודית.



איור 2

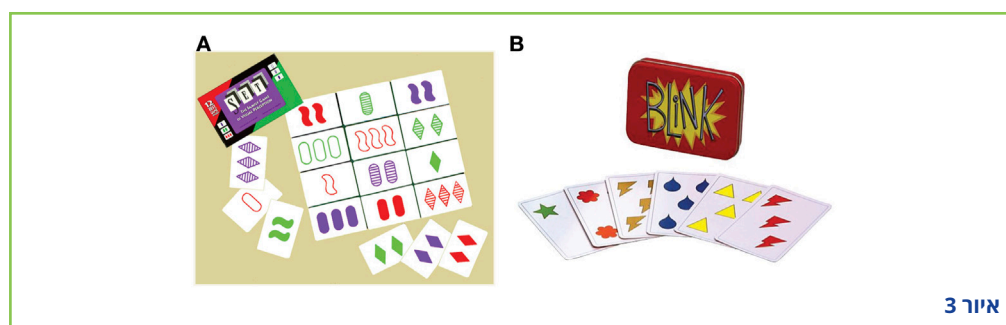
אזורי המוח האלה משתפרים בעבודתם כשאתם גדלים מאחר שלמוח שלכם יש את היכולת המופלאה להשתנות, להסתגל ולהתחזק – במיוחד כשאתם ילדים, אבל גם כשאתם מתבגרים. גורמים רבים יכולים להשפיע על גדילת המוח שלכם ועל השתנותו. הסביבה שלכם, כמו הבית שלכם, בית הספר והדברים שאתם בוחרים לעשות, יכולים לעצב את התפתחותם של אזורי המוח החשובים האלה שלכם [5].

במעבדת "אבני הבניין של קוגניציה" (Building Blocks of Cognition Lab) באוניברסיטת קליפורניה בברקלי, רצינו לחקור אם תוכנית אימונים שבנויה במיוחד במטרה לאמן את אזורי החשיבה ההגייונית במוח, תשפר את כישורי ההיגיון. לסטודנטית בוגרת תואר שני בשם אליסון מקי ולצוות עוזרי המחקר שלה ניתנה ההזדמנות לשחק כשעה ביום עם ילדים בני 7-10 במשחקים מחנות הצעצועים המקומית שלנו, בתדירות של פעמיים בשבוע למשך 8 שבועות – סך הכול בערך 16 שעות. הילדים שיחקו במשחקי קופסה, משחקי קלפים וחיזות ומשחקים במחשב. המטרה לא הייתה להתמקצע במשחק אחד, אלא ללמוד כיצד לשחק בהרבה משחקים שונים.

הילדים חולקו לשתי קבוצות. קבוצה אחת שיחקה משחקים שהערכנו שיאמנו את כישורי ההיגיון שלהם, כמו למשל משחק הקלפים "סט" (SET) שמוצג באיור 3A. במשחק זה צריך להרכיב סטים של 3 קלפים שמקיימים תכונות מסוימות של דמיון או של שוני בהתאם לצורה, לצבע ולתבנית המילוי של הקלף. קבוצת הילדים השניה שיחקה במשחקים שדורשים קבלת החלטות מהירה, כמו למשל המשחק "בלינק" (Blink) אותו ניתן לראות באיור 3B. במשחק זה צריך להתאים במהירות המרבית את אחד הפרמטרים של הקלף – מספר פריטים, צבע או צורת הפריטים – לקלף הנוכחי שנמצא על השולחן, עד לגמר חבילת הקלפים. אנו השווינו את אימוני ההיגיון האלה עם תוכנית אימוני המהירות מאחר שרצינו לראות אם משחקים מסוגים שונים משכללים יכולות שונות.

איור 3

דוגמאות של משחקים שילדים שיחקו במחקר האימונים הראשון שלנו
[6]. משמאל: A. משחק היגיון בשם "סט". מימין: B. משחק קבלת החלטות מהיר בשם "בלינק". שני המשחקים האלה כוללים צורות, צבעים ומספרים. במשחק "סט" צריך להשתמש בהיגיון כדי להשוות קלפים שונים על פי צבע, מספר וצורה. במשחק "בלינק" צריך להשוות רק פרמטר אחד – צבע, מספר או צורה. משחקים אלה ומשחקים נהדרים אחרים אפשר למצוא בחנויות צעצועים או באינטרנט.



איור 3

לפני 8 השבועות של ההשתתפות במשחקים, מדדנו את המידה שבה הילדים בשתי קבוצות האימון הצליחו במבחנים שבדקו יכולות שכליות. לאחר 8 השבועות של האימונים, בחנו שוב את שתי הקבוצות כדי לראות אם הילדים השתפרו במבחנים האלה. הילדים ששיחקו משחקים כמו "סט" השתפרו מאוד במבחני ההיגיון והראו שיפור בזיכרון עבודה מרחבי (סוג של זיכרון לטווח זמן קצר שעוסק בתפיסת המרחב והסביבה) ובאחד ממדדי המהירות. הילדים אשר שיחקו במשחקים כמו "בלינק" הראו תבנית אחרת: הם השתפרו בהרבה במדדי המהירות, אולם לא הפגינו שיפור בכישורי ההיגיון [6]. התוצאות האלה מראות שמשחקים מסוגים שונים מחדדים כישורים שכליים שונים.

אלה ממצאים מרגשים מאוד! אולם העבודה שלנו עדיין לא הסתיימה. ראשית, המחקר הזה כלל רק מספר קטן של ילדים. אנו רוצים לבצע את אותו הניסוי שוב עם קבוצת ילדים גדולה יותר, כדי לוודא שאנו מקבלים את אותם הממצאים. זהו תהליך שידוע בשם הִדְיֻרָת (Replicability), היכולת לשחזר תוצאות מסוימות בניסויים שונים הנעשים באותם התנאים, והוא מרכיב חשוב מאוד של גילוי מדעי. שנית, איננו יודעים עדיין אם משחקי היגיון יכולים לעזור לשפר את ביצועי הילדים בבית הספר – זה מה שהמעבדה שלנו בודקת בימים אלה במחקר אשר מְעַרְב ילדים שלומדים לשחק שחמט, שהוא אחד ממשחקי ההיגיון העתיקים והמוצלחים ביותר.

אחרי שהראינו כי אימון יכול לשפר את כישורי ההיגיון, רצינו לבחון אם וכיצד אימון בחשיבה הגיונית משנה את המוח. כדי לענות על השאלה הזו גייסנו שתי קבוצות של מבוגרים צעירים אשר רצו ללמוד בעתיד בבית ספר למשפטים. שתי הקבוצות היו בעלות גיל ממוצע כמעט זהה (בסביבות 21 שנים) ואותם כישורי היגיון; ההבדל היחיד היה שקבוצה אחת נרשמה לקורס של 3 חודשים שהכין את חבריה לבחינות הקבלה ללימודי המשפטים (LSAT – Law School Admissions Test), בעוד שהקבוצה השנייה לא לקחה את הקורס.

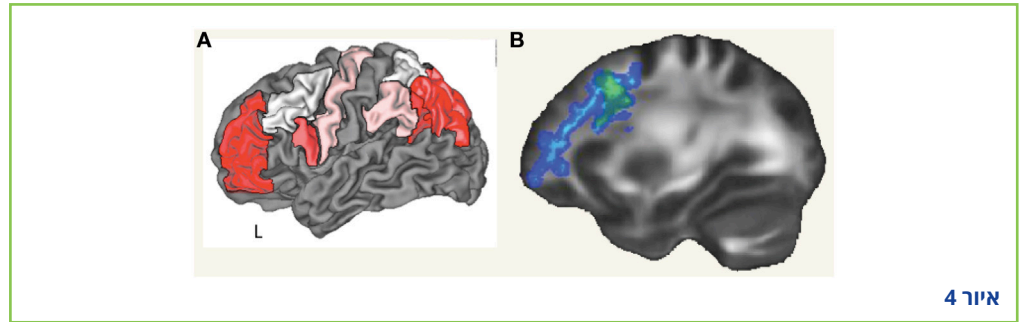
בחינות ה-LSAT כוללות הרבה בעיות של היגיון והנמקה, כך שחלק גדול משיעורי ההכנה ל-LSAT כללו הכשרה בפיתרון חידות היגיון. למעשה, סטודנטים בשיעורים האלה הקדישו 70% מתוך 100 שעות הקורס – כלומר 70 שעות סך הכול – לתרגול כישורי ההיגיון שלהם. 30 השעות הנותרות של הקורס הוקדשו להבנת הנקרא ולתשובות לשאלות על חומרי הקריאה שניתנו בקורס. הסטודנטים שלקחו את הקורס היוו את קבוצת הניסוי שלנו, כלומר הקבוצה שעליה אנו בודקים את השְעָרוֹת המחקר שלנו, והסטודנטים שלא השתתפו בקורס היוו את קבוצת הביקורת שלנו. כללנו את קבוצת הביקורת כדי לוודא שכל השינויים שאנו רואים בקבוצת הניסוי קשורים אך ורק להשתתפות הסטודנטים בקורס ההכנה ל-LSAT.

קבוצת הניסוי קיבלה לפני הקורס תוצאות נמוכות יותר מהתוצאות הממוצעות ב-LSAT. לאחר ההכשרה בפיתוח כישורי ההיגיון הם השתפרו וקיבלו תוצאות גבוהות מהממוצע במידה משמעותית בחלק המבחן שעוסק בהיגיון! בשל הכשרתם בפיתוח כישורי היגיון, לסטודנטים אלה היה סיכוי גבוה יותר להתקבל לבית ספר טוב למשפטים. אולם, 30 השעות שהוקדשו לתרגול הבנת הנקרא לא שיפרו את התוצאות בחלק הקריאה במבחן, אולי מאחר שהבנת הנקרא היא כישור שממילא מתורגל הרבה בקולג'. מאחר שהסטודנטים השתפרו בחלק ההיגיון במבחן, אפשר להסיק שככל הנראה כישורי ההיגיון אינם מתורגלים הרבה בשיעורים שהסטודנטים לוקחים בקולג'.

השתמשנו גם ב-fMRI, השיטה שבה משתמשים כדי לראות כיצד המוח מתפקד, במטרה לראות מה קרה הן לקבוצת הניסוי הן לקבוצת הביקורת, לפני תקופת הלימודים של 3 החודשים ואחריה. מדדנו את פעילות המוח של כל המשתתפים בסריקת fMRI שאורכה 6 דקות, בשעה שהסטודנטים שכבו בנחת במכונת ה-MRI. התוצאות באיור 4 מראות שקליפת המוח הקדם-מצחית וקליפת המוח הקודקודית (שני אזורי המוח שהם חשובים במיוחד במה שקשור לכישורי היגיון טובים) תְקַשְׁרוּ ביניהם בצורה הדוקה יותר בקבוצת הניסוי לאחר 3 חודשי ההכשרה, אולם השינוי הזה לא התרחש בקבוצת הביקורת. תוצאות אלה מראות שההכנה לבחינות ה-LSAT עזרה לחזק את רשת המוח שמסייעת בתחומי ההיגיון [7].

איור 4

התמונות האלה מראות חלק מהשינויים שראינו במוח לאחר 3 חודשי ההכנה לבחינות ה-LSAT. מאל: A. באדום ובוורוד - אזורים הגדולים ביותר בקישוריות שלהם. האזורים המוצגים באדום הם קליפת המוח הקדם-מצחית (האזור האדום השמאלי) וקליפת המוח הקודקודית (האזור האדום הימני), שני אזורים חשובים עבור כישורי היגיון, אשר הציגו את השינויים הגדולים ביותר ברמת הפעילות אחרי ההכנה לבחינות ה-LSAT. מימין: B. תמונת דימות בשיטת DTI - Diffusion Tensor Imaging, שמראה, בכחול ובירוק, שינויים בחומר הלבן במוח אחרי 3 חודשי האימונים בפיתוח כישורי היגיון.

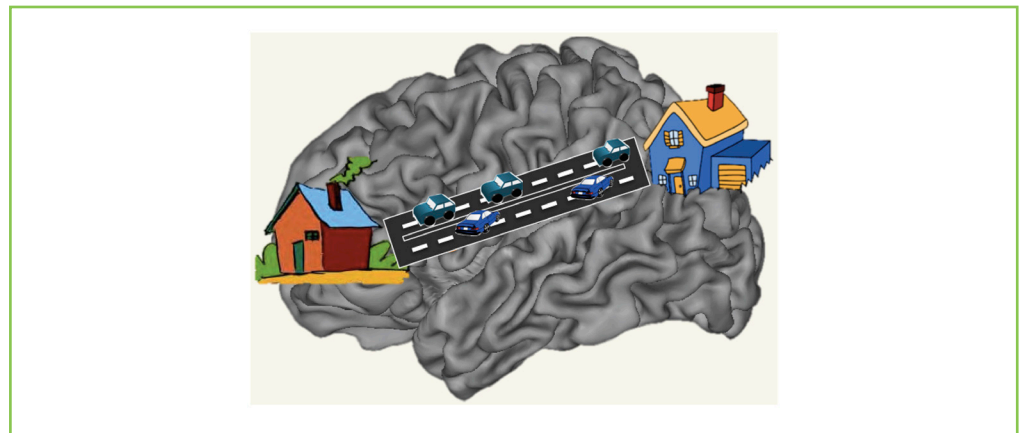


איור 4

בעת שמשותפי המחקר שלנו היו בסורק ה-MRI השתמשנו גם בשיטת MRI נוספת בשם - DTI Diffusion Tensor Imaging, אשר עוזרת לנו לראות את החומר הלבן במוח. חומר לבן הוא כמו מערך כבישים בין תאי העצב, אשר עוזרים לאזורים שונים במוח לדבר זה עם זה. מים זורמים במוח דרך נתיבי החומר הלבן האלה, ואנו יכולים למדוד באמצעות DTI באלה דרכים המים בוחרים לזרום בתוך המוח. רצינו לבדוק אם תרגול כישורי היגיון במשך 3 חודשים יכול להוביל לשינויים במדידת DTI, אשר יכולים להורות על שינויים בחומר הלבן. כפי שאפשר לראות באיור 4B, מצאנו שינויי DTI בחומר הלבן בקליפות המוח הקדם-מצחית והקודקודית בקבוצת הניסוי ביחס לקבוצת הביקורת [8]. אנו חושבים שהחומר הלבן שמחבר את אזורי ההיגיון החשובים האלה הפך להיות פחות כמו שביל חצץ ויותר כמו כביש מהיר, עם כמות רבה יותר של מכוניות ועם מהירויות גדולות יותר.

הממצאים האלה מראים כמה חשוב לאמן את המוח שלכם ולתרגל את כישורי ההיגיון שלכם. פיתוח הֶרְגֵל של התנסות עם חידות ומשחקים מאתגרים עשוי לשפר את תפקוד המוח שלכם ועשוי אפילו לעזור לכם לפתור בעיות קשות, בבית הספר ומחוץ לו. אתם יכולים להשתפר בכל דבר אם תתאמנו מספיק - שחמט, רכיבה על סקייטבורד, לימוד שפות שונות - ואם תקחו הפסקה קצרה מאותו העיסוק, אתם בדרך כלל תוכלו לחזור ולהמשיך מחדש מאותה הנקודה שבה הפסקתם. אולם אם אתם מפסיקים לעסוק בפעילות למשך זמן רב מדי, לא תהיו טובים באותה המידה שהייתם כשתרגלתם הכי הרבה. בדיוק כמו שרירים בגוף שלכם, עליכם לאמן את המוח שלכם באופן קבוע כדי לשמור אותו חזק ובתפקוד מיטבי.

מחקר זה הוא תזכורת טובה לכך שכל מה שאתם עושים משפיע על המוח שלכם, לטובה או לרעה. צפייה מועטה בטלוויזיה או עיסוק במשחק המחשב האהוב עליכם בתדירות נמוכה אינם מזיקים, אולם עליכם לאמן את הגוף ואת המוח שלכם בהרבה דרכים שונות - בתוך מבנים, בחוץ, לבד ועם חברים. מאחר שחלקי המוח שעוזרים לכם לחשוב בהיגיון מתפתחים בשנות הילדות והנערות, ככל הנראה הכי חשוב לאמן את המוח שלכם בשנות ההתבגרות שלכם [9].



מקורות:

1. Cattell. 1987. Raymond Bernard. Intelligence: Its Structure, Growth and Action: Its Structure, Growth and Action. Amsterdam: Elsevier.
2. Brain Imaging. 2014. Academic Kids Encyclopedia. Available from: http://academickids.com/encyclopedia/index.php/brain_imaging
3. Ferrer, E., O'Hare, E. D., and Bunge, S. A. 2009. Fluid reasoning and the developing brain. *Front. Neurosci.* 3:46. doi:10.3389/neuro.01.003.2009
4. Wendelken, Carter, and Bunge, S. A. 2010. Transitive inference: distinct contributions of rostrolateral prefrontal cortex and the hippocampus. *J. Cogn. Neurosci.* 22:837–847. doi:10.1162/jocn.2009.21226
5. Greenough, William, T., Black, J. E., and Wallace, C. S. 1987. Experience and brain development. *Child Dev.* 58:539–559. doi:10.2307/1130197
6. Mackey, A. P., Hill, S. S., Stone, S. I., and Bunge, S. A. 2011. Differential effects of reasoning and speed training in children. *Dev. Sci.* 14:582–590. doi:10.1111/j.1467-7687.2010.01005.x
7. Mackey, A. P., Miller Singley, A. T., and Bunge, S. A. 2013. Intensive reasoning training alters patterns of brain connectivity at rest. *J. Neurosci.* 33:4796–4803. doi:10.1523/JNEUROSCI.4141-12.2013
8. Mackey, A. P., Whitaker, K. J., and Bunge, S. A. 2012. Experience-dependent plasticity in white matter microstructure: reasoning training alters structural connectivity. *Front. Neuroanat.* 6:32. doi:10.3389/fnana.2012.00032
9. Hensch, and Takao, K. 2005. Critical period plasticity in local cortical circuits. *Nat. Rev. Neurosci.* 6:877–888. doi:10.1038/nrg1757

פורסם אונליין: 31 במאי 2018

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

ציטוט: Niebaum JC and Bunge SA (2018) המוח שלכם הוא כמו שריר: אִמְנֵנו אוֹתוֹ וְהוּא יִתְחַזֵּק *Front. Young Minds.* doi:10.3389/frym.2014.00005-he

תורגם והותאם מ:

Niebaum JC and Bunge SA (2014) Your brain is like a muscle: use it and make it strong *Front. Young Minds* 2:5. doi:10.3389/frym.2014.00005

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

COPYRIGHT © Niebaum and Bunge 2014. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution (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

LUCA, גיל: 13

נולדתי באיטליה, גדלתי ביפן וכיום אני גר בארצות הברית. בתור האח המבוגר מבין שלושה אחים, אנשים אומרים שאני הרגוע והשָׁלוּ מבין האחים. אני נהנה לרוץ, לקרוא ולנגן בסקסופון. אני מצפה בקוצר רוח להתחיל השנה את בית הספר התיכון!



הכותבים

JESSE C. NIEBAUM

אני מתעניין באופן שבו חֵקֵר המוח יכול לעזור לנו לשפר למידה וכישורי היגיון, וכיצד חוויות שונות יכולות לשנות את המוח. כשאני לא במעבדה אני ככל הנראה רוקד, שותה קפה עם חברים, צופה בקונצרט או מטייל.



SILVIA A. BUNGE

מנהלת המעבדה לאבני הבניין של הקונגניציה באוניברסיטת קליפורניה בברקלי. הקבוצה שלה חוקרת את המנגנונים במוח אשר מאפשרים לנו להבין חוקים וליישם, לחשוב על בעיות קשות ולקבל החלטות טובות. המעבדה חוקרת ילדים מכל הגילאים, מגן חובה והלאה, כמו גם מבוגרים צעירים.



Hebrew version
provided by

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

