



אני רוצה את זה עכשיו! מדע המוח של האימפולסיביות של מתבגרים

Christina Leuker and Wouter van den Bos*

מכון Max Planck להתפתחות האדם, ברלין, גרמניה

סוקרים צעירים

FRANCISCO
LINCOLN

גיל: 13



מה הייתם מעדיפים לעשות ביום קיץ חם? ללכת לאימון כדורגל או לאכול גלידה ליד הבריכה? הבריכה עשויה להיות הרבה יותר מהנה מאימון ספורט, לכן זו עשויה להיראות בחירה קלה. אולם אם אתם מפסידים אימון לעיתים תכופות, ייתכן שהמאמן שלכם לא יכניס אתכם להרכב במשחק הבא, ובתמונה הכללית אתם לא תשתפרו. לאור התוצאות העתידיות האלה, הליכה לאימון אולי לא נראית החלטה כל כך רעה אחרי הכול. ובכל זאת, מחקרים מראים שמתבגרים, לעיתים קרובות יותר מאשר אנשים בכל גיל אחר, נוטים לנהוג על-פי הדחפים הרגעיים שלהם, ולא על-פי המטרות ארוכות הטווח שלהם. מזוע למתבגרים קשה כל כך לשלוט על דחפיהם? וכיצד זה משתפר עם הגיל? חקרנו את התפתחות המוח ומצאנו ששליטה על דחפים תלויה לפחות בשני אזורי מוח שונים. כאשר מתבגרים, הקשרים בין שני אזורי המוח האלה מתחזקים: זה עוזר לכם לחשוב על ההשלכות העתידיות של מעשיכם, להיות פחות אימפולסיביים וגם (אולי) לקבל החלטות טובות יותר.

מה מיוחד בלהיות מתבגר?

בשנות ההתבגרות שלכם, ההורים שלכם בדרך כלל מתחילים לאפשר לכם לקבל יותר ויותר החלטות בעצמכם. אתם מתחילים לפתח תחביבים, לרכוש חברים שאתם מבלים איתם ולגבש את הפעילויות שאתם עושים אחרי בית הספר. ואז, בשלב כלשהו, אתם הופכים לבלתי תלויים בהורים שלכם [1]. שלב הגדילה הזה נקרא **גיל ההתבגרות**. הוא מתחיל בהתבגרות המינית ומסתיים כאשר אנו מחשיבים מישהו בתור מבוגר (מתפרש על טווח הגילאים 10-20 שנים,

גיל ההתבגרות (Adolescence)

אדם שחוקר את המוח (וחלקים אחרים של מערכת העצבים). חלק ממדעני המוח מנסים להבין, למשל, מה קורה במוחות שלנו כשאנחנו ישנים.

פחות או יותר). זו תקופה מיוחדת מאוד, בגלל שמתבגרים מתנהגים אחרת בהרבה אופנים מילדים צעירים יותר וגם ממבוגרים.

לדוגמה, מתבגרים ידועים בהתנהגות האימפולסיבית שלהם. כלומר, נדמה שהם עושים הרבה דברים בלי לחשוב יותר מדי על השלכות שלהם. במובנים מסוימים, **אימפולסיביות** יכולה להיות דבר טוב: דמיינו מצב שבו הייתם עושים רק דברים שהתוצאות שלהם ידועות במדויק! מצב כזה לא רק שהיה משעמם באופן מרדים, אלא גם לא היה מאפשר ללמוד משהו חדש. הליכה לבריכת שחייה בפעם הראשונה עשויה להיות מפחידה, אבל אי אפשר ללמוד לשחות בלי להיכנס למים.

למתבגרים, אבל לא לילדים קטנים יותר, מותר לקבל את ההחלטות שלהם לבד, והם מבליים פחות זמן תחת השגחתם הישירה של הוריהם. זה מאפשר למתבגרים הרבה הזדמנויות ללמוד דברים חדשים, אבל מאחר שקבלת ההחלטות הנכונות אינה תמיד דבר פשוט לביצוע, החופש הזה עשוי גם להוביל לטעויות. לפעמים הטעויות האלה, שמונעות מהתנהגות אימפולסיבית, יכולות להוביל לתוצאות שליליות מאוד. לדוגמה, מתבגרים מגיעים לחדרי מיון אחרי שהיו מעורבים בתאונות לעיתים תכופות יותר מאשר מבוגרים או ילדים [2].

אם כן, מדוע מתבגרים הם כל כך אימפולסיביים? הבנת האימפולסיביות הזו היא חשובה עבור הורים (שצריכים לתת לילדים שלהם להתנסות בחוויות שלהם, אבל לא רוצים שהם יהיו מעורבים בתאונות), מתבגרים (שרוצים ליהנות, אבל צריכים גם לחשוב על השלכות עתידיות), והקבוצה (שצריכה להגדיר חוקים על הגבלות גיל אשר קשורות בפעילויות מסוכנות, כמו למשל שתיית אלכוהול, עישון ונהיגה במכונית). במאמץ להבין איך מתבגרים מקבלים החלטות אימפולסיביות מאוד או פחות אימפולסיביות, חקרנו את התפתחות המוח.

גמול קטן עכשיו או אחד גדול אחר כך?

חקרנו היבט אחד מסוים של אימפולסיביות, והוא **חוסר סבלנות**. חוסר סבלנות מתאר את הקושי שיש לכם כשאתם צריכים לדחות משהו לנקודה מאוחרת יותר בזמן, אבל הייתם רוצים מאוד לעשות את זה עכשיו (לדוגמה, הליכה לבריכה אחרי סיום אימון הספורט). פסיכולוגים למדו על חוסר הסבלנות תוך שימוש ב"מבחן מרשמלו" המפורסם. ככה זה עובד: דמיינו שילדה בשם יוליה (בת 5 שנים) מקבלת מרשמלו בצלחת מולה. לפני שהנסיינית עוזבת את החדר, היא מסבירה שיווליה יכולה לאכול את המרשמלו עכשיו או שהיא יכולה לחכות עד שהנסיינית תחזור. אם המרשמלו המקורי עדיין יהיה שם, יוליה תקבל עוד מרשמלו אחד. חלק מהילדים יאכלו את המרשמלו מיד, בעוד שאחרים יחכו. אולם, לחכות זה לא קל! (מצחיק להסתכל על זה: אתם יכולים לראות את המבחן בפעולה אם תיכנסו ליוטיוב ותקלידו "מבחן המרשמלו"). כמובן, שכל שאנו מתבגרים אנו משתפרים מאוד בהמתנה לגמול. למרבית המבוגרים אין קושי רב בהמתנה למרשמלו; לעומת זאת, מתבגרים הם בדרך כלל עדיין מאוד אימפולסיביים. למה המתנה היא לרוב כל כך קשה לילדים ומתבגרים אבל קלה יותר למבוגרים? ישנן כמה סיבות שאנו יכולים לחשוב עליהן.

סיבה אחת היא שככל שאנו מתקרבים להיות מבוגרים, אנו משתפרים בשליטה בתשומת הלב. לרוב הילדים קשה לשלוט לאן תשומת הלב שלהם מופנית, אבל חלק מהילדים כבר מסוגלים

אימפולסיביות (Impulsivity)

הנטייה לעשות דברים באופן פתאומי וללא מחשבה זהירה

חוסר סבלנות (Impatience)

מצב של קושי לחכות למשהו בעתיד.

לעשות זאת! Walter Michel, מי שערך את ניסוי המרשמלו הראשון, מצא שילדים שיכלו לחכות עד למרשמלו השני היו מוצלחים מאוד בהסטת תשומת הלב שלהם מהמרשמלו. לדוגמה, חלק מהילדים פשוט סובבו את הכיסא שלהם, כך שהם לא הסתכלו על הממתק. ילדים אחרים השתמשו באסטרטגיה שונה, שקשה יותר לראות, והיא שהם חשבו על משהו אחר. למשל, הם דמיינו איך זה מרגיש כשיש שני מרשמלואים, או שהמרשמלו שמולם הוא למעשה מזויף ועשוי מאבן. היכולת הזאת לכוון את תשומת הלב שלנו לאן שאנחנו רוצים שהיא תלך, בדרך כלל נעשית קלה יותר ככל שאנחנו גדלים ונהיים מבוגרים.

סיבה נוספת לכך שמתבגרים הם איפולסיביים ושיש להם קושי לחכות לתגמולים ארוכי-טווח היא שהמוחות שלהם רגישים מאוד לתגמולים מידיים – מתבגרים נוטים מאוד לאהוב אותם! בשנות הנערות המוקדמות, החלק במוח שמעבד רגשות עובר שינויים גדולים, מה שהופך את התגמולים המידיים להיחשב טובים במיוחד בעיני המתבגרים [1,3]. כתוצאה מכך, הגמול המידי (למשל, אכילת המרשמלו עכשיו) עשוי להיראות למתבגר הרבה יותר מתגמול מאשר למבוגר, והוא עשוי להיות פחות מוכן לחכות לתגמול ארוך הטווח.

בשלב הזה, אנו לא לגמרי בטוחים מה קורה במוחם של מתבגרים. לאורך הזמן, (רוב) המתבגרים נעשים טובים יותר בהמתנה. אבל, מדוע זה המצב? כדי לקבל מושג טוב יותר על מה שקורה, התבוננות על המוח כשהוא מתבגר, משלב הנערות אל הבגרות, יכולה לעזור.

למידת חוסר סבלנות במעבדה

כדי ללמוד כיצד המוח משתנה בגיל ההתבגרות אספנו משתתפים בגילאי 8 עד 25 שנים כדי שייקחו חלק בניסוי מעבדה. בניסוי שלנו, כל משתתף היה צריך לבחור בין שתי כמויות שונות של כסף, אחת שהיא/היא יקבלו בקרוב מאוד או אחת שהיא/היא יצטרכו לחכות קצת יותר זמן כדי לקבל את הכסף (איור 1A). לדוגמה, האם אתם מעדיפים לקבל 40 שקלים עכשיו או 100 שקלים בעוד 28 ימים? (מה הייתם מעדיפים? אתם יכולים לענות על השאלה הזאת בעצמכם). באופן דומה לניסוי המרשמלו, משתתפים היו צריכים לחכות זמן רב יותר כדי לקבל יותר כסף. בניסוי הזה השתמשנו בכסף במקום במרשמלו מאחר שזה הרבה יותר מעשי; אינכם יכולים לאכול מרשמלו בתוך סורק המוח! כמו כן לא כולם אוהבים מרשמלו, אבל כמעט כולם אוהבים כסף! כפי שציפינו, מצאנו שמשותפים צעירים יותר היו פחות מוכנים לחכות כדי לקבל את הכמות הגדולה יותר של כסף, לעומת המבוגרים.

אף על פי שהמשתתפים קיבלו את ההחלטות, הם שכבו בסורק שנקרא סורק **דימות תהודה מגנטית**, כמו זה שרואים באיור 1B. עם סורק דימות תהודה מגנטית, מדדנו שני דברים כמו (1) רמות הפעילות באזורים שונים במוח, ו-(2) מבנה המוח.



דימות תהודה מגנטית (MRI - Magnetic Resonance Imaging)

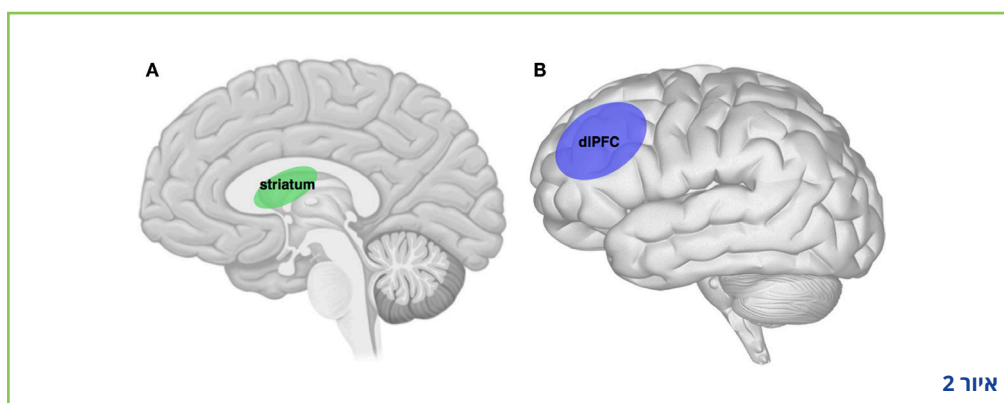
סורק מוחי מגנטי חזק מאוד שמשמש בדרך כלל לרשום את הפעילות במוח.

איור 1

A. אלו הן שתי דוגמאות לבחירת במחקר שלנו כדי לראות מה קורה במוחם של מתבגרים כאשר הם נדרשים לבחור בין גמול מיידי או מושהה. משותפים היו צריכים לבחור בין סכום כסף קטן יותר שהם יכולים לקבל בזמן מוקדם יותר, או סכום כסף גדול יותר שהם צריכים לחכות עבורו זמן רב יותר. B. כל המשתתפים קיבלו החלטות בתוך סורק המוח, כך שפעילות המוח יכלה להיות מתועדת. האפשרויות הוצגו על מסך מחשב שהמשתתפים ראו בתוך הסורק.

מבט אל תוך המוח

ממה שאנו יודעים עד כה, שני אזורי מוח הם חשובים כאשר אנשים מקבלים החלטות לגבי אלה תגמולים הם רוצים לקבל. האזור הראשון הוא שמקודד את כל סוגי המידע על התגמולים. הוא מביא בחשבון את המידה שבה אתם אוהבים לשחק וידיאו, כמה אתם אוהבים להיות שחקני כדורגל (או ספורט אחר, או נגינה על כלי נגינה), וכמה אתם נהנים לראות טלוויזיה או לאכול גלידה ליד הבריכה. אזור המוח הזה נקרא **סטריאטום** (מבוטא – סטרי-איי-טום). אזור המוח החשוב השני מעורב במעקב אחרי המטרות ארוכות הטווח שלכם (כמו להיות שחקן כדורגל מפורסם). המטרות האלה מקודדות באזור המוח שנקרא **קליפת המוח הקדם-מצחית האחורית-צידיית** (dIPFC). דרך אחת לחשוב על ה-dIPFC היא כמו על הַנְרָה שאומר לכם לעשות מה שטוב עבור האני העתידי שלכם ("אתם תודו לי אחר כך"), ובמובן מסוים היא מתפקדת בתור "מְדַמָּה" (סימולטור) של העתיד. אתם יכולים לראות איפה ממוקמים הסטריאטום וה-dIPFC באיור 2.



איור 2

הסטריאטום וה-dIPFC מחוברים גם דרך מסלולים של תאי מוח שנקראים "מסלולים עצביים". אתם יכולים לחשוב על החיבור בתור כביש שמשתמשים בו כדי להעביר הודעות מאזור אחד במוח לאזור אחר. דרך הקשרים העצביים, ה-dIPFC יכולה "לדַבֵּר" עם הסטריאטום ולהגיד לו מהי התועלת העתידית של ההחלטות שלכם. ה"דיבור" הזה הוא חשוב כיוון שרוב ההחלטות בחייכם אינן טובות או רעות באופן ברור – אנו תמיד צריכים לשקול חלקים שונים של כל החלטה (עד כמה אתם מוכנים לוותר היום עבור גמול גדול יותר מחץ? אולי אכילת שני מרשמלואים ברצף אחר כך בכלל אינה טעימה כמו אכילת הראשון עכשיו?). בניסוי שלנו, בחנו ביתר פירוט את ה"דיבור" הזה בין הסטריאטום לבין ה-dIPFC.

מה מצאנו?

ראשית, הסתכלנו על חוזק הקשרים בין ה-dIPFC לבין הסטריאטום. התוצאות שלנו הראו שקשרים חזקים יותר בין ה-dIPFC והסטריאטום נוצרים כאשר מתבגרים (מה שמצוין על-ידי הפיכת החץ הצהוב לגדול יותר באיור 3). אפשר להשוות את זה להרחבת כביש חד-נתיבי והפיכתו לכביש מהיר רב-נתיבי.

סטריאטום (Striatum)

אזור במוח שמבצע מעקב אחרי המידה שבה אתם אוהבים משהו (בין השאר, הוא מבצע עוד המון מטלות אחרות).

קליפת המוח הקדם-מצחית האחורית-צידיית (dorsolateral prefrontal cortex - dIPFC)

אזור במוח שעוקב אחרי המטרות ארוכות הטווח שלכם (בין השאר, הוא מבצע עוד המון מטלות אחרות).

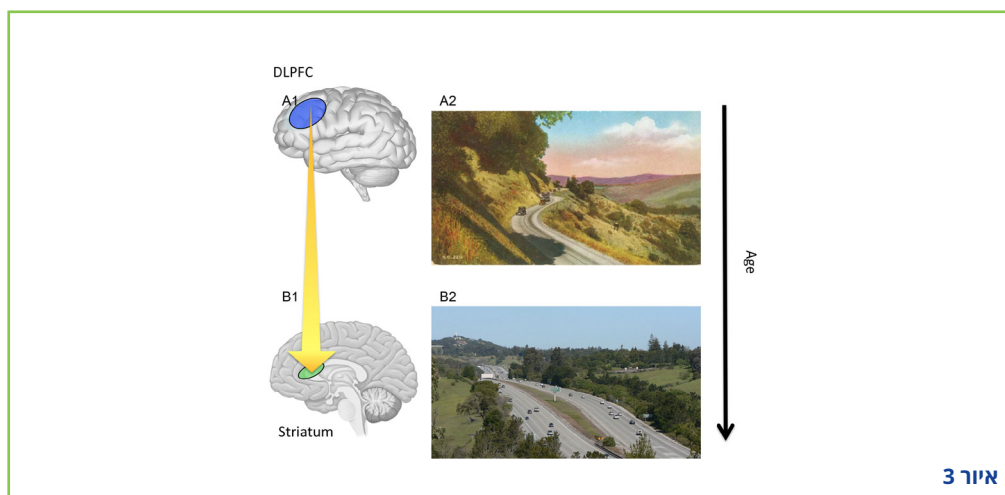
איור 2

לצורך הבנת התמונה הזו דמיינו שמישהו עומד לפניכם ומסתכל שמאלה, והמוח שלו חתוך באמצע מקדימה לאחורה. זה נותן לכם "מבט מבפנים" על המוח, ומגלה הרבה מבנים שלא היינו רואים מִשְׁטַח הַפְּנִים של המוח בלבד. אתם יכולים לראות את הסטריאטום ממוקם איפה שהוא באמצע (בירוק). B. כאן אתם רואים תמונה תלת-ממדית של המוח. קליפת המוח הקדם-מצחית האחורית-צידיית (dIPFC) ממוקמת בחלק הקדמי (בכחול).

לאחר מכן, מדדנו את פעילות המוח בקליפת המוח ובסטריאטום בזמן שהמשתתפים קיבלו את החלטותיהם. כאשר הפעילות בשני האזורים היא דומה מאוד, עולה ויורדת באופן מתואם, אנו מניחים שיש הרבה תקשורת בין שני האזורים האלה. מצאנו שככל שמתבגרים, ישנה תקשורת מוגברת בין ה-dIPFC והסטריאטום, אותה ניתן להשוות לכמות גדולה יותר של מכוניות בכביש (איור 3). והכי חשוב, מצאנו שהמשתתפים המבוגרים יותר, שהמוחות שלהם כבר "בנו" כבישים מהירים גדולים בין ה-dIPFC והסטריאטום, היו פחות אימפולסיביים. הם העדיפו לחכות לכמויות גדולות יותר של כסף בעתיד מאשר לקחת כמות קטנה יותר של כסף בהרגע. אנו חושבים שזה קורה בגלל שכעת ה-dIPFC מסוגל לספור לסטריאטום טוב יותר מהם היתרונות של ההמתנה לגמול עתידי [4].

איור 3

A1, B1. ככל שאתם מתבגרים, קשרים בין הסטריאטום וקליפת המוח הקדם-מצחית האחורית-צידיית מתחזקים. קשרים חזקים יותר מאפשרים למידע רב יותר לזרום מקליפת המוח הקדם-מצחית האחורית-צידיית אל הסטריאטום. A2, B2. אתם יכולים להשוות את זה להוספת נתיבים נוספים בכביש ככל שאתם מתבגרים. היכולת הנרכשת הזו של המוח לאפשר לעוד מידע לזרום בין אזורים ניתנת להשוואה לכך שעוד מכוניות יכולות לנסוע בכביש.



איור 3

מה המשמעות של זה עבורכם?

רובנו נהנים משוקולד, משחקי מחשב ושאר דברים מהנים. ורובנו היינו מעדיפים ליהנות מהם עכשיו מאשר אחר כך. אבל, נראה שאנשים הם שונים ביחס לכמה קשה להם לחכות להתממשות של חלק מהדברים הטובים האלה. במוחות שלנו, המנגנון הזה נשלט, באופן חלקי, על-ידי הקשרים בין ה-dIPFC והסטריאטום. ככל שה-dIPFC והסטריאטום מחוברים יותר, כך קל יותר לחכות לגמול עתידי. הקשרים האלה מתחזקים כשמתבגרים (איור 3), מה שבסופו של דבר הופך אתכם לטובים יותר בהמתנה לדברים טובים.

הבנייה של הכבישים המהירים האלה במוח היא חלק מתהליכים טבעיים של גדילה, נוסף על שינויים רבים אחרים שקורים בגוף. אולם, אתם לא צריכים לחכות עד שהמוח שלכם יתחיל לקשור את הקשרים האלה. הדבר הנחמד הוא שאתם יכולים לאמן את המוח שלכם ולחזק את הקשרים שלו! המוח הוא כמו שריר: ככל שמתמשים בו יותר, כך המטלות השכליות האלה נעשות קלות יותר במשך הזמן. זה תקף לבעיות כמו שאתם פוגשים בשיעור מתמטיקה או במשחקי לוח (לפרטים נוספים, ראו מאמר בנושא בקישור הזה). אולם, זה גם תקף לחשיבה על העתיד, שעשויה עדיין להיראות לא בטוחה או מטושטשת בראש שלכם. אתם יכולים, למשל, לשפר את כישוריכם בביצוע שיקולים ביחס לעתיד על-ידי מחשבה על השלכות עתידיות, כמו "אם אני אלך לאימון כדורגל זה יעזור לי להיכנס להרכב במשחק הבא, ואולי יום אחד אני אהפוך לשחקן כדורגל מפורסם" [5]. העצה הטובה ביותר שלנו למשתתפים בניסוי כמו שלנו היא

לחשוב חזק על מה הם יכולים לעשות עם 100 שקלים בעוד שבועיים לעומת עם 40 שקלים עכשיו. 100 השקלים יכולים לקנות כמעט פי שלושה צעצועים, ספרים, גלידות או נקניקיות מאשר שיכולים 40 שקלים לקנות עכשיו! ככל שתחשבו יותר על מחר, כך זה יראה קרוב יותר!

מאמר המקור

van den Bos, W., Rodriguez, C. A., Schweitzer, J. B., and McClure, S. M. 2015. Adolescent impatience decreases with frontostriatal connectivity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 112(29):E3765–74. doi:10.1073/pnas.1423095112

מקורות

1. Steinberg, L., and Chein, J. M. 2015. Multiple accounts of adolescent impulsivity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 112(29):8807–8. doi:10.1073/pnas.1509732112
2. Eaton, D. K., Kann, L., Kinchen, S., Shanklin, S., Flint, K. H., Hawkins, J., et al. 2012. Youth risk behavior surveillance – United States, 2011. *MMWR Surveill. Summ.* 61(4):1–162.
3. Crone, E. A., and Dahl, R. E. 2012. Understanding adolescence as a period of social-affective engagement and goal flexibility. *Nat. Rev. Neurosci.* 13(9): 636–50. doi:10.1038/nrn3313
4. Casey, B. J. 2015. Beyond simple models of self-control to circuit-based accounts of adolescent behavior. *Annu. Rev. Psychol.* 66:295–319. doi:10.1146/annurev-psych-010814-015156
5. Peters, J., and Büchel, C. 2010. Episodic future thinking reduces reward delay discounting through an enhancement of prefrontal-mediotemporal interactions. *Neuron* 66(1):138–48. doi:10.1016/j.neuron.2010.03.026

פורסם אונליין: 31 במאי 2018

נערך על ידי: Jorge Moll, D'Or Institute for Research and Education (IDOR), Brazil

ציטוט: Leuker C and van den Bos W (2018) אני רוצה את זה עכשיו! מדע המוח של האימפולסיביות של מתבגרים של מתבגרים *Front. Young Minds.* doi:10.3389/frym.2016.00008-he

תורגם והותאם מ:

Leuker C and van den Bos W (2016) I want it now! The Neuroscience of Teenage Impulsivity. *Front. Young Minds* 4:8. doi:10.3389/frym.2016.00008

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

Leuker and van den Bos 2016 © **COPYRIGHT** 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

FRANCISCO LINCOLN, גיל: 13

אני בן 13 ואני לומד בריו דה ז'נרו, ברזיל. אני אוהב לשחק כדורגל, לקרוא ולנגן בפסנתר. אני אוהב ללמוד מתמטיקה, מדעים והיסטוריה.



הכותבים

CHRISTINA LEUKER

אני דוקטורנטית במכון Max Planck להתפתחות האדם, ברלין, גרמניה. אני מתעניינת באופן שבו אנשים מקבלים החלטות. בפרט, אני מתעניינת באופן שבו המוח מעבד ומפנים מידע לגבי המידה שבה אנו אוהבים משהו או מהי הסבירות שנשיג אותו. בזמני הפנוי אני אוהבת לעשות ספורט, לצפות בסרטים, לתכנן טיולים, לבלות עם חברים ולצאת לאכול המבורגר. ביליתי זמן מה בטקסס במהלך הלימודים שלי, זה כנראה המקום שבו התחילה התאוה שלי לאוכל אמריקאי.

WOUTER VAN DEN BOS

אני מדען חוקר במכון Max Planck בברלין, והמוח מרתק אותי. אני מתעניין במיוחד בדרך שבה אנשים מקבלים החלטות, וכיצד אנו לומדים דברים חדשים. אני גם חוקר כיצד המוח משתנה כשאנו מתבגרים, וכיצד השינויים האלה משפיעים על קבלת ההחלטות שלנו. במחקר שלי, אני לעיתים תכופות מבקש מהמשתתפים לבצע החלטות פשוטות לכאורה בין שתי אפשרויות. לדוגמה, אם אתם רוצים כמות מסוימת של כסף עכשיו, או הרבה כסף אחר כך. זה בלתי יאמן עד כמה אפשר ללמוד על בן אדם, ועל המוח שלו, באמצעות שאילת שאלות פשוטות שכאלה! *vandenbos@mpib-berlin.mpg.de



Hebrew version
provided by

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

