



תקשורת בין בני אדם והמוח

Arjen Stolk*

מכון הלן ווילס למדעי המוח, אוניברסיטת קליפורניה, ברקלי, ברקלי, קליפורניה, ארצות הברית

סוקרים צעירים

KRISHNA
גיל: 11 

DARIUS
גיל: 13 

WYATT
גיל: 10 

SCHUYLER
גיל: 11 

SYBILLE
גיל: 8 

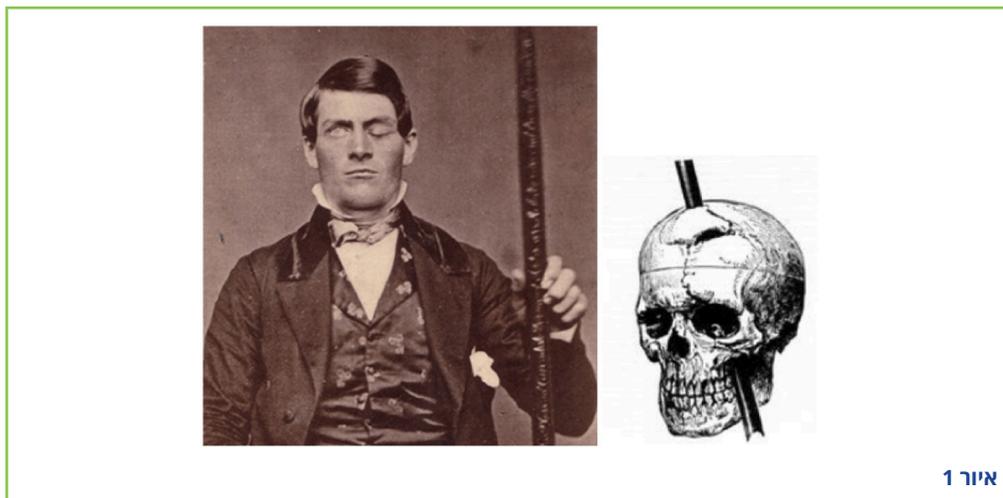
PACEYN
גיל: 7 

אם אדם ברחוב מבקש הנחיות כיצד להגיע לקולנוע, גילו של האדם או נוכחות אופניים במקום מכונית הם רק חלק מהגורמים ההקשריים הרבים שישפיעו על תשובתכם. ייתכן שתחליטו לְדַבֵּר ברור יותר, להשתמש במילים פשוטות יותר או לתת הנחיות הגעה שמתאימות במיוחד לאופניים. עם זה למרות הקלות שבה אנו מתאימים בגמישות את התקשורת שלנו בהתאם לאדם שעימו אנו מתקשרים, עדיין האופן שבו אנו מצליחים לעשות זאת במהירות נותר בגדר תעלומה. מחקר חדש מראה כי אזור מסוים במוח שלנו, הנקרא קליפת המוח הקדם-מצחית, חשוב במיוחד לכוונן העדין של התקשורת בהתאם לאדם שעימו אנו מתקשרים. בני אדם הפגועים בקליפת המוח הקדם-מצחית עדיין יכולים לתקשר. בניגוד לבני אדם בריאים ולבני אדם הסובלים מנזק מוחי במקום אחר, אנשים הפגועים בקליפת המוח הקדם-מצחית אינם מצליחים להתאים את התקשורת שלהם ליכולות של האדם שעימו הם מתקשרים.

פיניאס גייג' היה פועל בנייה של מסילת הברזל במאה ה-19. הוא היה מעורב בתאונה נוראית. בעודו עובד, פיצוץ העיף מוט ברזל עבה דרך המצח שלו, כמודגם באיור 1. ייתכן כי אתם סבורים שתאונה זו הותירה אותו פצוע אנוש או גרוע מכך – מת! אבל לא, למרות הקרס חלקים בחלק הקדמי של מוחו, למרבית ההפתעה, אירוע נוראי זה השפיע עליו רק מעט [1, 2]. פיניאס גייג' חזר להכרה מלאה מיד לאחר התאונה. אף שנפער חור במצחו, הוא עדיין היה מסוגל ללכת וְלְדַבֵּר, והוא המשיך לחיות כמעט 12 שנים נוספות. האם פירושה של תצפית מפתיעה זו הוא שקליפת המוח הקדם-מצחית, אזור המוח המצוי בדיוק מעל העיניים שלנו, איננה חשובה לתפקוד יומיומי? או אולי יש לקליפת המוח הקדם-מצחית תפקידים נוספים שעדיין

איור 1

פיניאס גייג' מחזיק את מוט הברחל שחדר למצחו



איור 1

איננו מבינים? לרוע המזל, אין עדויות רבות המרמזות לנו אם התאונה שינתה את התנהגותו של פיניאס גייג'. אנו יודעים כי חברת הרכבת סירבה לשכור מחדש את שירותיו לאחר התאונה, מסיבות לא ברורות. נוסף על כך מעט הסיפורים שישנם על התנהגותו של פיניאס גייג' לאחר התאונה מרמזים על כך שאישיותו והגישה שלו כלפי אחרים השתנו בדרך כלשהי. חבריו אמרו: "גייג' הוא כבר לא גייג'".

קליפת המוח הקדם-מצחית (Prefrontal cortex)

אזור במוח הנמצא בדיוק מעל העיניים, אשר מעורב בהנחיית התנהגות מורכבת.

מדעי המוח (מדע החוקר כיצד המוח פועל) ממשיכים ללמד אותנו דברים חדשים על תפקידה של קליפת המוח הקדם-מצחית בחיי היומיום שלנו. שאלו את עצמכם: האם הייתם מספרים לאדם זר את אותם סיפורים אישיים שאתם מספרים למשפחתכם ולחברים כגון זיכרון יקר ערך? מדענים גילו כי אנשים הסובלים מפגיעות חמורות בקליפת המוח הקדם-מצחית כן סיפרו לזרים מוחלטים סיפורים אישיים, אף שאחר כך הם חשו מובכים מכך [3]. מדוע אנשים אלה לא הביאו בחשבון שהם מדברים עם אדם זר? האם ייתכן שקליפת המוח הקדם-מצחית נחוצה לשם התאמת התקשורת שלנו בהתבסס על האדם שענינו אנו מתקשרים?

תקשורת

(Communication)

פעולה של העברת מחשבה או רעיון מאדם אחד לאחר.

שימוש במשחק מחשב כדי לחקור תקשורת

כיצד אנו יכולים לחקור אם קליפת המוח הקדם-מצחית נחוצה להתאמת התקשורת שלנו (איך אנו מדברים לאחרים וסוג הדברים שאנו מספרים להם) כתלות באדם שענינו אנו מתקשרים? דרך אחת למציאת תשובה לשאלה זו היא למדוד את האופן שבו בני אדם מתאימים את התקשורת שלהם כאשר הם מתקשרים עם סוגים שונים של בני אדם, ואז לראות אם אלה הסובלים מנזק מוחי בקליפת המוח הקדם-מצחית (הקס של תאי מוח באזור קליפת המוח הקדם-מצחית. במאמר זה לשם קיצור נקרא לאנשים אלה: "פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית") עושים זאת באופן שונה מבני אדם שמוחם בריא. כדי למדוד שינויים בתקשורת תכננו משחק מחשב שבו משתתפי הניסוי השתמשו בסמל של ציפור כדי לתקשר עם אדם אחר דרך מסך המחשב, בלי שראו את אותו שותף ובלו שדיברו עימו. לצורה מקוונת זו של תקשורת יש שני יתרונות עבור הניסוי שלנו. ראשית, תנועת הציפור על מסך המחשב מאפשרת מדידה מדויקת של התנהגויות התקשורת של כל משתתף. כך יש לנו דרך לקבוע אם התנהגויות אלה מותאמות כתלות באדם שענינו משתתפי הניסוי מתקשרים. שנית, העובדה שמשתתפי הניסוי לא יכלו לראות או לשמוע את השותף אפשרה לנו לומר למשתתפים שהם ישחקו בתורות עם

נזק מוחי (Brain damage)

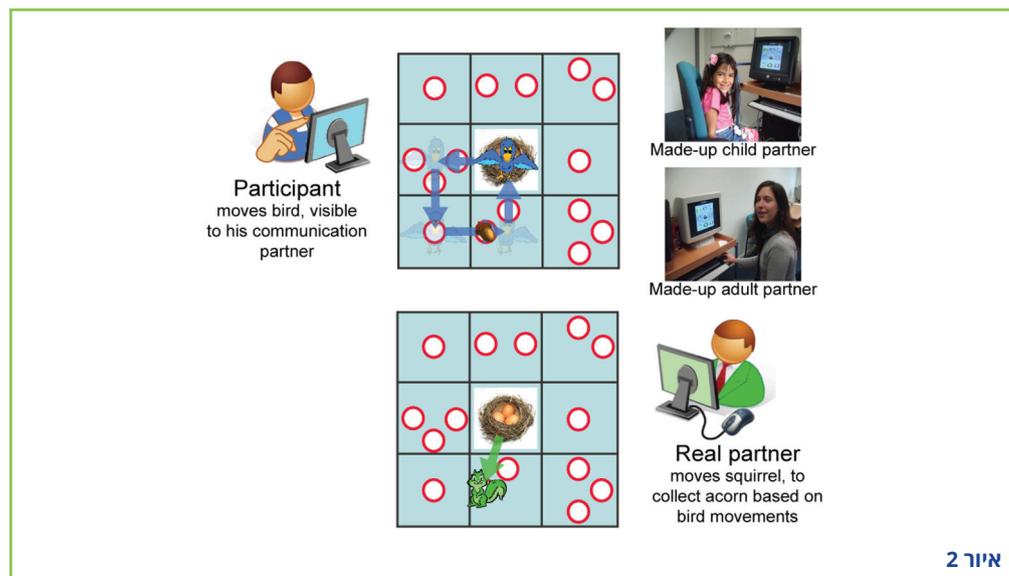
הקס תאי מוח הפוגע בתפקוד התקין של אותו אזור במוח. נזק מוחי עלול להתרחש עקב כוח חיצוני (טראומה); כוח פנימי (כגון לחץ הנובע מגידול) או בגלל מחלה נוירולוגית.

איור 2

משחק תקשורת, ושני שותפים בדויים מטרת המשחק היא שמתתף הניסוי יסביר לשותף שלו היכן יוכל לאסוף את הבלוט מלוח המשחק הדיגיטלי. במקרה מסוים זה הבלוט ממוקם על אחד העיגולים הלבנים שבחלק המרכזי התחתון של הריבוע. על-ידי נגיעה בריבועים שעל המסך בעזרת האצבע משתתף הניסוי יכול להזיז את סימן הציפור ברחבי לוח המשחק, כל תור מתחיל ומסתיים בקן הציפור הנמצא במרכז. הציפור יכולה לנוע רק במרכז של כל אחד מתשעת הריבועים, ורק בתנועות אנכיות או אופקיות (ראו סרטון S1). השותף יכול לראות את תנועות הציפור, ולהשתמש בעכבר מחשב כדי להזיז את הסנאי שלו לעיגול שעל לוח המשחק, שם הוא חושב שהבלוט נמצא, בהתבסס על מה שסיפר לו משתתף הניסוי, בעזרת הציפור. למשתתפי הניסוי נאמר כי הם ישחקו בתורות, פעם עם מבוגר ופעם עם ילד בן 5. למעשה, רק אדם אחד שיחק בתפקיד השותף, ואדם זה לא ידע אם משתתף הניסוי חשב שהוא משחק עם ילד או עם מבוגר. הדבר עזר לנו לוודא שכל שינוי שנצפה בצורת התקשורת של משתתף הניסוי נבע מסוג האדם שמתתף הניסוי סבר שעימו הוא מתקשר, ולא מביצועים שונים של שני שותפים.

סרטון 1 S

התנהגויות תקשורת של פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית.



איור 2

שני שותפים שונים, בעוד שלמעשה היה שותף אחד בלבד! כך יכולנו לוודא ש"שני השותפים" מתנהגים באותו אופן, ולהיות בטוחים שכל שינוי שרואים בצורת התקשורת של משתתפי הניסוי נובע רק מהבדלים באדם שעימו הם סבורים שהם מתקשרים.

משחק התקשורת מוצג באיור 2. מטרת משחק מחשב זה היא שמתתף הניסוי יסביר לשותף שלו היכן ממוקם בלוט על לוח המשחק. הבלוט יכול להיות על כל אחד מהעיגולים הלבנים. משתתף הניסוי יכול "להסביר" היכן ממוקם הבלוט על-ידי הזזת סימן הציפור ברחבי לוח המשחק. השותף יכול לראות בזמן אמת את תנועות הציפור של משתתף הניסוי על המסך הנפרד שלו עצמו, והוא יכול להזיז את הסנאי לעיגול שהוא סבור שמתתף הניסוי מנסה לכוון אליו, שבו מוחבא הבלוט. כאשר השותף מחליט, שני השחקנים מקבלים משוב אם הצליחו לתקשר ולמצוא את מיקום הבלוט.

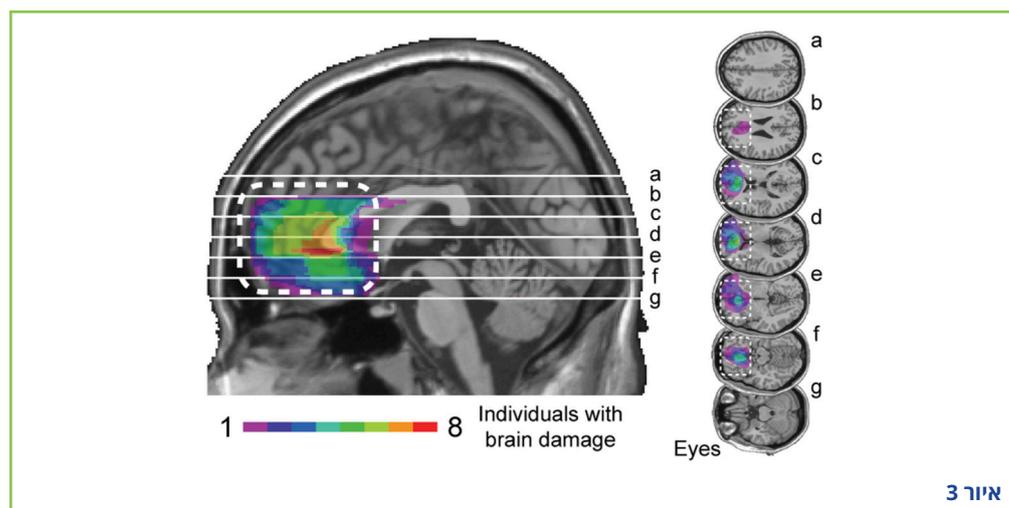
הודיעו למשתתפי הניסוי שהם ישחקו במשחק התקשורת עם שני משתתפים שונים, ילד ומבוגר, שישבו בחדר נפרד עם מסכי מחשב משלהם. למעשה, הקשר של משתתפי הניסוי



סרטון 1 S

איור 3

מפה חופפת עבור אנשים הסובלים מנזק מוחי בקליפת המוח הקדם-מצחית התמונה משמאל היא מבט על המוח מצידו השמאלי של הראש. לוח הצבעים שמשמאל למטה מציין כמה בני אדם סבלו מנזק לקליפת המוח הקדם-מצחית (מסומן במסגרת הלבנה), בערך באותו אזור שבו נפגע פיניאס גייג' מחוט ברזל שעוביו כ-2.5 ס"מ. הקווים האופקיים הלבנים מתייחסים לחתכי רוחב אופקיים של המוח המוצגים מימין. חתכי רוחב אופקיים אלה מראים את המוח מלמעלה במקום משמאל. אפשר לראות שקליפת המוח הקדם-מצחית ממוקמת בדיוק מעל העיניים.



איור 3

היה עם בן אדם אחד שעבד עם החוקרים. שותף זה לא ידע אם משתתף הניסוי חשב שהוא מְשַׁחֵק עם ילד או עם מבוגר. כך היינו בטוחים שההתנהגויות של השותף זהות בכל מקרה. מחקר קודם שבו נעשה שימוש במשחק זה הראה כי ייתכן שסְבָרוֹת משתתפי הניסוי בנוגע לגיל וליכולות של השותף שלהם שינו את האופן שבו תְקַשְרוּ עִם השותף. במחקר ההוא, ילדים בני 5 השתתפו עם הציפור על הבלוט למשך זמן ארוך יותר כאשר סברו שהם מְשַׁחֵקים עם פעוט בן 2 לעומת משחק עם בני גילם [4]. גם אנו מְבַצְעִים את ההתאמות האלה בתקשורת בחיי היומיום שלנו! האם אי פעם שמתם לב לכך שאתם מדברים לאט יותר או אולי משתמשים במילים פשוטות יותר כאשר אתם מְתַקְשְׂרִים עם מישהו שצעיר מכם בהרבה?

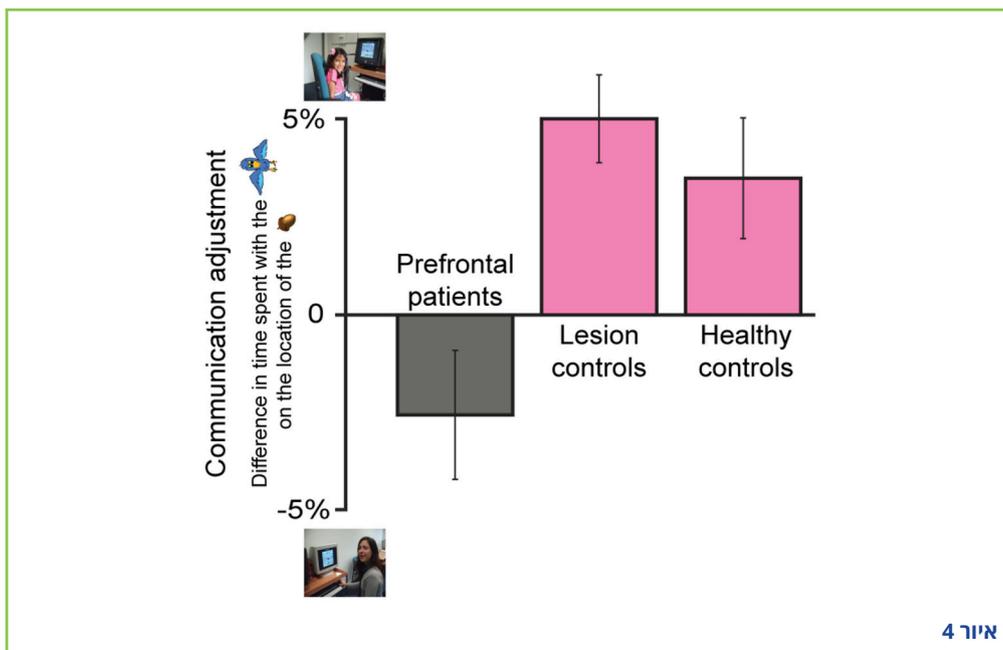
במחקר שלנו, חקרנו אם גם פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית יצליחו לשנות את אופן התקשורת שלהם עם שותפים שלדעתם היו בגילים שונים. מידת הנזק המוחי באנשים אלה מוצגת באיור 3, שֶׁם צֶפֶן הצבעים מייצג את כמות בני האדם הסובלים מנזק מוחי בקליפת המוח הקדם-מצחית. כדי לוודא שכל שינויי התקשורת שאנו רואים הם ייחודיים לנזק מוחי בקליפת המוח הקדם-מצחית, השוונו את התנהגויות התקשורת של פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית להתנהגויות של אנשים שסבלו מנזק במקום אחר במוח (לאלה קראנו "בְּקָרוֹת פגועות", והם סבלו מנזק בחלקי המוח הנקראים הָאֵנָה הרקתית, העורפית או הקודקודית). נוסף על כך השוונו את ההתנהגויות של פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית עם אלה של בני אדם שלא סבלו מפגיעה מוחית (להם קראנו "בְּקָרוֹת בריאות").

פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית מְתַקְשְׂרִים באופן שונה

פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית הצליחו לתקשר לשותפיהם את מיקום הבלוט בדיוק כמו משתתפי קבוצת הבקרה הבריאים. למשל, צפו בסרטון S1, שבו משתתף הסובל מנזק בקליפת המוח הקדם-מצחית הצליח לתקשר לשותף שלו היכן נמצא הבלוט. שימו לב שמשותף זה משתתף עם הציפור על מיקום הבלוט למשך זמן ארוך יותר מאשר השתתף על כל מקום אחר ברחבי לוח המשחק, בדיוק כפי שיעשה אדם בריא, כדי לשים דגש על המיקום של הבלוט עבור השותף שלו. כל שלוש הקבוצות – פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית; הבקרות הפגועות והבקרות הבריאות – התנהגו בצורה זו באופן זהה. אבל, שמנו לב להבדל חשוב בין התנהגויות

איור 4

התאמות תקשורת שביצעו שלוש קבוצות משתתפי הניסוי בנרף זה, ההבדל בזמן שהוקדש להשהיית סימן הציפור על מיקום הבלוט במהלך משחק מוצג בנפרד עבור כל קבוצת משתתפים (פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית - עמודה שמאלית, בקרות פגועות - עמודה אמצעית ובקרות בריאות - עמודה ימנית). העמודות הוורודות מראות את קבוצות משתתפי הניסוי שהשתתפו עם הציפור למשך זמן ארוך יותר (באחוזים) על מיקום הבלוט כאשר תקשרו עם שותף שהוא ילד בדוי לעומת תקשור עם מבוגר בדוי. הדבר מעיד על כך שאנשים הסובלים מנזק בקליפת המוח הקדם-מצחית מתקשרים באופן שונה מאשר שתי הקבוצות האחרות. שינוי לב שנראה כאילו קבוצת פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית ביצעו התאמה בכיוון ההפוך. אולם התאמה הפוכה זו לא הייתה מובהקת, כלומר ההבדל לא היה גדול דיו כדי להיחשב כתוצאה אמיתית.



איור 4

התקשורת של פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית ובין ההתנהגויות של שתי הקבוצות האחרות. כפי שאפשר לראות באיור 4, הבקרות הפגועות והבריאות הקדישו זמן רב יותר להשתתפות על מיקום הבלוט כאשר סברו שהם מתקשרים עם ילד לעומת משך ההשתתפות כאשר סברו שהם מתקשרים עם שותף מבוגר. הבדל זה במשך הזמן שמוקדש להשתתפות על העיגול שבו נמצא הבלוט לא נצפה אצל פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית. הם לא השתתפו למשך זמן ארוך יותר מעל מיקום הבלוט כאשר סברו שהם מתקשרים עם ילד בהשוואה לתקשור עם שותף מבוגר.

סך הכול, הממצאים שלנו מעידים על כך שהחיזוי שלנו היה נכון - בני אדם הסובלים מנזק מוחי בקליפת המוח הקדם-מצחית כבר לא מתאימים את התקשורת שלהם בהתאם לאדם שעימו הם מתקשרים. מעניין שנוזק בקליפת המוח הקדם-מצחית כלל לא פוגע ביכולת וברצון לתקשר, וזאת בניגוד למה שחשבו פעם. פגועי קליפת המוח הקדם-מצחית עדיין מתקשרים ביעילות, וגם הם השתתפו זמן ארוך יותר על העיגולים החשובים שעל לוח המשחק. אולם הם עשו זאת בין שסברו כי הם מתקשרים עם ילד ובין שסברו כי הם מתקשרים עם מבוגר, בעוד שקבוצות הבקרה ביצעו כוונן עדין של התקשורת שלהם כתלות בשותף שעימו סברו שהם מתקשרים - ילד או מבוגר. תוצאות אלה מלמדות אותנו שקליפת המוח הקדם-מצחית אינה נחוצה לצורך התקשורת עצמה, כפי שראינו במקרה של פיניאס גייג'. עם זה התוצאות מסבירות מדוע ייתכן כי בני אדם הסובלים מנזק בקליפת המוח הקדם-מצחית יפגינו התנהגות חברתית מוזרה בחיי היומיום כגון לספר לאדם זר מידע אישי שבאופן רגיל משתפים רק עם משפחה או עם חברים [3]. אם כך, בפעם הבאה שאתם מתקשרים עם מישהו, זיכרו שלצורך התאמת התקשורת שלכם לאותו אדם אתם משתמשים בקליפת המוח הקדם-מצחית, אזור במוח הנמצא בדיוק מעל לעיניים.

מאמר המקור

Stolk, A., D'Imperio, D., di Pellegrino, G., Toni, I. 2015. Altered communicative decisions following ventromedial prefrontal lesions. *Curr. Biol.* Available at: [http://www.cell.com/current-biology/abstract/S0960-9822\(15\)00410-8](http://www.cell.com/current-biology/abstract/S0960-9822(15)00410-8)

מקורות

1. Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A. M., and Damasio, A. R. 1994. The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science* 264:1102-5. doi: 10.1126/science.8178168
2. Van Horn, J. D., Irimia, A., Torgerson, C. M., Chambers, M. C., Kikinis, R., and Toga, A. W. 2012. Mapping connectivity damage in the case of Phineas Gage. *PLoS ONE* 7:e37454. doi: 10.1371/journal.pone.0037454
3. Beer, J. S., John, O. P., Scabini, D., and Knight, R. T. 2006. Orbitofrontal cortex and social behavior: integrating self-monitoring and emotion-cognition interactions. *J. Cogn. Neurosci.* 18:871-9. doi: 10.1162/jocn.2006.18.6.871
4. Stolk, A., Hunnius, S., Bekkering, H., and Toni, I. 2013. Early social experience predicts referential communicative adjustments in five-year-old children. *PLoS ONE* 8:e72667. doi: 10.1371/journal.pone.0072667

הצהרה אֶתִית

כל משתתפי הניסוי נתנו הסכמה מִדְעָת, בהתאם להצהרת הליסינקי והוועדה האתית של המחלקה לפסיכולוגיה, אוניברסיטת בולוניה.

תודות

אני מודה לעמיתיי, ג'וליה קאם וענת פרי, ולעורכים, נינה דרונקס ובוב נייט, על ההערות המועילות למאמר זה. המחקר שהוביל לתוצאות אלה מומן על-ידי הארגון ההולנדי למחקר מדעי.

פורסם אונליין: 10 באוקטובר 2019

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

ציטוט: Stolk A (2019) תקשורת בין בני אדם והמוח. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2017.00012-he

תורגם והותאם:

Stolk A (2017) Human Communication and the Brain. *Front. Young Minds* 5:12. doi: 10.3389/frym.2017.00012

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

COPYRIGHT © 2017 © 2019 Stolk 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 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

KRISHNA, גיל: 11

אני בן 11, בכיתה ו. אני אוהב מדע וספורט. אני משחק כדור בסיס ולומד קונג-פּו. אני אוהב לבצע ניסויים כדי להבין כיצד המדע פועל. במדע – אני אוהב חלל, אסטרונומיה ופיזיקה. אני נהנה לקרוא הרבה, ומקווה לכתוב הרבה ספרי ילדים (כבר התחלתי לכתוב שלושה סיפורים). בחיים שלי, אני רוצה להמציא משהו חדש, ולהחזיר לחיים משהו שנכחד, בעזרת חקר דנ"א.



DARIUS, גיל: 13

אני בן 13, בכיתה ח. בזמני הפנוי אני אוהב קריאה, טיולי תרמילאים ונגינה בחצוצרה ובפסנתר. אני נלהב משירות לסביבה ולקהילה. אני מתעניין מאוד בנאום לפני קהל ומשתתף בקבוצת הדיבייט (ויכוח בעל פה, בעד ונגד נושא מסוים) של בית הספר שלי. אני אוהב ללמוד מדע, במיוחד מדעי המוח, כימיה, ביולוגיה ופיזיקה.



WYATT, גיל: 10

אני בן 10, בכיתה ה, בפידמונט, קליפורניה, ארצות הברית. אני אוהב לקרוא, לשחק לגו, לשחק מיינקראפט, לאכול ולישון! אני גם אוהב לרכוב על קטנוע ועל אופניים, לטייל ברגל ולבנות כל מיני דברים. האוכל האהוב עליי הוא אוכל אתיופי – אני אוהב את כל הדגים המטוגנים ואת ה"דורו טיבס" (doro tibs מנה של חזה עוף בנוסח אתיופי). המקצועות האהובים עליי בבית הספר כיום הם מעבדת מחשבים, חינוך גופני, ספרייה ומדע. אני מחכה ומצפה לבחור ללמוד כימיה כאשר אעבור לחטיבת הביניים! אחרי הקולג', אני רוצה להיות מהנדס מכונות ולתכנן רובוטים.



SCHUYLER, גיל: 11

אני בת 11, בכיתה ז. שמי סקילר, ואני גרה בברקלי, קליפורניה, ארצות הברית. המקצועות האהובים עליי בבית הספר הם כתיבה ומדע. אני אוהבת לכתוב סיפורים בדיוניים, ואני גם אוהבת לשיר, לשחק תפקידים ולבשל. האדם שאני הכי מעריצה ושמעניק לי השראה הוא אימא שלי. אני גם משחקת כדורגל וכדור בסיס.



SYBILLE, גיל: 8

אני בת 8, בכיתה ד במלקולם X. שמי סיביל, ואני גרה בברקלי, קליפורניה, ארצות הברית. אני משחקת כדורגל. אני אוהבת לבצע ניסויים מדעיים מטופשים ולבשל, ואני ממש טובה במתמטיקה.





PACEYN, גיל: 7

אני בת 7, בכיתה ב, בבית ספר היסודי לה-קונטה, בתכנית TWI הספרדית. שמי פיישן, והמקצועות האהובים עליי בבית הספר הם קריאה, כתיבה ומתמטיקה. אני אוהבת לבצע ניסויים מדעיים, להכין יצירות אומנות ולכתוב סיפורים, במיוחד פואמות ושירים. אני אוספת אבנים ובעלי חיים מפוחלצים. אני אוהבת לעשות סקי ואת מזג האוויר הקר. אני נהנית להתעמל, לרקוד ולעודד במשחקי ספורט, ויש לי חזירת ים ששמה לונה כחיית מחמד.

הכותב

ARJEN STOLK

אנו מתקשרים לאחרים את המחשבות ואת הרעיונות שלנו במשך כל היום, כל יום, אבל איננו מבינים כיצד. השפה ודאי עוזרת, אולם השפה אינה נחוצה לתקשורת, שכן אנו גם מבינים תיירים המדברים בשפה אחרת. לכן המחקר שלי מתמקד באופן שבו בני אדם מבינים זה את זה בסביבת משחקים אינטראקטיביים, ללא שימוש בשפה. מלבד מדעי המוח אני אוהב רכיבה על אופנועים, טבע ואת חיי הבר. a.stolk8@gmail.com*



Hebrew version
provided by

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

