



## דרמה במוחם של מתבגרים

Kathryn L. Mills<sup>1,2</sup>, Anne-Lise Goddings<sup>1,3</sup> and Sarah-Jayne Blakemore<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המכון למדעי המוח הקוגניטיביים, הקולג' האוניברסיטאי של לונדון, לונדון, בריטניה  
<sup>2</sup>הענף לפסיכיאטריית ילדים, המכון הלאומי לבריאות הנפש, בת'סדה, מרילנד, ארצות הברית  
<sup>3</sup>המכון לבריאות הנפש של ילדים, הקולג' האוניברסיטאי של לונדון, לונדון, בריטניה

### סוקרים צעירים



### גיל ההתבגרות (Adolescence)

התקופה בחיים שבין ילדות  
ובגרות.

### מודעות עצמית (Self-consciousness)

המודעות של אדם לעצמו  
ולאופן שבו אנשים עשויים  
לחשוב עליו.

### חיפוש ריגושים (Novelty seeking)

התנסות בפעולות חדשות  
ובלתי מוכרות לשם חוויית  
התרגשות.

חייהם של מתבגרים שונים מחייהם של ילדים. תקופה זו בחיים – **גיל ההתבגרות** – היא זמן של שינויים, הן חברתיים הן ביולוגיים. חיי החברה נעשים מורכבים יותר במהלך גיל ההתבגרות, ושנות הנעורים הן שנים שבהן אנחנו משכללים את כישורי הניווט שלנו בעולם החברתי. יכולות אלה משתקפות בשינויים שמתרחשים במוח. אנחנו יודעים שאזורים במוח שקשורים בהבנה של אנשים אחרים ובניבוי הפעולות שלהם עוברים שינויים במהלך גיל ההתבגרות. כתוצאה מכך, זו עשויה להיות תקופה שבה אנו רגישים יותר לאותות מאנשים שסביבנו ולאירועים בחיי החברה שלנו.

### מהו גיל ההתבגרות?

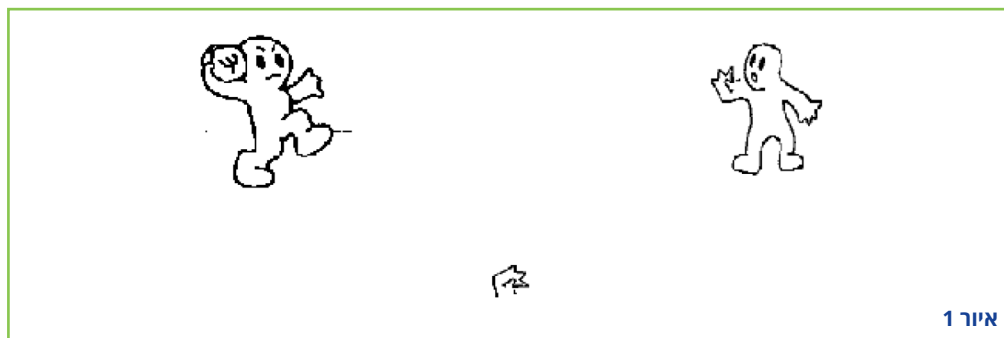
המילה הלועזית לגיל ההתבגרות היא Adolescence ומקורה במילה הלטינית Adolescere, שמשמעותה "לגדול" (to grow up). מונח זה משמש לתיאור התקופה בחיים שבין הילדות לבגרות. לרוב הוא מוגדר כמתחיל בסביבות ההתבגרות המינית ומסתיים כאשר האדם פיתח תפקיד עצמאי ויציב בחברה. תופעת גיל ההתבגרות אינה חדשה. בני אדם קדמונים חוו גם הם את גיל ההתבגרות, ואריסטוטלס (322-384 לפני הספירה) היה בין הראשונים שתיעד והעיר על השינויים באופן שבו אנשים חושבים ומתנהגים במהלך התקופה הזו. התנהגויות אופייניות לגיל ההתבגרות, כמו למשל **מודעות עצמית מוגברת**, **חיפוש ריגושים**, לקיחת סיכונים וביולוי זמן רב יותר עם חברים, הן בסיסיות וחשובות לצורך מעבר מוצלח אל שלב הבגרות.

## בגיל ההתבגרות אנו רגישים במיוחד למה שאנשים אחרים חושבים עלינו

השפעות חברתיות, כמו מה אנשים אחרים חושבים עלינו, עשויות להשפיע מאוד על האופן שבו אנו מרגישים ומתנהגים. מדענים מרחבי העולם הראו שמתבגרים רגישים במיוחד לסביבה החברתית שלהם. המשמעות של כך היא רחבה. לדוגמה, למתבגרים רבים חשובות הדעות של חבריהם או מכריהם, לפעמים אפילו יותר מאשר הדעות של בני משפחתם. דרך אחת לקבוע את המידה שבה אנו רגישים לדעות ולפעולות של אחרים היא באמצעות מדידת עוצמת התחושה השלילית שאנו חווים כשאנו מודחים ממשחק רב-משתתפים. משחק אחד כזה, שנקרא "Cyberball", כולל משתתפים שמשחקים יחד עם שני שחקנים אחרים במשחק מחשב של תפיסת כדור. המשתתפים יכולים להיכלל במשחק או להיות מודחים על-ידי השחקנים האחרים. איור 1 מראה דוגמה של מצב של הדחה ממשחק Cyberball. כאשר מתבגרים מודחים על-ידי שחקנים אחרים במשחק הזה הם מדווחים על רגשות קשים יותר ועל חרדה רבה יותר מאשר מבוגרים (אף על פי שגם מבוגרים אינם אוהבים להיות מודחים) [1].

### איור 1

**משחק "Cyberball".** האיור הזה מראה מקרה של הדחה ממשחק Cyberball. אם הייתם המשתתף שמשחק במשחק, היד שלכם הייתה מופיעה בתחתית האיור באמצע. שני השחקנים האחרים מופיעים בחלק העליון של האיור.



איור 1

הידיעה שמתבגרים יכולים להרגיש אחרת ממבוגרים במצבים חברתיים יכולה לעזור לנו להבין כיצד מתבגרים מקבלים החלטות. הפעולות שלנו והדרכים שבהן אנחנו בוחרים להתנהג הן תוצאה של שטף רציף של החלטות שאנחנו מקבלים. כדי לקבל את ההחלטות האלה עלינו לאסוף את כל המידע הרלוונטי ולשקול אם זה רעיון טוב לפעול, או לא. תהליך קבלת ההחלטות הזה יכול להיראות כמו נדנדה (איור 2). כל השיקולים לטובת ביצוע הפעולה – התוצאות החיוביות – ממוקמים בצד "כן" (yes) של הנדנדה, בעוד שכל התוצאות השליליות ממוקמות בצד "לא" (no). ילדים מבוגרים יותר ומתבגרים יכולים לתפוס במידה טובה כמו מבוגרים אם משהו טוב או רע צפוי לקרות כתוצאה מפעולה מסוימת, וזהו תהליך שנקרא **תפיסת סיכון**. בתהליך זה נקבע לאיזה צד של הנדנדה ישוּכּוּ תוצאות שונות. דבר אחד שעשוי להיות שונה בין מתבגרים למבוגרים הוא איזה משקל הם נותנים לתוצאות טובות ורעות, או כמה "כבדה" כל תוצאה על הנדנדה. מתבגרים נוטים לדרג את הפוטנציאל של קבלת גמול בתור גבוה מאוד, מה שעשוי לגרום לתועלת הצפויה (התוצאות הטובות) לגבור על הסיכון החזוי (התוצאות הרעות).

### תפיסת סיכון (Risk perception)

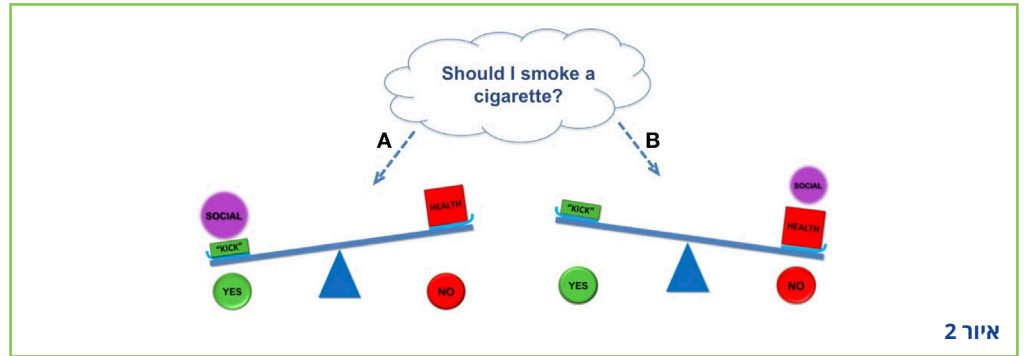
היכולת לדעת אם משהו חיובי או שלילי צפוי לקרות כתוצאה מפעולה מסוימת.

ישנן השלכות רבות לכל החלטה. בעוד שחלק מההשלכות של החלטות מסוכנות הן בבירור חיוביות או שליליות, ונשארות כאלה לאורך זמן (למשל, סיכונים בריאותיים רציניים כתוצאה מעישון), הערך של השלכות אחרות של החלטה מסוימת עשוי להשתנות כתלות בסביבה החברתית. לדוגמה, אף על פי שאנחנו מבינים את הסיכונים הבריאותיים הנרחבים של

**איור 2**

**הנדנדה של קבלת**

**החלטות.** בכל פעם שאנו מקבלים החלטה, אנחנו שוקלים את התוצאות הטובות והרעות שלה. לדוגמה, כאשר אנו חושבים "האם כדאי שאעשן סיגריה?" אנו שוקלים את התוצאות הרעות, כמו סיכונים בריאותיים, אולם אנחנו עשויים גם לחשוב שעישון גורם לנו לתחושה טובה (למשל תחושה של התרגשות). נוסף על כך אנו שוקלים גם את ההשלכות החברתיות של החלטותינו. בדוגמה הזו, החברים והמשפחה שלנו עשויים להיות מתוסכלים או לא לתמוך בעישון שלנו, כך שזוהי תוצאה שלילית ואז אנחנו בוחרים "לא" (אפשרות B). לחלופין, אנחנו עשויים לחשוב שעישון יגרום לנו להיות מקובלים יותר, שזו תוצאה חיובית, ואז אנחנו בוחרים "כן" (אפשרות A).  
Health = השלכות בריאותיות  
Social = השלכות חברתיות



איור 2

עישון, ההשלכות החברתיות של עישון משתנות מחברה לחברה. מבחינה חברתית, עישון עשוי להוביל לקבלה ולפופולריות בקרב מכרים או חברים לכיתה, אולם הוא עשוי גם להוביל לסטיגמות ולחוסר קבלה, תלוי בגישות ובדעות של קבוצת החברים והמשפחה שלכם (איור 2). השלכות חברתיות עשויות להשתנות בין אנשים ועשויות לקבוע לאיזה כיוון תיטה נדנדת קבלת ההחלטות, תוך שינוי ההחלטות שאנחנו מקבלים והדרך שבה אנחנו מתנהגים בהקשרים חברתיים שונים.

מודל הנדנדה יכול לעזור לנו להסביר מדוע אנשים שונים מקבלים החלטות שונות באמצעות הדגשת הערך של השלכות חברתיות בתהליך קבלת ההחלטות. ההשלכות החברתיות האלה נחשבות למרכזיות במיוחד אצל מתבגרים [2]. שימוש במודל זה עשוי להקל על הבנת הסיבות שבגללן בני נוער (וגם ילדים ומבוגרים!) מקבלים החלטות מסוכנות.

**כיצד המוח משתנה בגיל ההתבגרות?**

מדענים החלו לקשור בין שינויים בחשיבה ובהתנהגות לבין שינויים שמתרחשים במוח של מתבגרים. אנחנו יודעים שהמוח משתנה הן בתפקוד שלו (כלומר באופן שבו הוא מעבד מידע) והן במבנה הפיזי שלו (באנטומיה). כמה מחקרים בחנו מה קורה במוח כשאנו מנסים להבין מחשבות, רגשות וכוונות של אחרים. המחקרים האלה השתמשו בטכנולוגיה שנקראת **דימות תהודה מגנטית (MRI - Magnetic Resonance Imaging)**, אשר מאפשרת לנו לראות מה קורה במוח אנושי חי. טכניקה אחת של דימות תהודה מגנטית, שנקראת דימות תהודה מגנטית תפקודי (fMRI - functional MRI), משתמשת בשדות מגנטיים חזקים כדי לאתר את רמת זרימת הדם באזורים שונים במוח. אזורים שמופעלים בעת תפקוד מסוים זקוקים לכמות רבה יותר של חמצן כדי לפעול, והחמצן הזה מועבר בגוף בתוך תאי דם אדומים. שיטת fMRI מודדת כמה דם נשלח לאזור מסוים במוח, ומשתמשת במידע זה כדי לקבוע אם האזור מופעל בזמן פעילות מסוימת. אות ה-fMRI אשר מודד את כמות החמצן באזור מסוים במוח נקרא **BOLD signal** (קיצור של *Dependent Blood Oxygen Level*, או אות שתלוי בכמות החמצן בדם).

במעבדה שלנו אנו משווים את אות ה-BOLD בין מצבים של קריאת משפטים שמעורבים רגשות [3]. חלק מהרגשות גורמים לנו לחשוב על הדעה של מישהו אחר, למשל מבוכה ואשם (איור 3). לדוגמה, אנחנו מרגישים אשמים או מובכים רק כשאנחנו מבינים כיצד מישהו אחר עשוי לחשוב עלינו; לכן, אשמה ובושה הם "רגשות חברתיים". רגשות אחרים לא בהכרח מערבים חשיבה על הדעה של מישהו אחר, כמו למשל גועל ופחד.

**דימות תהודה מגנטית (MRI - Magnetic Resonance Imaging)**

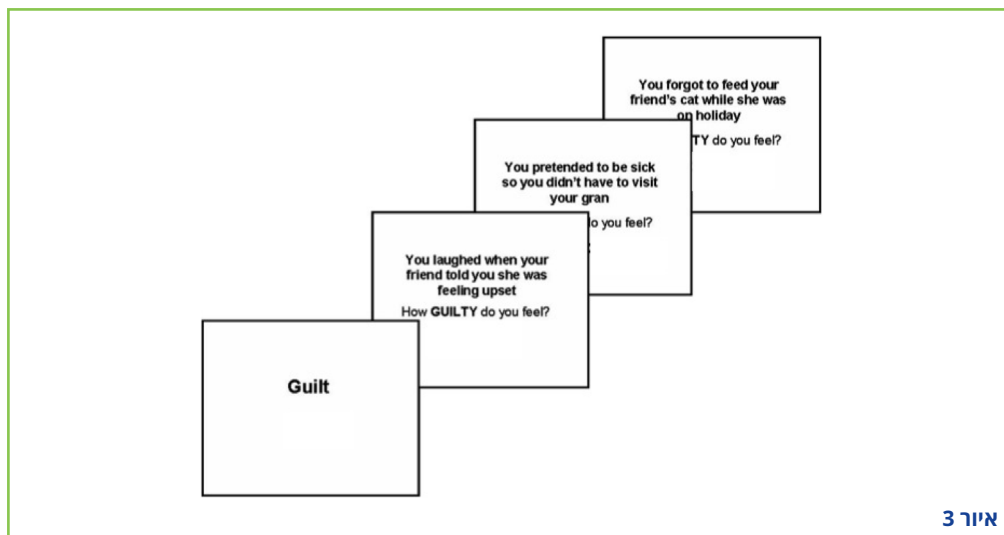
טכנולוגיה אשר מאפשרת לנו לדימות חלקי גוף (כמו המוח) אצל יצורים חיים (כמו בני אדם). שיטת דימות תהודה מגנטית יכולה לעזור לנו ללמוד גם על המבנה של אזורים שונים וגם על אופן הפעולה (התפקוד) שלהם.

**BOLD signal (Blood Oxygen Level Dependent)**

מדידה של כמות הדם שנשלח לאזור מסוים במוח, אשר משמשת לקביעת רמת הפעילות המוחית באמצעות שיטות fMRI (functional MRI).

**איור 3**

**משימת הרגשות החברתיים.** דוגמה למשפטים שגורמים לנבדקים להרגיש קצת אשמה, שהיא רגש חברתי. למשל: אתם צחקתם כאשר חברה שלכם סיפרה לכם שהיא מתוסכלת.



**איור 3**

מחקרים כאלה מצאו שאזורים מסוימים במוח מעורבים בחלק החברתי של הרגשות שלנו, והם משתנים במהלך גיל ההתבגרות. בעוד שמתבגרים ומבוגרים יכולים להרגיש ולתאר את הרגשות האלה טוב באותה המידה, ישנו הבדל בתבנית של פעילות המוח כשהם עושים זאת. אזורים מסוימים מייצרים פעילות מוגברת אצל מתבגרים, ואזורים אחרים פעילים יותר אצל מבוגרים. במהלך גיל ההתבגרות חלק מהשינויים במוח המקושרים לרגשות חברתיים קשורים גם לתהליכי התפתחות אחרים, כמו **התבגרות מינית**. איננו יודעים מדוע השינוי הזה בתבנית הפעילות המוחית מתרחש במהלך גיל ההתבגרות, אולם המחקרים האלה מספקים ראיות מובהקות לכך שהמוח עדיין מתפתח בגילאים האלה.

כדי להבין יותר על ההתפתחות של "אזורי המוח החברתיים" האלה אנו יכולים גם להתבונן על האופן שבו המבנה הפיזי שלהם משתנה בגיל ההתבגרות. אנו יכולים לעשות זאת באמצעות סוג אחר של דימות תהודה מגנטי, שנקרא דימות תהודה מגנטית מבני (Structural MRI), אשר יוצר ייצוג ויזואלי של המבנים שמרכיבים את המוח. אזורים שונים במוח מכילים כמויות שונות של מים שמורכבים מאטומי מימן וחמצן. כאשר שְׁמִים את האטומים האלה בתוך שדה מגנטי חזק, כמו זה שמיוצר על-ידי סורק ה-MRI, הם פולטים אנרגיה (קרינה אלקטרו-מגנטית) בתבניות שונות המאפיינות את סוג המבנה שהם חלק ממנו (למשל, כל רקמה מוחית מאופיינת על-ידי יחסים מסוימים בין גופי התאים, סיבי העצב ותאי התְּמָךְ שלה, וכל יחס כזה מניב תבנית פליטה אנרגטית שונה). סורק ה-MRI מאתר את ההבדלים האלה ומשתמש בהם כדי לְבַנֵּת תמונה תלת-ממדית של אזור הגוף שנסרק. באחד המחקרים במעבדה שלנו הסתכלנו על מוחות של קבוצה גדולה של ילדים, מתבגרים ומבוגרים בגילאי 7-30 [4]. המבנה הפיזי שמדדנו נקרא נפח **החומר האפור הקורטיקלי**, אשר מהווה מדד משוער לתאי עצב במוח והקשרים ביניהם, כמו גם מדד לתאי התמך שנמצאים בשכבה החיצונית ביותר של המוח שנקראת קליפת המוח. מצאנו שאזורי המוח החברתיים האלה ממשיכים להתפתח מבחינה מבנית לכל אורך גיל ההתבגרות, לפני התייצבות יחסית שמתרחשת בשנות העשרים המוקדמות (איור 4). במילים אחרות, המבנה של אזורי המוח החברתיים האלה עדיין משתנה בין הילדות לבגרות.

**התבגרות מינית (Puberty)**

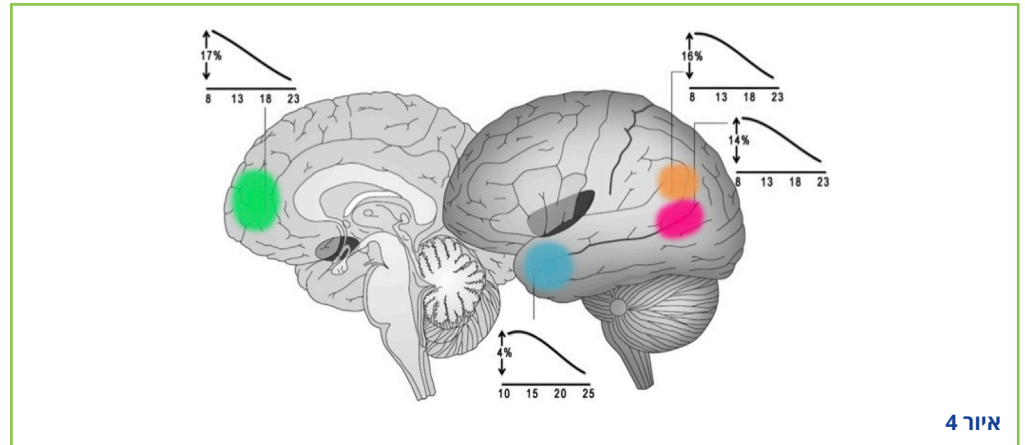
תהליך ההתפתחות הביולוגית שגורם לגוף הילד להתבגר ולהפוך לגוף של מבוגר שמסוגל להוליד ילדים.

**חומר אפור קורטיקלי (Cortical gray matter)**

סוג של רקמה מוחית שניתן למצוא בשכבה החיצונית ביותר של המוח, אשר נקראת קליפת המוח, או הקורטקס (Cortex).

## איור 4

**שינויים באזורי המוח החברתיים.** ארבעת האזורים האלה (שמודגשים בצבעים השונים) מעורבים בהבנה של מחשבות, רגשות וכוונות של אנשים אחרים. המבנה של האזורים האלה משתנה במהלך גיל ההתבגרות. הגרפים שבשולי התמונה מציגים כיצד נפח החומר האפור משתנה באחוזים (ציר Y) במהלך הגילאים השונים (ציר X).



איור 4

## האם גיל ההתבגרות הוא תקופה רגישה?

גיל ההתבגרות הוא זמן של הזדמנויות ללמוד כישורים חדשים ולגבש את הזהות הבוגרת. כיום יש לנו גוף ידע מדעי אשר מדגיש שהמוח ממשיך להתפתח בגיל ההתבגרות. השינוי המתמשך הזה, במיוחד באזורי המוח שמעורבים בהבנה של אחרים, עשוי להעיד על כך שגיל ההתבגרות הוא זמן שבו המוחות שלנו רגישים במיוחד ללמידה ולחוויות חברתיות. ייתכן שהיכולות שבאות לידי ביטוי בגיל ההתבגרות מגבירות את "האותות החברתיים" במוח או מאפשרות להם להשתלב בתהליכים אחרים. אם זה המצב, אזי שלמורכבויות של סביבת המתבגר ולהזדמנויות שזמינות לאנשים צעירים עשויה להיות השפעה משמעותית על האופן שבו מתעצבים המוחות שלהם.

## מקורות

1. Sebastian, C. L., Viding, E., Williams, K. D., and Blakemore, S.-J. 2010. Social brain development and the affective consequences of ostracism in adolescence. *Brain Cogn.* 72:134–45. doi:10.1016/j.bandc.2009.06.008
2. Blakemore, S.-J., and Mills, K. L. 2014. Is adolescence a sensitive period for sociocultural processing? *Annu. Rev. Psychol.* 65:187–207. doi:10.1146/annurev-psych-010213-115202
3. Goddings, A.-L., Burnett Heyes, S., Bird, G., Viner, R. M., and Blakemore, S.-J. 2012. The relationship between puberty and social emotion processing. *Dev. Sci.* 15:801–11. doi:10.1111/j.1467-7687.2012.01174.x
4. Mills, K. L., Lalonde, F., Clasen, L. S., Giedd, J. N., and Blakemore, S.-J. 2014. Developmental changes in the structure of the social brain in late childhood and adolescence. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 9:123–31. doi:10.1093/scan/nss113

פורסם אונליין: 31 במאי 2018

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

**ציטוט:** Mills KL, Goddings A-L and Blakemore S-J (2018) דרמה במוחם של מתבגרים  
Front. Young Minds. doi:10.3389/frym.2014.00016-he

**תורגם והותאם מ:**

Mills KL, Goddings A-L and Blakemore S-J (2014) Drama in the teenage brain.  
Front. Young Minds 2:16. doi:10.3389/frym.2014.00016

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

Mills, Goddings and Blakemore, 2014 © **COPYRIGHT**. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution (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**

**GEN, גיל: 9**

שמי ג'ן ואני אוהבת לצייר, לשחק במחשב, לנגן בפסנתר ולקרוא. אני אוהבת את אבא שלי והוא ביולוג. בבית הספר אני אוהבת מדע, אוריינות והיסטוריה.



**הכותבים**

**KATHRYN L. MILLS**

אני חוקרת את מוח האדם ואת האופן שבו הוא מתפתח בילדות, בנערות ובבגרות. אני מתעניינת במיוחד בדרך שבה אנחנו מנווטים בסביבה החברתית במהלך שנות ההתבגרות. מחוץ למעבדה ככל הנראה תמצאו אותי משחקת פינג פונג או מתהלכת ברחבי לונדון.



**ANNE-LISE GODDINGS**

אני רופאת ילדים ואחרי שיחות רבות עם אנשים צעירים שפגשתי בבית החולים נעשיתי מחוקקת מהאופן שבו מוחם של מתבגרים מתפתח. אני מתעניינת במיוחד בדרך שבה הרמות ההורמונליות בגוף שלנו משפיעות על התפתחות המוח בגיל ההתבגרות, ובניסיון להבין מה גורם למוחות שלנו להתפתח באופנים שונים. תמיד רציתי ללמוד לנגן על פסנתר והשנה סופסוף לקחתי את שיעור הפסנתר הראשון שלי. זה בהחלט מאתגר את המוח שלי!



**SARAH-JAYNE BLAKEMORE**

פרופסור למדעי המוח הקוגניטיביים בקולג' האוניברסיטאי של לונדון (UCL - University College London). המחקר שלי מתמקד בהתפתחות של האופן שבו אנו מבינים אנשים אחרים. אני מתעניינת גם באופן שבו המוח מתבגר ומאפשר לנו שליטה קוגניטיבית - אוסף של תהליכים מוחיים שמובילים דפוסים מחשבה והתנהגות, אשר מקרבים אותנו להשגת המטרות שלנו או למימוש התוכניות שלנו.



Hebrew version provided by

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

