



כיצד מוחותיהם של ילדים, של מתבגרים ושל מבוגרים מגיבים לכאב של אחרים?

Jonathan Levy*

המרכז הבינתחומי הרצליה, הרצליה, ישראל

צפייה בכאב של אדם אחר מעוררת תגובה מוחית מסוימת שנקראת "אמפתיה לכאב". במאמר זה בחנו את התגובה המוחית הזו אצל ילדים, אצל מתבגרים ואצל מבוגרים. מצאנו שתגובת מוחותיהם של ילדים הייתה מסוג אחד (שנקרא עלייה בכוח אלפא), בעוד שתגובת מוחותיהם של מבוגרים הייתה מסוג אחר (שנקרא ירידה בכוח אלפא). מה שמצאנו שהוא מעניין במיוחד היה שתגובות מוחותיהם של מתבגרים כללו את שני הסוגים. זה מרמז על כך שתגובתו של המוח לכאבם של אחרים משתנה במהלך ההתפתחות האנושית. המחקר הזה מעלה שתי שאלות מרתקות למחקרים עתידיים: (1) מדוע מוחות של ילדים, מתבגרים ומבוגרים מגיבים בתבנית אקטיבציה אחרת לכאב של אחרים? (2) מהי המטרה ההתפתחותית של השינויים שאנו רואים כשאנשים מתבגרים?

תגובה מוחית לכאב: מקצבי אלפא במוח

במאמר הקודם שלנו ב-*Frontiers for Young Minds* [1] דיברנו על התגובה המוחית לכאב של אחרים (שגם נקראת "אמפתיה לכאב"), והראינו שהיא יכולה להימדד במוחם של מתבגרים. הראינו שתגובה לכאב של אחרים יכולה להימדד במוח באזור שמדענים קוראים לו

סוקרים צעירים

EXPLORA
SCIENCE
CENTER
AND
CHILDREN'S
MUSEUM
גיל: 8-14

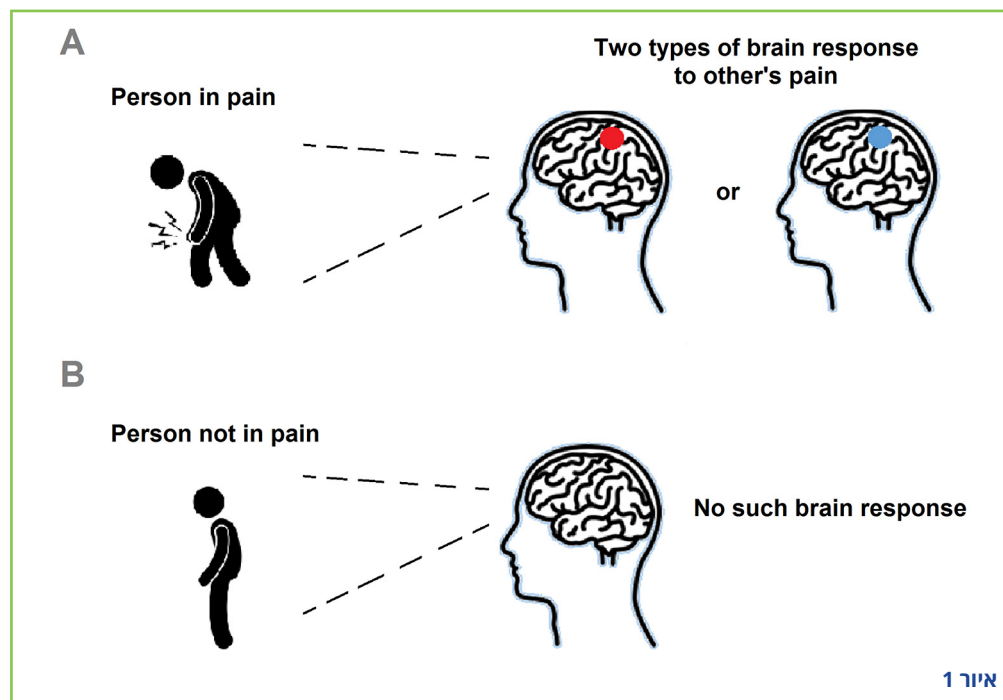


אמפתיה (Empathy)

היכולת להרגיש או להבין את החוויה של אדם אחר.

איור 1

תגובה מוחית ב-S1 לכאב של אחרים. (A) כשרואים מישהו שכואב לו, המוח מגיב באמצעות הנגזרת מקצב האלפא ל-10 הרץ באזור S1 במוח (עיגול אדום) או על ידי הפחתת מקצב האלפא ל-7 הרץ באזור S1 (עיגול כחול). (B) אולם, כשלאחרים לא כואב, המוח לא מגיב באף אחד מסוגי התגובה האלה.



S1

קיצור של קליפת המוח הסומטו-סנסורית הראשונית (primary somatosensory cortex), אזור במוח שאחראי על תחושות (רגשות) בגוף.

מקצב אלפא (Alpha rhythm)

פעילות חשמלית מוחית שעוקבת אחרי תבנית מקצב (תדירות) של בין 7 ל-13 הרץ, כאשר 1 הרץ משמעותו פעם אחת בשנייה.

תא עצב (ניורון - Neuron)

המוח מכיל תאים (כלומר יחידות המבנה הבסיסיות), ותאי עצב הם התאים שמאפשרים לתקשורת ולפעילות להתרחש בתוך המוח.

MEG

קיצור של magnetoencephalography, שהוא מכשיר שיכול למפות פעילות מוחית. הוא רושם את השדות המגנטיים הקטנים שמוצרים על-ידי אותות חשמליים שמתרחשים במוח באופן טבעי.

עליית כוח אלפא (Alpha power increase)

המקרה שבו האינטנסיביות (כלומר העוצמה) של מקצבי אלפא עולה.

ירידת כוח אלפא (Alpha power decrease)

המקרה שבו האינטנסיביות (כלומר העוצמה) של מקצבי אלפא יורדת.

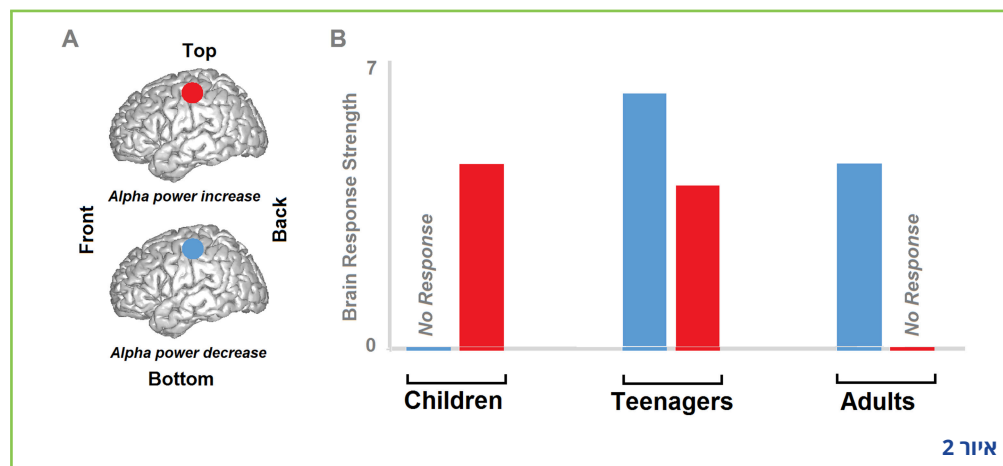
S1 [2]. אפשר לראות את S1 באיור 1A (עיגולים אדומים וכחולים בקריקטורה של המוח). מה שמעניין מדענים באזור S1 הוא האקטיבציה בתגובה לכאב של אחרים, וגם בתגובה להרגשת הכאב של עצמנו. במילים אחרות, כשאתם רואים שכואב למישהו המוח שלכם פועל כאילו שכואב לכם. זו הסיבה לכך שזה עשוי להיות כואב לראות שלמישהו אחר כואב.

ניסויי מחקר רבים חקרו את תגובת המוח לכאבם של אחרים. דרך אחת להתבונן בתגובה המוחית לכאב של אחרים היא לבחון משהו שנקרא **מקצב אלפא**. המוח מפעיל את התאים שלו (שנקראים **תאי עצב**) במקצבים מסוימים, ומקצב האלפא הוא בתדירות של בין 7 לבין 13 הרץ בקירוב. תאי העצב "מדברים" אחד עם השני כך שנוכל לחשוב, להרגיש ולתפוס את העולם שסביבנו בצורה הגיונית. הם עושים זאת באמצעות שליחת אותות חשמליים זה לזה. חלק מהאותות האלה עוקבים אחר קצב מסוים (תנודה). לדוגמה, פעילות של 10 הרץ (שנמצאת בטווח של מקצב אלפא), משמעותה שהפעילות חוזרת על עצמה 10 פעמים בשנייה. הפעילות החשמלית יוצרת שדות מגנטיים חלשים מאוד. מקצב האלפא, כמו גם סוגים אחרים של פעילות מוחית, יכולים להימדד על-ידי מכשיר שנקרא **MEG**. MEG מודד שדות מגנטיים כך שהוא יכול לאתר פעילות מוחית, כמו למשל מקצב אלפא. בתגובה למצבים מסוימים, מקצב האלפא יכול להתגבר (מה שנקרא **עליית כוח אלפא**) או להיחלש (מה שנקרא **ירידת כוח אלפא**), או להישאר אותו הדבר [3]. עליית כוח אלפא משמעותה שיותר תאי עצב פעילים בקצב האלפא, וירידת כוח אלפא משמעותה שפחות תאי עצב פעילים.

העלייה או הירידה בעוצמה היא תמיד בהשוואה למצב הבסיסי. לדוגמה, כשאנו אומרים שיש ירידה בכוח אלפא כשמישהו ער, משמעות הדבר היא שהעוצמה נמוכה יותר בהשוואה למצב שבו האדם ישן – השינה תהיה מצב הבסיסי. דוגמה אחרת: אם כוח האלפא יורד כשאנו רואים שכואב למישהו, משמעות הדבר היא שכוח האלפא נמוך יותר ביחס למקרה שאנו רואים מישהו שלא כואב לו. בדוגמה הזו, תגובת המוח לאדם שלא כואב לו תהיה מצב הבסיסי. מחקרים קודמים הראו שלירידה ולעלייה בכוח אלפא יש תפקודים שונים. אולם מדענים עדיין מנסים

איור 2

תגובה מוחית לכאבם של אחרים אצל ילדים, אצל מתבגרים ואצל מבוגרים. (A) כמו באיור 1, העיגולים מייצגים את אזור S1 במוח, כשהעיגול האדום מייצג עליית כוח אלפא והעיגול הכחול מייצג ירידת כוח אלפא. (B) התגובות המוחיות אצל ילדים, מתבגרים ומבוגרים להתבוננות בתמונות של אנשים שכואב להם. ילדים הראו רק ירידת כוח אלפא, מתבגרים הראו גם עלייה וגם ירידה בכוח אלפא ומבוגרים הראו רק ירידת כוח אלפא.



להבין את המשמעות המדויקת של השינויים האלה בכוח אלפא [3]. אם כן, התבוננות במקצב האלפא מספקת מידע להבנה טובה יותר של האופן שבו המוח פועל בהקשרים שונים. איור 1 מראה שכשאנו רואים שכואב למישהו המוח מגיב על-ידי עליית כוח אלפא (עיגול אדום) או על-ידי ירידת כוח אלפא (עיגול כחול). אולם כשלא כואב לאדם האחר (איור 1B), המוח לא מגיב באף אחד מסוגי האקטיבציה.

מה בדקנו ומה מצאנו

במחקר הנוכחי חקרנו את התגובה המוחית לכאב של אחרים אצל ילדים, אצל מתבגרים ואצל מבוגרים. הזמנו 85 ילדים, 80 מתבגרים ו-44 מבוגרים להשתתף במחקר שלנו. הראינו למשתתפים תמונות של אנשים אמיתיים שכואב להם, באותו האופן שעשינו במחקר הקודם שלנו שפורסם ב-*Frontiers for Young Minds* [1]. באיור 1 השתמשנו בציורי קריקטורה כדי להראות דוגמאות של תמונות כואבות ולא כואבות. בניסוי האמיתי השתמשנו בתמונות אמיתיות. בזמן שהם הסתכלו על התמונות, מוחותיהם של המשתתפים נבחנו באמצעות קסדת MEG, כפי שתואר בקטע הקודם [4].

אחרי הניסוי התבוננו במדידות MEG של המוחות: היינו מופתעים לגלות דפוסי אקטיבציה שונים מאוד במוחות של ילדים, של מתבגרים ושל מבוגרים! איור 2 מראה את סוגי האקטיבציה ב-S1: העיגול האדום במוח מראה עליית כוח אלפא והעיגול הכחול מראה ירידת כוח אלפא. המשמעות של עליית כוח אלפא היא שמשתתפי המחקר צפו במישהו שכואב לו, ומקצב האלפא היה חזק יותר בהשוואה למקרה שבו הם צפו במישהו שלא כואב לו. בניגוד לזאת, ירידת כוח אלפא משמעותה שכאשר המשתתפים צפו במישהו שכואב לו, מקצב האלפא היה חלש יותר בהשוואה למצב שהם צפו במישהו שלא כואב לו. הגרף באיור 2B מראה את תגובת המוח אצל ילדים, מתבגרים ומבוגרים. ילדים הראו עליית כוח אלפא, מתבגרים הראו גם עליית כוח אלפא וגם ירידת כוח אלפא ומבוגרים הראו ירידת כוח אלפא. מעניין מאוד לשים לב לכך שמתבגרים הראו את שני סוגי האקטיבציה, האחד שבדרך כלל נצפה אצל ילדים והשני שבדרך כלל נצפה אצל מבוגרים.

מה המשמעות של הממצאים שלנו?

מדוע מתבגרים מראים את שני סוגי האקטיביציה האלה באותו הזמן? הסיבה היא שישנן צורות שונות של פעילות אלפא (תדר אלפא נמוך בסביבות 7 הרץ ותדר אלפא גבוה בסביבות 10 הרץ). אנו מצאנו שאצל מתבגרים מספר תאי העצב שיוורים במקצב (עוצמה) של 7 הרץ יורד (כמו אצל מבוגרים) ומספר תאי העצב שיוורים (העוצמה) ב-10 הרץ עולה (כמו אצל ילדים). ממצא זה מציע שאולי אנו רואים תהליך התפתחותי: תגובת מוחותיהם של מתבגרים נראית כעוברת מתגובת מוחותיהם של ילדים לתגובת מוחותיהם של מבוגרים. כמובן שנדרשים יותר מחקרים בעתיד כדי לוודא שזה נכון וכדי לראות אם התהליך הזה הדרגתי או שהוא מתרחש בגיל מסוים. בסוף הניסוי שלנו גם ביקשו מהמשתתפים הילדים והמבוגרים לדרג כמה כואב היה עבורם לראות את התמונות המכאיבות בניסוי. מרבית המשתתפים אמרו שהתבוננות בתמונות היתה כואבת מאוד, ולא מצאנו הבדל בדירוג הזה בין מבוגרים לבין ילדים. משמעות הדבר היא שאיננו יכולים להסביר את תוצאות דפוסי האקטיביציה המוחית שלנו פשוט על-ידי האמירה שלילדים או שלמבוגרים היה כואב יותר להתבונן בתמונות.

מה הלאה?

מה יכולה להיות המשמעות של הממצאים שלנו? אם לומר את האמת, אנו לא ממש יודעים. פירוש אפשרי אחד שאנו מציעים הוא שמבוגרים מפעילים באופן טבעי את אזור S1 במוח כשהם מגיבים לכאב של אחרים. בניגוד לזאת, ילדים עשויים שלא להפעיל את S1, ואולי אפילו לדכא את התגובה הטבעית שלו. יידרשו מחקרים נוספים בעתיד כדי להבין טוב יותר את הגילוי הפוטנציאלי הזה. במדע, כשמגלים משהו לעיתים לוקח שנים רבות עד שמחקרים עתידיים מבהירים את משמעות הגילוי.

כיום אנו בתהליך תכנון של ניסויים חדשים שיוכלו להבהיר את הגילוי שלנו. ראשית, אנו מתכוונים לחקור אם התצפית שלנו בדבר שינויים מוחיים אצל ילדים ומבוגרים שמתבוננים בכאב של אחרים יכולה להיות מאותרת על-ידי מכשירי דימות אחרים מלבד MEG. כלי דימות אחרים יכולים להראות לנו תהליכים דומים אולם שונים במוח, ולכן חשוב לחזור על הניסוי שלנו באמצעות הכלים האלטרנטיביים האלה. שנית, אנו רוצים לאסוף צורות אחרות של דיווחים עצמיים על רגשות ועל התנהגות, כמו למשל המוכנות לסייע לאנשים שכואב להם, או אם הם זוכרים שהם חוו מצב דומה בעבר. אנו מקווים שבאמצעות השוואת סוג המידע הזה של פעילות מוחית שאנו מודדים נוכל בסופו של דבר להבין את ההבדלים המדהימים שאנו מוצאים בין ילדים, מתבגרים ומבוגרים. נקודה אחת אחרונה: אם המחקר הזה סקרן אתכם לגבי איך אתם כילדים מגיבים לכאב של אחרים, ומדוע האופן שבו אתם מגיבים עשוי להיות שונה מהאופן שבו מבוגרים מגיבים – אתם יותר ממוזמנים ליצור איתי קשר (ראו למטה בחלק של "על הכותב"). אשמח מאוד להקשיב לרעיונות ולמחשבות שלכם. הרעיונות שלכם עשויים בסופו של דבר להוביל לניסויים חדשים בנושא הזה!

תודות

אני רוצה להודות לחוקרים שאיתם עבדתי על הפרויקט הזה: רות פלדמן, מעיין פראט ואברהם גולדשטיין. האייקונים בתמונות נלקחו מ-thenounproject.com ושונו מעט; הם תחת רשיון

“Man standing side-ו-Knee Pain” האלה: את האייקונים האלה: CC attribution
view של Laymik ו-Gan Khoon Lay ואייקון “Human Brain” של Laymik.

מאמר המקור

Levy, J., Goldstein, A., Pratt, M., and Feldman, R. 2018. Maturation of pain empathy from child to adult shifts from single to multiple neural rhythms to support interoceptive representations. *Sci. Rep.* 8:1810. doi: 10.1038/s41598-018-19810-3

מקורות

1. Levy, J., and Feldman, R. 2017. Can teenagers feel the pain of others? Peeking into the teenage brain to find empathy. *Front Young Minds* 5:1–8. doi: 10.3389/frym.2017.00059
2. Lamm, C., Decety, J., and Singer, T. 2011. Meta-analytic evidence for common and distinct neural networks associated with directly experienced pain and empathy for pain. *Neuroimage* 54:2492–502. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.10.014
3. Jensen, O., and Mazaheri, A. 2010. Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: gating by inhibition. *Front. Hum. Neurosci.* 4:186. doi: 10.3389/fnhum.2010.00186
4. Brock, J., and Sowman, P. 2014. Meg for kids: listening to your brain with super-cool SQUIDS. *Front Young Minds* 2:1–4. doi: 10.3389/frym.2014.00010

פורסם אונליין: 24 באוגוסט 2021

נערך על ידי: Kathleen Y. Haaland, University of New Mexico, United States

ציטוט: Levy J (2021) כיצד מוחותיהם של ילדים, של מתבגרים ושל מבוגרים מגיבים לכאב של אחרים? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2019.00082-he

תורגם והותאם:

Levy J (2019) How Do the Brains of Children, Teenagers, and Adults Respond to Others' Pain? *Front. Young Minds* 7:82. doi: 10.3389/frym.2019.00082

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

COPYRIGHT © 2019 © 2021 Levy. 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 (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

14-8 ,EXPLORA SCIENCE CENTER AND CHILDREN'S MUSEUM

סוקרי Explora הצעירים הם קבוצה של מדענים נלהבים שעובדים עם מחנכים של המוזיאון ומנטורים מאוניברסיטת ניו מקסיקו. אנו נהנים ללמוד על המוח דרך כתבות. אנו גם אוהבים לשאול שאלות ולהציע הצעות שיכולות לסייע למדענים להפוך את עבודתם מובנת יותר לכולם! קיבלנו עזרה מהמנטור המדעי שלנו, John Elias, שעובד על השלמת הפוסט-דוקטורט שלו בתחום נירופסיכולוגיה של ילדים.

הכותב

JONATHAN LEVY

אני אוהב לחקור את העולם הפנימי ואת ההתנהגות החברתית שלנו מהפרספקטיבה של המוח. מלבד זאת, אני בעיקר אוהב לטייל בטבע, לחשוב בטבע, לדבר עם אנשים ולתקשר עם הילדים שלי.
*yoniilevy@gmail.com

Hebrew version
provided by

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

