

## אימון המוח הרגשי שלכם: ממדע בדיוני למדעי המוח

Patricia Bado<sup>1,2\*</sup>, Maria Stewart<sup>1</sup>, Jorge Moll<sup>2</sup>

<sup>1</sup>יחידת מדעי המוח הקוגניטיביים וניורואינפורמטיקה, מכון ד'אור למחקר ולחינוך, ריו דה ז'נרו, ברזיל  
<sup>2</sup>התוכנית למדעי המורפולוגיה, המכון למדעי הביו-רפואה, האוניברסיטה הפדרלית של ריו דה ז'נרו, ריו דה ז'נרו, ברזיל

### סוקרים צעירים

ST.  
ANDREW'S  
COLLEGE  
גיל: 12-15



מדעי המוח הוא ענף רב-תחומי (פסיכולוגיה, ביולוגיה, פיזיקה וכימיה), שמטרתו חקר מערכת העצבים, כולל חקר המוח. פרויקט מחקר מדעי המוח שלנו מתחיל בסיפור מדע בדיוני: בעתיד, יהיו האנדרואידים (רובוטים העשויים עור ועצמות) כמעט זהים לבני אדם, מלבד חוסר היכולת שלהם לחוש רגשות עמוקים כגון אֶמְפַּתִּיָּה (היכולת להבין מה אחרים חשים). תארו לעצמכם שבחיים האמיתיים נמצא דרך לדעת אם מישהו חש רגשות אמפתיה רק על-ידי מדידת פעילות המוח שלו. יתרה מזו, תארו לעצמכם שבני אדם יוכלו להגביר את תחושות האהבה, הרכות או החיבה שלהם בעזרת מידע על פעילות המוח של עצמם. זו הייתה מטרתנו – לגרום לבני אדם לשנות את פעילות המוח של עצמם בזמן שהם מקבלים מידע על המוח שלהם. ביקשנו מ־24 מתנדבים להיכנס למכשיר סוּרְק תהודה מגנטית, המודד פעילות מוח. בתוך המכשיר הם התבקשו לחשוב על בני אדם חשובים בחייהם, בעודם מביטים בפעילות המוח של עצמם על צג – תהליך הנקרא "ניורופיזיק". המתנדבים שקיבלו את המשוב הזה היו מסוגלים להגביר את פעילות המוח שלהם הקשורה לאמפתיה. עדות זו מלמדת אותנו שייתכן כי בני אדם יכולים לשנות את המצבים הרגשיים של המוח שלהם, ולהגביר את תחושות האמפתיה שלהם.

לפעמים, טכנולוגיות מסרטים או ספרים של מדע בדיוני הופכות למציאות בחיים האמיתיים. פרויקט המחקר שלנו שאב השראה מסיפור מדע בדיוני המופיע בספר "האם אנדרואידים חולמים על כבשים אלקטרוניות" (1968) מאת פיליפ ק' דיק. סיפור זה הפך לסרט "בלייד ראנר" (1982). הסיפור מתרחש בשנת 2019, שבה אנדרואידים הבנויים מעור, מעצמות וממוחות

מלאכותיים נהיו כה דומים לבני אדם, עד שקשה מאוד לזהות אותם כ"מכונות". היה צורך להשתמש בהתקן זיהוי כדי לגלות את ההבדל היחיד בין האנדרואידים לבני האדם: העובדה שרק לבני אדם יכולים להיות רגשות עמוקים, רק להם באמת אכפת ממישהו אחר ורק הם חווים את הרגשות של האדם האחר – תופעה הנקראת **אֵמְפַתְיָה**.

## אֵמְפַתְיָה (Empathy)

היכולת להבין ולחוש את מה שאדם אחר חווה.

רגשות אמפתיה כגון חיבה חשובים מאוד לבני אדם, היות שהיכולת לִבְנוֹת קשרים עם בני אדם אחרים ולתחזק אותם חיונית לרווחה שלנו ולהישרדותנו [1]. רגשות אמפתיה אלה חשובים עבור נושאים כגון יחסי אהבה; טיפול של אם בילדיה; רוח צוות ושיתוף פעולה, או אפילו משהו פשוט כגון עזרה לְחֵבֵר. רגשות אלה גם מובילים להתנהגויות כגון חוסר אנוכיות המסייעות לבני אדם לְחֵיּוֹת יחד בחברה [2]. כלומר, בדיוק כמו בסיפור המדע הבדיוני, רגשות אמפתיה אלה הם חלק חשוב ממה שעושה אותנו בני אדם. מחקרים קודמים הוכיחו כי אזורים מסוימים במוח חשובים לרגשות אלה [3].

## דְמוֹת מוּחִי (Neuroimaging)

שיטות הנתונות תמונה של המבנה והתפקוד של מערכת העצבים, ישירות או בעקיפין.

## נוֹירוֹפִידְבֵק (Neurofeedback)

שיטה הנעזרת במחשב, אשר מציגה את פעילות המוח בזמן אמת באמצעות מוניטור ו/או רמקול. פעילות המוח מוצגת למשתתפי הניסוי, ובאמצעות משוב בזמן אמת זה הם יכולים ללמוד לְוֹסֵת בכוחות עצמם את המוח שלהם.

## דְמוֹת תְּהוּדָה מַגְנֵטִית (Magnetic resonance imaging, MRI)

סורק המודד את פעילות המוח בהתאם לרמות החמצן שבדם.

ענף מדעי המוח הוא מחקר מדעי של מערכת העצבים: מה היא עושה, מהו המבנה שלה וכיצד היא מתפתחת. כמדעני מוח המתעניינים מאוד בחקר תפקוד המוח ובקשר בינו ובין התנהגות בני האדם, שאלנו את עצמנו: האם בחיים האמיתיים נוכל למצוא דרך "לקרוא" רגשות אמפתיה באמצעות מדידת פעילות מוחות של בני אדם בזמן אמת? בהשראת מחקרים קודמים בתחום מדעי המוח, שבהם בחנו תמונות של המוח (נקראים מחקרי **דְמוֹת מוּחִי**) בזמן שבני אדם ניסו לשנות את פעילות המוח של עצמם, שאלנו שאלה נוספת: האם בני אדם יכולים להגביר את תחושות האמפתיה שלהם בעזרת מידע המגיע מפעילות המוח של עצמם? שיטה זו נקראת **נוֹירוֹפִידְבֵק**. משוב הוא מידע המלמד אתכם את איכות הביצועים שלכם עבור משימה מסוימת. במקרה זה, אנו קוראים לכך "נוֹירוֹפִידְבֵק", כי המשוב מגיע מהמוח, והמשתתפים במחקר משתמשים בידע מאיתותי המוח של עצמם כדי לשנות את פעילות המוח.

כדי לחקור זאת גייסנו 24 בני אדם מאוניברסיטאות וממעבדות מחקר מקומיות. הם הוכנסו למכשיר סורק **דְמוֹת תְּהוּדָה מַגְנֵטִית (MRI)**, המודד את פעילות המוח תוך שימוש ברמות החמצן שבדם (איור 1). העיקרון הכללי של שיטה זו, הנקראת MRI תפקודי, הוא זה: כאשר אנו משתמשים בחלק מהמוח שלנו, למשל לְשֵׁם הזזת היד שלנו או חשיבה על אדם אהוב, יותר דם עם תְּכוּלַת חמצן גבוהה מגויס לאזור מסוים זה של המוח, התורם לתפקוד הזה. בהתבסס על העיקרון האמור, מדענים יכולים להשתמש בסורקי MRI כדי להראות אלה חלקים של המוח מופעלים כאשר משימה מסוימת מבוצעת.

בתוך מכשיר ה־MRI המשתתפים קיבלו הנחיה לחשוב על זיכרונות שמחים שבהם מעורבים אנשים אהובים (משפחה או חברים), ולחוש רגשות חמים כגון חיבה ורפואה. הניסוי חולק לפגישות אימון ולפגישות משוב: במהלך האימון היה על המשתתפים רק לחשוב על אהוביהם; אחרי מפגש האימון המשתתפים עשו אותו דבר, אבל הפעם, בזמן שחשבו על זיכרונות שמחים ואהובים ועל רגשות חמים, הם גם הביטו במסך מחשב שנתן להם נוֹירוֹפִידְבֵק – המסך הראה להם תמונות המייצגות את פעילות המוח שלהם. תמונות אלה לימדו אותם אם פעילות המוח שלהם הייתה זהה לפעילות המוח שלהם במפגשי האימון או לא. בניסוי זה תמונות הנוֹירוֹפִידְבֵק כללו צורות טבעיות שהיו שונות זו מזו במידת החֶסְפּוּס, החל מטְּבֵעוֹת חלקות וְכֶלָה בטבעות משוננות או גבשושיות (ראו איור 2). ככל שהמשתתפים ראו טבעת חלקה יותר כאשר חשו יותר אמפתיה, כך תאמה יותר פעילות המוח שלהם לפעילותו בפעם הראשונה שבה היו בתוך מכשיר ה־MRI, ללא נוֹירוֹפִידְבֵק. אם הטבעת הייתה גבשושית, פירושו של דבר שהם

## איור 1

מכשיר MRI במערך ניסוי. התמונה מראה את עורך הניסוי המכין את משתתף הניסוי להיכנס למכשיר, שם הוא ינסה לִקְסֵת את פעילות המוח של עצמו.

MRI = MRI machine  
מכשיר

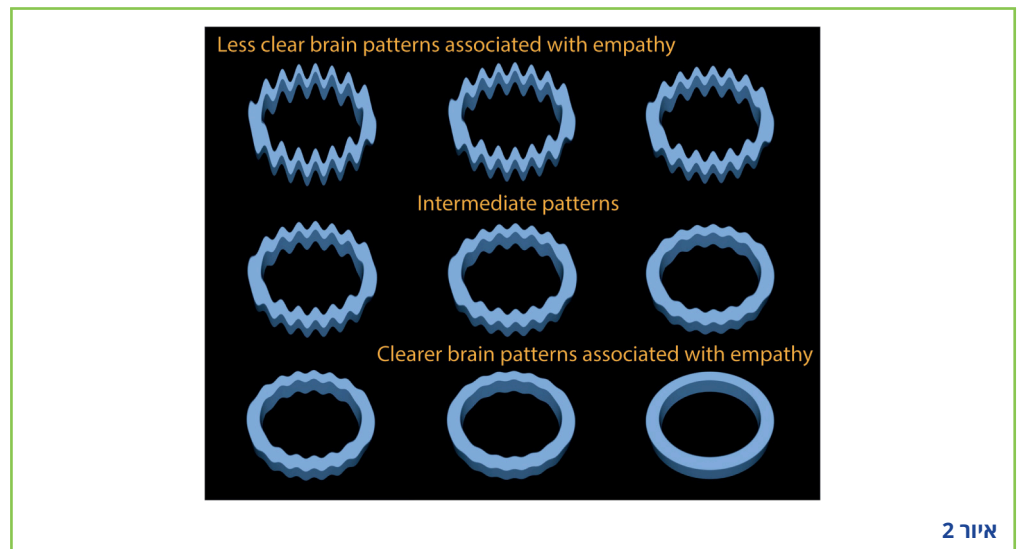
מדען מוח = Neuroscientist  
= Experimental subject  
= המשתתף בניסוי.



איור 1

## איור 2

רמזים ויזואליים ששימשו למשוב. האיור מראה טבעות משוב שעליהן כמויות שונות של גבשושיות, בהתאם לפעילות המוח שנמדדה. טבעת חלקה לגמרי (למטה מימין) מייצגת את תבנית המוח הברורה ביותר הקשורה לאמפתיה, שאליה הגיע משתתף הניסוי, בעוד שצורת הטבעת הגבשושית ביותר (למעלה משמאל) מייצגת פעילות מוח פחות ברורה בהקשר של רגשות אמפתיה.



איור 2

לא חשו את הרגשות החמים האלה בבירור, כפי שחשו בפעם הראשונה. כך, אם הם ראו טבעת גבשושית, יכלו משתתפי הניסוי לנסות חזק יותר לחוש רגשות חמים, ואם הצליחו בכך, הטבעת נהייתה חלקה יותר.

אם תהיתם, הסיבה שבחרנו צורה טבעתית הייתה למנוע שימוש בתמונות שהן עצמן עלולות היו להשפיע על פעילות המוח. למשל, לוו היינו מראים תמונות משוב של בני אדם, של סצנות מורכבות או אפילו של צבעים בסיסיים, רק התמונות עצמן עלולות היו להפעיל אזורים רגשיים במוח, ובכך לִסְבֵּךְ את הניסוי.

## חזרה לניסוי שלנו

במחקר מדעי אנו זקוקים תמיד לְמָה שנקרא "קבוצת בְּקָרָה", כדי לוודא שההשפעות שאנו מודדים באמת נגרמות מהניסוי שאנו מְבַצְעִים, ואינן סתם תוצאות אקראיות. כדי לוודא

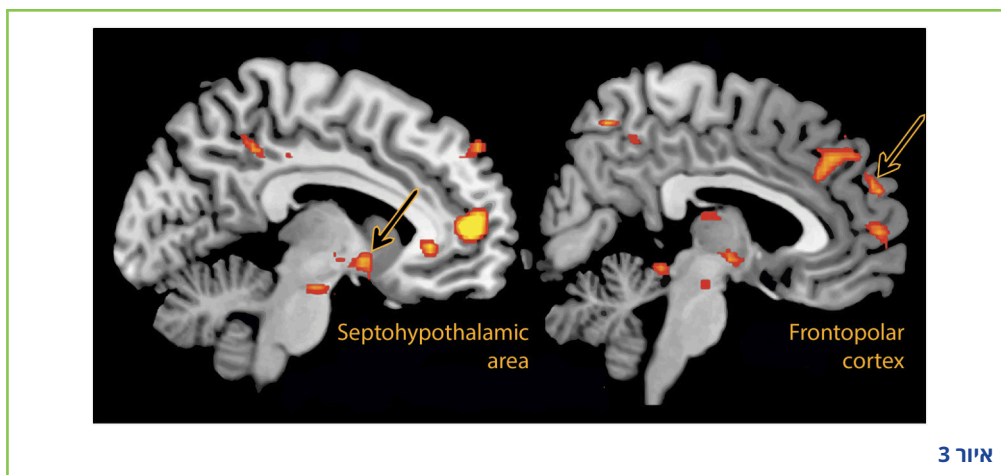
### קבוצת בְּקָרָה

(Control group)

משתתפי ניסוי שאינם מושפעים מהטיפול של הניסוי (במקרה זה, הניורופידבק), ולכן הם מְשֻׁמָּשִׁים רק קבוצת השוואה.

### איור 3

אזורי מוח שבהם התגלתה הַגְבֵרַת פעילות אחרי אימון משוב. התמונה מדגימה ששני אזורים במוח, האזור הספטו-היפותרלמי וקליפת המוח המצחית-פולרית (חיצים בצבע כתום-שחור), הגבירו את פעילותם אחרי אימון המוח. הַגְבֵרַת הפעלה זו נצפתה רק בקבוצת המשוב, ולא בקבוצת הבקרה. האזור הספטו-היפותרלמי = Septohypothalamic area  
קליפת המוח המצחית-פולרית = Frontopolar cortex.



שהתוצאות אינן אקראיות חילקנו את משתתפי המחקר שלנו לשתי קבוצות שונות: קבוצה אחת קיבלה את הנירופידיבק האמיתי על תפקוד המוח שלהם, כמתואר למעלה (קבוצת הנירופידיבק), והאחרת קיבלה תמונות אקראיות של טבעות משתנות, שלמעשה לא היה כל קשר ביניהן ובין פעילות המוח של המשתתפים (קבוצת הבקרה). משתתפי בקרה אלה לא ידעו שהם קבוצת ניורופידיבק נפרדת, ונאמר להם שהטבעות מוצגות על המסך רק כדי לעזור להם להתמקד במסך ולהשאיר את עיניהם פקוחות.

הייתה לנו גם קבוצת בקרה אחרת. בבקרה זו התבקשו משתתפי הניסוי לחשוב על זיכרונות שבהם חשו רגשות חיוביים עזים של הישג ושל גאווה בנוכחות בני אדם אחרים (למשל, זכייה בתחרות שחייה). בקרה זו הייתה חשובה כדי לבדוק אם התוצאות שלנו אכן ספציפיות לרגשות אמפתיה או שמא הן נכונות לרגשות חיוביים באופן כללי.

עד כאן הכול בסדר. אבל, מה קרה בסוף למוחות של משתתפי הניסוי בסיום "אימון המוח"? אלה שראו את פעילות המוח של עצמם כפי שהשתקפה בצורות הטבעות שהוצגו על המסך, ואז שינו את הפעילות הזו על-ידי מאמץ להגביר את תחושות האמפתיה שלהם (קבוצת הניורופידיבק), באמת היו מסוגלים להגביר את הרגשות האלה, והדבר התבטא בתבניות מוח עקביות הקשורות יותר לתחושות הללו, יחסית לקבוצת הבקרה. ליתר דיוק, קבוצת המשוב הגבירה את תבניות פעילות המוח הקשורות לאמפתיה. אזורי המוח שמשתתפי ניסוי אלה הצליחו להפעיל כאשר חשו את רגשות האמפתיה הללו כללו שני אזורים בעלי שמות מסובכים: קליפת המוח המצחית-פולרית והאזור הספטו-היפותרלמי (איור 3). בעבר כבר קשרו בין האזורים האלה ובין רגשות אמפתיה חיוביים. לעומת זאת משתתפי קבוצת הבקרה לא הצליחו לשפר את תבניות המוח שלהם הקשורות לאמפתיה. נוסף על כך גילינו שההפעלה המוגברת בשני אזורי מוח אלה הייתה ייחודית לתחושות האמפתיה, ולא התרחשה בקבוצת זיכרונות הגאווה.

חוץ מזה, רק משימוש בתבניות פעילות המוח שעל מסך המחשב הצלחנו גם לומר מהו המצב הרגשי שמשתתפי הניסוי דמיינו (רפואת, אמפתיה או גאווה) בכל נקודת זמן נתונה. זה נשמע דומה מאוד ל"קריאת מוח" שרואים לפעמים בסרטי מדע בדיוני! אבל, במקרה זה אנו מסוגלים לבצע "קריאת מוח" של מצב רגשי מסוים ומורכב מאוד, רגשות רפואת ואמפתיה. היות שהיינו יכולים לבחור בין שני מצבים רגשיים בלבד, אמפתיה וגאווה, הסיכוי לניחוש מצב המוח הנכון שווה לסיכוי לַנְחֵשׁ אם מטבע תיפול על עץ או פְּאֵלִי – הסיכוי לנחש נכון הוא 1 מתוך 2 (50%).

התוצאה בניסוי שלנו הייתה יחס של 75% הצלחה בסיווג מצב המוח, כלומר, אם משתתף הניסוי חש רכות או גאווה. זוהי תוצאה מרשימה, לדעתנו!

לסיכום, המחקר שלנו מראה כי בני אדם יכולים להשתמש במידע על פעילות המוח של עצמם, בהתייחס לאמפתיה, כדי לשנות את המצבים הרגשיים של המוח שלהם. יש לכך יישומים חשובים בחיים האמיתיים. בעתיד הקרוב, אולי נוכל לאמן בני אדם לחוש אמפתיה במטרה לשפר את היחסים בין בני האדם ולקדם ביניהם אדיבות רבה יותר. מי יודע?

## מאמר המקור

Moll J., Weingartner JH., Bado P., Basilio R., Sato JR., et al. 2014. Voluntary enhancement of neural signatures of affiliative emotion using fmri neurofeedback. *PLoS ONE* 9(5):e97343. doi: 10.1371/journal.pone.0097343

## מקורות

1. Insel, T. R., and Young, L. J. 2001. The neurobiology of attachment. *Nat. Rev. Neurosci.* 2(2):129–36. doi: 10.1038/35053579
2. Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Garrido, G. J., Bramati, I. E., Caparelli-Daquer, E. M., Paiva, M. L., et al. 2007. The self as a moral agent: linking the neural bases of social agency and moral sensitivity. *Soc. Neurosci.* 2(3–4):336–52. doi: 10.1080/17470910701392024
3. Moll, J., Bado, P., de Oliveira-Souza, R., Bramati, I. E., Lima, D. O., Paiva, F. F., et al. 2012. A neural signature of affiliative emotion in the human septohypothalamic area. *J. Neurosci.* 32(36):12499–505. doi: 10.1523/JNEUROSCI.6508-11.2012

פורסם אונליין: 31 במאי 2019

נערך על ידי: Lesley K. Fellows, McGill University, Canada

**ציטוט:** Bado P, Stewart M and Moll J (2019) אימון המוח הרגשי שלכם: ממדע בדיוני למדעי המוח. *Front. Young Minds* doi: 10.3389/frym.2016.00021-he

### תורגם והותאם:

Bado P, Stewart M and Moll J (2016) Training Your Emotional Brain: From Science Fiction to Neuroscience. *Front. Young Minds* 4:21. doi: 10.3389/frym.2016.00021

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

Bado, Stewart and Moll 2019 © 2016 © **COPYRIGHT** רישיון Creative Commons Attribution License (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

### ST. ANDREW'S COLLEGE, גיל: 12-15

בית הספר שלנו הוא בית ספר גדול לחינוך מעורב בדבלין, אירלנד. כולנו לומדים מדע כללי, כחלק מתוכנית לימודים נרחבת עבור בני 12-15.

## הכותבים

### PATRICIA BADO

אני דוקטורנטית באוניברסיטה הפדרלית של ריו דה ז'נרו ובמכון ד'אור למחקר ולחינוך. המחקר שלי מתמקד בעיקר בהתנהגות של בני אדם ובדימות נוירולוגי. מטרתו של פרויקט הדוקטורט הנוכחי שלי היא להבין ייצוג ומוטיבציות במוח בעזרת דימות נוירולוגי ומדדים התנהגותיים. מלבד מחקר אני אוהבת להאזין למוזיקת סמבה, ולטייל ברגל בסביבת ריו דה ז'נרו. \*bado.patricia@gmail.com

### MARIA STEWART

שמי מריה סטוארט, ואני מאוהבת במדעי המוח! כיום אני בתקופת התמחות במכון ד'אור, שהעניק לי את ההזדמנות הזו לשיתוף פעולה עם פרונטיר - מדע לצעירים. אני גם סטודנטית לפסיכולוגיה ב-PUC ריו, ובכוונתי לחקור את תשוקתי לשני התחומים - מדעי המוח ופסיכולוגיה - בתקווה לתרום לתחום המדע! עד אז, אֶדְבֵק בתחביבים האחרים שלי: למידה, ספורט כגון גלישה וטניס, וכמובן - חופי ברזיל הנפלאים.

### JORGE MOLL

סיימתי את לימודי הרפואה שלי באוניברסיטה הפדרלית של ריו דה ז'נרו, ברזיל, ב-1994, וסיימתי את ההתמחות שלי בנוירולוגיה ב-1997. ב-2003 סיימתי תואר דוקטור בפתו-פיזיולוגיה ניסויית, בפקולטה לרפואה של אוניברסיטת סאן פאולו, ובמשך 3 שנים (2004-2007) הייתי עמית מחקר פוסט-דוקטורט במכון הלאומי לבריאות, NINDS, במחלקה למדעי המוח הקוגניטיביים, בת'סדה, ארצות הברית. כיום, אני מנהל את היחידה למדעי המוח הקוגניטיביים וההתנהגותיים במכון ד'אור למחקר ולחינוך בריו דה ז'נרו, ברזיל. אני אוהב מדע, מוזיקה ומדע בדיוני.



Hebrew version  
provided by

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

