

הולכים לבית הספר לפסל את המוח

Javier DeFelipe

מכון Cajal, מדריד, ספרד

סוקרים צעירים

DARIUS

גיל: 10



כשהייתי ילד, חשבתי שללכת לבית ספר זו מחויבות שנכפתה עליי על-ידי ההורים שלי, ואני מניח שהרבה ילדים מרגישים אותו דבר. אבא שלי נהג לומר: "אתה צריך ללמוד קשה בשביל לבנות לעצמך עתיד טוב יותר", אבל אני חושב שאם אבא שלי היה אומר לי "למידה היא טובה עבור המוח העתידי שלך", סביר להניח שהייתי ממוקד יותר בלמידה שלי בבית הספר. במאמר זה אתעסק בנושא איך החינוך בבתי הספר יכול להשפיע על המוח, ואתמקד בעיקר בשינויים בקליפת המוח אשר משפרים על-ידי הסביבה שלנו. הממצאים האלה יוסברו תוך שימוש בנקודת מבט היסטורית, שתתמוך ברעיונות המוצגים.

ידוע שקליפת המוח היא החלק הכי "אנושי" במערכת העצבים, מאחר שפעילותה קשורה ישירות להופעת אותן היכולות שמבדילות בין בני אדם ליונקים אחרים. כמובן, המוח עובד כיחידה אחת, וקליפת המוח מחוברת להרבה אזורים מוחיים. חיבורים אלה הם גם הכרחיים לתפקוד הכולל של קליפת המוח. למרות שאיננו יודעים עדיין מה בדיוק מיוחד בקליפת המוח שלנו, הודות לחלק הזה במוחנו אנו יכולים לבצע משימות כל כך מדהימות ומורכבות, כמו כתיבת ספר או טיסה אל הירח. אבל איך זה מתאפשר? הגישה העוסקת בתהליכים שכליים מנקודת מבט ביולוגית היא כנראה אחת התרומות החשובות ביותר שחקר המוח המודרני יכול לספק.

כיום זה כבר מוכח, שההשפעה של התרבות והחינוך היא קריטית כדי לאפשר למוח שלנו לפתח את הכישורים האלה. זה היה ברור עוד בזמן הפילוסופים של יוון העתיקה, למרות שהם לא ידעו לקשר את הכישורים האלה עם שינויים במבנה של המוח (זה קרה שנים רבות לאחר מכן; ראו למטה). לדוגמה פיתגורס, הפילוסוף והמתמטיקאי המפורסם אשר חי חמש מאות שנים לפני ישו, אמר: "חנכו את הילדים וזה לא יהיה הכרחי להעניש את האנשים". ציטוט מעניין נוסף מגיע מהרופא והפילוסוף חוּאָן חוּאָרְטָה מסן חואן (1529-1588) בספרו הקלאסי "בחינה של תבונת האדם" בשנת 1575, שבו הוא הציג את המחשבה המעניינת הזו:

"... תוך שנתיים או שלוש בן אדם לומד את כל מה שאבותיו למדו במשך אלפיים שנים. אכן, אם האדם היה נאלץ לרכוש כמות כזו של ידע על-ידי חוויה, היה זה הכרחי לחיות במשך שלושת אלפים שנים ועל-ידי התנסויות עם תרופות, הוא היה קודם כל הורג כמות אינסופית של אנשים לפני שהוא היה מגדיר את התכונות שלהן. אולם ניתן להימנע מכך על-ידי קריאת ספרים של רופאים רציונליים ומנוסים שמוזהרים בכתיבתם לגבי הדברים שהם גילו במהלך חייהם."

בלי ספק, התרומות של גברים ונשים יוצאי דופן כמו מארי קירי (1867-1934), אלברט אינשטיין (1879-1955) ופאבלו פיקאסו (1881-1973) לא היו אפשריות אילולא הם היו נולדים ברגע התרבותי שבו הם נולדו. זהו אכן המקרה, בשל יכולתנו ללמוד דרך תצפיות או אינטראקציה עם אנשים אחרים, כאשר בית הספר מהווה דוגמה מושלמת למקום שמספק הזדמנויות לעשות זאת. האם אתם יכולים לדמיין כמה אנשים משחר קיומנו כבני אדם יכלו להיות יוצאי דופן באומנות ובמדע אם היו להם הכלים התרבותיים והאווירה האינטלקטואלית שזמינה כיום? המילים בשירו של פיל קולינס "יום נוסף בגן עדן" עולות לראש, כשהוא אומר: "חשוב פעמיים, כי זה יום נוסף בשבילך ובשבילי בגן עדן". אתם יכולים לדמיין מה היה קורה אם לכל הילדים בעולם הייתה גישה לבתי ספר כמו שיש לנו? אנו ברי מזל בכך שאנו חיים בגן עדן שכזה, ואנו חייבים לנצל את ההזדמנות הזו לא רק עבור עצמנו, אלא גם לנסות ולשנות את העולם כדי לעזור לדור הבא על-ידי שכנוע פוליטיקאים שחינוך הוא אוצר לאומי אשר צריך להיתמך ולהיות מוערך.

כולנו יודעים שדרוש מאמץ שכלי גדול כדי לרכוש ידע כאשר לומדים – זה דורש עבודה קשה, יום אחרי יום! אבל, השאלה היא "למה, או איך, חינוך אמור להשפיע על המוח שלנו?". זו הנקודה שבה סֶנְטִיאָגוֹ רְמוֹן אֵי קֶחָל (1852-1934), אשר נחשב לאבא של חקר המוח המודרני, נכנס לתמונה. אחת התרומות החשובות ביותר של קחאל בתחום זה הייתה לנסות להסביר את העובדות האלה מנקודת מבט מבנית שמבוססת על אמונתו בכך שהמוח נתון לשינויים "פלסטיים" (כלומר, גמישים) ושתאי העצב הם יחידות עצמאיות. הוא אמר שתאי עצב מתפקדים כיחידות עצמאיות שאינן מחוברות זו לזו יחד בצורה פיזית, אלא שהם מתקשרים אחד עם השני על-ידי אזורי קֶרְבֵּה מיוחדים שבין תא לתא (הנקראים כיום "סינפסות"). השערה זו, אשר נודעה כתיאוריית הנוירון (תא העצב), התנגשה עם הרעיון המקובל באותו הזמן לפיו תאי עצב צמודים מתאחים כדי ליצור "רשת" פיזית מחוברת של סיבי עצב, אשר כוללת יחידות מובחנות בשם דנדרטיים ואקסונים (התיאוריה נקראה "התיאוריה הרשתית"). בשנת 1894 קחאל כתב את הפסקה שלהלן בעיתון שנקרא "העיתון של מדעי הרפואה של ברצלונה", שם הוא תיאר את הרעיון בצורה יפה:

"בניגוד לתיאוריה הרשתית, התיאוריה של ההסתעפות החופשית שתהליכים תאיים מסוגלים לפתח, נראית לא רק הכי מסתברת אלא גם הכי מעודדת. רשת רציפה קבועה מראש – כמו

רשת החוטים הטלגרפיים שבה אי אפשר ליצור תחנות חדשות או קווים חדשים – שיש בה משהו קשיח, מקובע, שאיננו יכול להשתנות, עומדת בניגוד לרעיון האומר שאיבר החשיבה (המוח) ניתן, במסגרת גבולות מסוימים, לעיצוב ולשיפור על-ידי אמצעים של 'התעמלות מנטלית' מכוננת, מעל לכול בתקופת התפתחותו. אם לא היינו פוחדים מביצוע השוואות נרחבות היינו מגנים על הרעיון שלנו ואומרים שקליפת המוח דומה לגן מלא באינספור עצים, התאים הפירמידליים, שיכולים להכפיל את ענפיהם הודות לטיפוח האינטליגנטי, בעודם שולחים את שורשיהם עמוק יותר ומייצרים פרחים ופירות מרהיבים יותר מיום ליום."

קחאל היה תומך נלהב של התעמלות מוחית, כמנגנון שמגביר את יכולתו של המוח שלנו, והוא הצהיר בבהירות שהפוטנציאל להגביר את הקשרים בין תאי העצב מתרחש דרך המנגנון ה"פלסטי", בתגובה לגירוי רציף. בצורה זו הוא הציע שיכולת שכלית גבוהה שנצפתה בקרב אנשים אשר עושים באופן קבוע תרגילים מנטליים עמוקים, היא תוצאה של העובדה שהתעמלות מוחית מובילה להתפתחות של תהליכים עצביים "מעבר למה שנצפה בדרך כלל, תוך אילוץ ההיווצרות של קשרים חדשים ונרחבים יותר בקליפת המוח". קחאל הציע מנגנונים ותיאוריות של פלסטיות אשר ייצגו את נקודת ההתחלה של חלק מהרעיונות המודרניים שלנו על הנושא המרתק הזה, שמאז כבר הוכח כנכון.

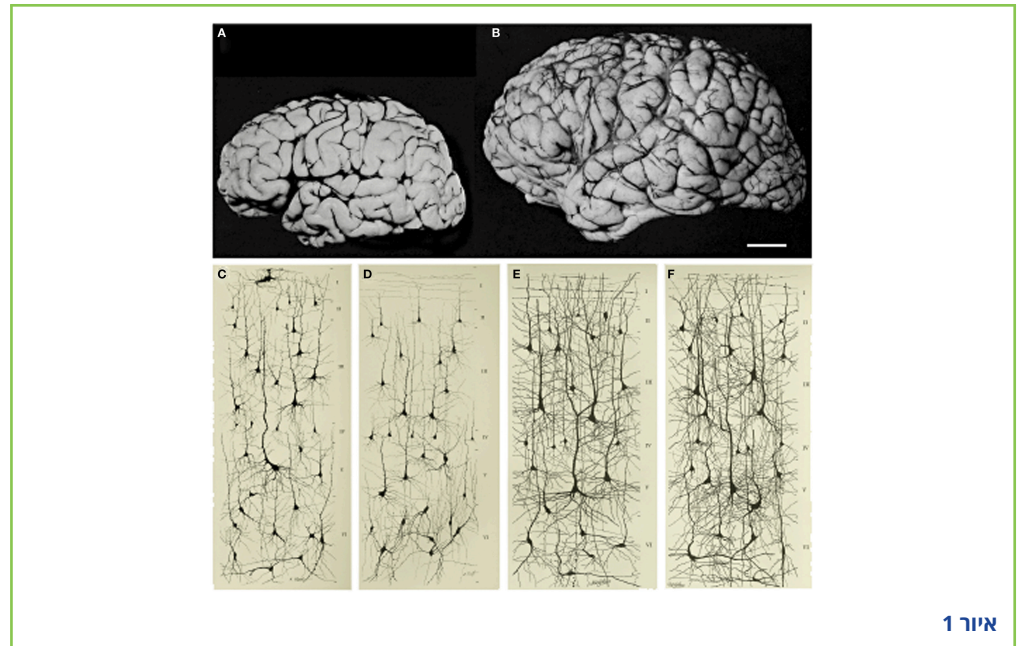
הרעיון של קשר בין המבנה המשתנה של המוח וההבשלה של תהליכים שכליים מוטוריים (למשל, כישורי תנועה) נתמך באופן חזק אם אנו לוקחים בחשבון שבמהלך תקופת ההתפתחות המוח שלנו לא רק מגדיל את נפחו (כפי שברור מהמקרה של ילוד צעיר), אלא גם, כפי שרואים באיור 1, יש התפתחות מרשימה במורכבות של התהליכים העצביים הקשורים לשינויים בחיבורים שבין תאי העצב. מי מאתנו שיש לו אח או אחות קטנים, או ילד בבית, יכול להעיד ממקור ראשון שניתן לראות שינויים מרהיבים בהתנהגותם ובכישוריהם, ממש מיום אחד למשנהו, כמו למשל שהם לומדים לדבר ולהביע מחשבות מורכבות ומופשטות יותר ויותר, או לומדים לשלוט ברגשותיהם. אנו (כלומר, המוחות שלנו) נשארים באופן גס אותו הדבר, אבל מה שמשתנה זה המבנה והארגון התפקודי של המוח, בפרט הארגון הגיאומטרי העדין של תאי העצב והקשרים ביניהם, כמו גם שינויים אחרים: מבניים, מולקולריים, גנטיים ופיזיולוגיים. אולם חשוב להדגיש שהשינויים האלה אינם מוגבלים לשלבים המוקדמים של ההתפתחות, כפי שרואים באיור 1. יש חשיבות רבה גם לתנאים ולסביבה שבהם האדם גדל, מרגע לידתו, דרך שנות ההתבגרות ואפילו במהלך החיים הבוגרים.

נכון להיום, כמה שיטות מחקר של הדמיה עצבית, אשר משתמשות בטכניקות שונות להדמיית המבנה של מוח האדם או תפקודו, הראו כי תרבות ואימון משנים את הארגון התפקודי והאנטומי של המוח של אנשים צעירים ומבוגרים. לדוגמה, למידת קריאה משנה את הדרך שבה דיבור מעובד, ורכישה של כישורים תנועתיים קשורה כולה לשינויים בנפח של החומר הלבן והאפור באזורים מסוימים במוח. החומר הלבן – סיבי תא העצב (אקסונים) המוליכים מידע (פלט) חשמלי בין תא לתא; החומר האפור (דנדריטים) – תאים הקולטים מידע מהתאים המקושרים אליהם באמצעות קשרי הסינפסות.

ישנם מחקרים ניסיוניים רבים, שרובם נעשו על עכברים וחולדות, המראים שכאשר החיות האלה נמצאות בסביבות מועשרות, הן מתפקדות טוב יותר מבחינת למידה, זיכרון וחדות

איור 1

עלייה בנפח המוח, וההבשלה של מעגלים בקליפת המוח. ההבשלה של תהליכים שכליים ושל יכולותינו התנועתיות מקושרת לעלייה של בערך פי 4 בגודל המוח [1]. תמונות A ו-B הן תמונות של מוחותיהם של ילדים בני חודש אחד ו-6 שנים, בהתאמה. העלייה בגודל מלווה בעלייה דרמטית במורכבות של תהליכים עצביים, אשר בתורם מושפעים על-ידי רקע גנטי ועל-ידי הסביבה. העלייה הזו במורכבות היא ברורה בתמונות של תאי עצב מקליפת המוח שצבועים בשיטת גולג'י, של ילד בן חודש (D-E) ושל ילד בן 6 (F-E).



איור 1

ראייה, מאשר חיות שנמצאות בסביבות שאינן מועשרות. מחקרים אלה מציעים שמעגלים עצביים רבים במוח משתנים בתנאים האלה, מה שמוביל ליכולות קוגניטיביות טובות יותר. ברמה המיקרו-אנטומית, לדוגמה, הראו כי סביבה מועשרת מְשַׁרָה עלייה במורכבות העצבית (מספר הסעיפים ומספר הקשרים הסינפטיים) בקליפת המוח. באופן דומה, מחקרים שנעשו על קליפת המוח של אנשים עם רמות השכלה שונות דיווחו על עלייה במורכבות העצבית ככל שעלתה רמת ההשכלה [2-4].

לכן, הרעיון אינו לנסות לפסל את המוחות שלנו כדי להפוך לגאונים, אלא להפיק את המרב מהתבנית הגנטית שלנו דרך חינוך, כדי להגביר את יכולותינו הקוגניטיביות. במילים אחרות, פיסול המוח שלנו באמצעות המאמצים שלנו בבית הספר יתוגמל בשפע עם יכולת מוחית גבוהה יותר, מה שיתרום לנו גם במהלך שנות בית הספר וגם אחריהן.

מקורות

1. Conel, J. L. R. 1941, 1967. The Postnatal Development of the Human Cerebral Cortex: The Cortex of the Six-year Child. Cambridge: Harvard University Press.
2. Castro-Caldas, A., Petersson, K. M., Reis, A., Stone-Elander, S., and Ingvar, M. 1998. The illiterate brain. Learning to read and write during childhood influences the functional organization of the adult brain. *Brain* 121:1053-63. doi: 10.1093/brain/121.6.1053
3. DeFelipe, J. 2006. Brain Plasticity and Mental Processes: Cajal Again. *Nat. Rev. Neurosci.* 7:811-7. doi: 10.1038/nrn2005
4. Jacobs, B., Schall, M., and Scheibel, A. B. 1993. A quantitative dendritic analysis of wernicke's area in humans. II. Gender, hemispheric, and environmental factors. *J. Comp. Neurol.* 327:97-111. doi: 10.1002/cne.903270108

פורסם אונליין: 18 בינואר 2019

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

ציטוט: DeFelipe J (2019) הולכים לבית הספר לפסל את המוח. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2013.00001-he

תורגם והותאם:

DeFelipe J (2013) Going to school to sculpt the brain. Front. Young Minds 1:1. doi: 10.3389/frym.2013.00001

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

COPYRIGHT © DeFelipe 2013. זהו מאמר בנישה 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**DARIUS, גיל: 10**

אני תלמיד בכיתה ה'. בזמני הפנוי אני נהנה לקרוא ולתכנת במחשב. כתחביב, אני מבצע ניסויים מועילים עם מכשירים. אני מתעניין מאוד בסביבה, והייתי אחד מהמקימים של הוועדה הירוקה בבית הספר שלי. אני נהנה לקרוא על מדע, בפרט על כימיה, ביולוגיה וחקר המוח.

הכותב**JAVIER DEFELIPE**

אחד מתחומי העניין הבסיסיים שלי הוא מחקר ההיסטוריה של ההבנה הנוכחית של ארגון קליפת המוח ותפקודה. בפרט, אני מתעניין בבסיס של תורת הרקמות והתאים (היסטולוגיה) והמבנה הרשתי של קליפת המוח. כיום אני המנהל של שתי מעבדות שמתעסקות בתחומים האלה: מעבדת קחאל למעגלים קורטיקליים (Laboratorio Cajal de Circuitos Corticales, Centro de Tecnología Bio- médica, UPM) ומעבדה נוספת שחוקרת את הארגון של קליפת המוח ופתולוגיות שיכולות להתפתח בה (Laboratorio de Microorganización de la Corteza Cerebral Normal y Alteraciones de los Circuitos, Departamento de Neurobiología Funcional y de Sistemas, Instituto Cajal, CSIC).



Hebrew version
provided by

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

