

היכן זיכרונות מוטוריים ממוקמים במוח?

Kathleen Y. Haaland^{1*}, Lee H. Stapp², Robert L. Sainburg³

¹המחלקות לפסיכיאטריה ולמדעי ההתנהגות ונוירולוגיה, אוניברסיטת ניו-מקסיקו, אלברקקי, ניו-מקסיקו, ארצות הברית

²מערכת הבריאות לחיילים משוחררים בניו-מקסיקו, אלברקקי, ניו-מקסיקו, ארצות הברית

³המחלקות לקינזיולוגיה ונוירוביולוגיה, אוניברסיטת מדינת פן, פנסילבניה, ארצות הברית

סוקרים צעירים

LÍVIA
גיל: 16



NICOLE
גיל: 15



RAFAELA
גיל: 15



RAMON
גיל: 11



VICTOR
גיל: 17



VINICIOS
גיל: 16



כשאנו מתאמנים על תנועה מסוימת שוב ושוב אנו מבצעים אותה טוב יותר, חלקית מאחר שאנו מפתחים זיכרונות תנועתיים (מוטוריים) חדשים, או ייצוגים, במוח שלנו. אנו לא נשתפר בביצועים אם לא נוכל לאחסן ייצוגים מוטוריים במוח שלנו. אנשים שמתאמנים בספורט או אנשים שרוקדים, למשל, צריכים לפתח ייצוגים מוטוריים באמצעות חזרה על אותן התנועות שוב ושוב, כך שהם יוכלו לבצע אותן בנסיבות שונות. יצירת ייצוגים מוטוריים טובים יותר ויותר ככל שאנו מתאמנים על תנועה נקראת אדפטציה מוטורית. הייצוגים המוטוריים נוצרים ומאוחסנים במוח, ממש כמו זיכרונות של אנשים ושל אירועים. ייצוגים מוטוריים של תנועות מוכרות כמו צחצוח שיניים, ממוקמים בחלק במוח שנקרא האונה הקודקודית השמאלית. רצינו לבדוק אם ייצוגים מוטוריים של תנועות אחרות ממוקמים באונה הקודקודית השמאלית, ולא הימנית. לכן, השווינו את האדפטציה המוטורית של תגובות הצבעה אצל אנשים עם נזק באונה הקודקודית השמאלית או הימנית. מצאנו שהאדפטציה המוטורית נפגעה בעקבות נזק באונה הקודקודית השמאלית, ולא הימנית, מה שמציע שהייצוגים המוטוריים האלה ממוקמים באונה הקודקודית השמאלית.

ייצוגים מוטוריים חשובים לספורט

כיצד אתם לומדים ענף ספורט חדש? מה ההורים או המאמנים שלכם אומרים? התאמנו, התאמנו, התאמנו! וכשאתם מתאמנים, מדענים חושבים שאתם מפתחים משהו שנקרא **ייצוגים מוטוריים** במוח שלכם, שהם כמו זיכרונות **מוטוריים** (תנועתיים). ייצוגים מוטוריים נוצרים על-ידי קבוצות של תאים במוח שמתקשרות כדי לסייע לכם לבצע תנועות שלמדתם. הייצוגים האלה מאפשרים לכם לשפר את הביצועים שלכם. הם יאפשרו לכם לקלוע לסל, להכות בכדור טניס או לנגן על כינור בקונצרט. על סמך מה שקורה במגרש כדורגל, השחקנית הכוכבת יכולה לבחור את התגובה הטובה ביותר בהתבסס על הנסיון שלה ועל הייצוגים המוטוריים שהתפתחו ואוחסנו במוח שלה במהלך האימון. הסתכלו על הווידאו הזה לדוגמאות קונקרטיים של מהירות וזריזות מוגברות שמגיעות עם אימון בערימת כוסות, ספורט אולימפי חדש לצעירים: <https://www.youtube.com/watch?v=82DNYqurkxo>.

היכן זיכרונות/ ייצוגים מוטוריים ממוקמים במוח?

אנו יודעים שהייצוגים המוטוריים האלה מאוחסנים במוח. אולם היכן במוח?

אחת הדרכים הטובות ביותר לענות על השאלה הזו היא לחקור מטופלים עם נזק מוחי. מחקרים קודמים הראו שייצוגים מוטוריים לתנועות מוכרות כמו צחצוח שיניים, ממוקמים באזור במוח שנקרא **האונה הקודקודית** השמאלית [1]. כפי שניתן לראות באיור 1, האונות הקודקודיות ממוקמות בצידי המוח שלנו. הן מעבדות תחושות מהגוף שלנו כמו מגע תנועה, כאב וטמפרטורה. הן גם חשובות ליצירת זיכרונות מוטוריים ואחסונם, כמו גם דברים אחרים שלא נדון בהם במאמר הזה. **אדפטציה מוטורית** היא מונח שמשמש במוח עבור למידת כישורים תנועתיים חדשים. נמצא שהאדפטציה המוטורית נפגעה אצל שני מטופלים עם נזק באונה הקודקודית. לאחד המטופלים היה נזק באונות הקודקודיות בשני צידי המוח [2], ולמטופל השני היה נזק רק באונה הקודקודית השמאלית [3]. אולם, מאחר שלא נבחן מטופל עם נזק באונה הקודקודית הימנית בלבד, איננו יודעים אם האונה השמאלית הקודקודית חשובה יותר מהאונה הימנית הקודקודית. כמו כן אי אפשר לדעת אם מטופל בודד ייצג את מה שקורה אצל שאר האנשים. לכן, כדי לקבוע אם זיכרונות מוטוריים נוצרים ומאוחסנים רק בצד אחד של המוח או בשני הצדדים באונות הקודקודיות השמאלית והימנית, חקרנו אדפטציה מוטורית בשתי קבוצות של מטופלים בעלי נזק מוחי באונה הקודקודית השמאלית או הימנית. צפינו שמטופלים עם נזק באונה הקודקודית השמאלית יתקשו הכי הרבה עם תנועות מוכרות, מה שמראה שהרבה ייצוגים מוטוריים מאוחסנים רק באונה הקודקודית השמאלית.

כיצד בדקנו אדפטציה מוטורית?

כדי לבדוק אדפטציה מוטורית, ביקשנו מכולם לשבת ממול למכונה שמוצגת באיור 2. דמינו שאתם אחד מהמשתתפים. המטרה היא ללמוד להזיז את הסמן מנקודת ההתחלה אל המטרה. עליכם ללמוד לעשות זאת מאחר שהסמן זז בכיוון שונה מהיד שלכם. יש לכם חיישנים על היד שמוזדדים את כיוון תנועת היד שלכם. היד שלכם נמצאת מתחת למראה כך שאינכם יכולים לראות אותה. כל מה שאתם רואים מוצג על המראה אלה עיגולים עבור נקודת ההתחלה, המטרה והסמן. הסמן הוא עיגול קטן עם "א" באמצע, מה שנותן לכם פיידבק ויזואלי על מיקום

מוטורי (Motor)

תנועות שאנו מבצעים עם הגוף שלנו או איברים בגוף.

ייצוג מוטורי (Motor representation)

זיכרון של תנועה שאנו משתמשים בה כדי לבצע תנועות בעתיד. הייצוגים או הזיכרונות האלה נוצרים על-ידי קבוצות של תאים במוח שמתקשרים כדי לסייע לכם לבצע את התנועה שלמדתם. הזיכרון הזה גמיש ויכול להיות מנוגן מחדש כדי ליצור תנועות בנסיבות שונות, כמו למשל הנפת מחבט בייסבול באימון או במשחק.

אונה קודקודית (Parietal lobe)

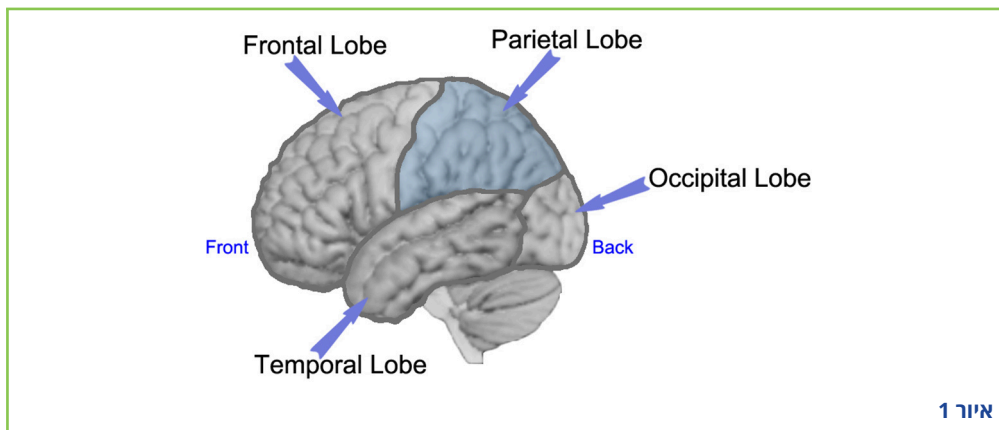
כל צד (המיספרה) במוח שלנו מכיל ארבע אונות: מצחית, רקתית, קודקודית ועורפית (ראו איור 1), שכל אחת מהן בעלת תפקודים אחרים. האונות הקודקודיות שלנו חשובות לעיבוד של תחושות בגוף שלנו כמו למשל מגע, תנועה, כאב וטמפרטורה ותפקודים אחרים שלא ניגע בהם במאמר הזה. אנו גם מאחסנים את הזיכרונות המוטוריים שלנו באונה הקודקודית השמאלית.

אדפטציה מוטורית (Motor adaptation)

השינויים בזיכרון המוטורי ובייצוגים המוטוריים שלנו יכולים להתרחש כשאנו מתאמנים על תנועה שוב ושוב.

איור 1

מבט צידי על צד שמאל של המוח. החיצים מסמנים את ארבע האונות במוח. המחקר הזה התמקד במדידת האדפטציה אצל מטופלים עם נזק לאונה הקודקודית השמאלית או הימנית.
 = Frontal lobe אונה מצחית.
 = Parietal lobe אונה קודקודית.
 = Temporal lobe אונה רקתית.
 = Occipital lobe אונה עורפית.



איור 1

סרטון (Movie)

הסרטון הזה מראה מה קורה בהתחלה, באמצע ובסוף של אדפטציה, כדי להראות למידה. אתם יכולים לראות את המסלול של תנועת ידה של המשתתפת ואת הפיידבק הוויזואלי השגוי (הסמן). בהתחלה, המשתתפת מזיזה את ידה באופן אנכי מנקודת ההתחלה אל עבר המטרה, אולם הפיידבק הוויזואלי גורם לזה להיראות כאילו שהיד שלה זזה שמאלה. בסוף האדפטציה המשתתפת הזיזה את ידה ימינה כך שהסמן זז בקו ישר על המטרה. האדפטציה הראתה שהיא פיתחה זיכרון מוטורי חדש. צפו בסרט הזה כמה פעמים כדי לקבל מושג טוב יותר כיצד מתרחשת אדפטציה. הסרטון זמין בקישור זה: <https://youtu.be/To-yFcqx990>

היד שלכם כשאתם זזים מנקודת ההתחלה. ראשית, בתנאי הבסיס אנו נותנים לכם פיידבק ויזואלי נכון, כלומר אנו מראים את התנועה המדויקת של היד שלכם. שנית, בתנאי האדפטציה אנו נותנים לכם פיידבק ויזואלי שגוי של היד שלכם. לכן, אפילו אם היד שלכם זזה למעלה ולמטה, בפיידבק הוויזואלי (סמן) נראה שהיד שלכם זזה שמאלה. אתם הייתם מסתגלים לכך בהדרגה באמצעות הנעת היד שלכם ימינה כדי לגרום לסמן לנוע באופן ישר כלפי מעלה. עם האימון אתם לומדים לכוונן את כיוון התנועה שלכם כדי להגיע אל המטרה בצורה מדויקת, למרות הפיידבק השגוי.

צפו בסרטון הזה (<https://youtu.be/To-yFcqx990>) כמה פעמים כדי לקבל מושג טוב יותר על האופן שבו אדפטציה מתרחשת בהתחלה, באמצע ובסוף של תנאי האדפטציה.

אחרי האדפטציה אנו מתחילים עם תנאי תופעת לוואי (after effect condition), שבו הפיידבק הוויזואלי הוא שוב מדויק. אם המוח שלכם בריא, פיתחתם ייצוג ויזואלי בהתבסס על פיידבק שגוי במהלך תנאי האדפטציה, ותמשיכו להזיז את ידכם ימינה כמה פעמים בסשן של ה-aftereffects. תופעת לוואי מוכרת היא "sea legs", שמתרחשת כשאתם מבליים זמן מה על סירה. כשאתם יורדים מהסירה אתם מתנדנדים ונעים מצד לצד, כאילו שאתם עדיין נעים על סירה. זה קורה מאחר שהמוח שלכם עדיין מפצה על טלטולי הסירה. זה נקרא תופעת הלוואי מאחר שהיא מתרחשת כשכבר אינה מועילה. במטלה המוטורית בניסוי שלנו, תופעת הלוואי הייתה שהמשתתפים כיוונו את ידיהם לכיוון הלא נכון (ימינה), כאילו שהפיידבק הוויזואלי השגוי עדיין נוכח, אף על פי שהוא כבר לא היה נוכח.

את מי בחנו?

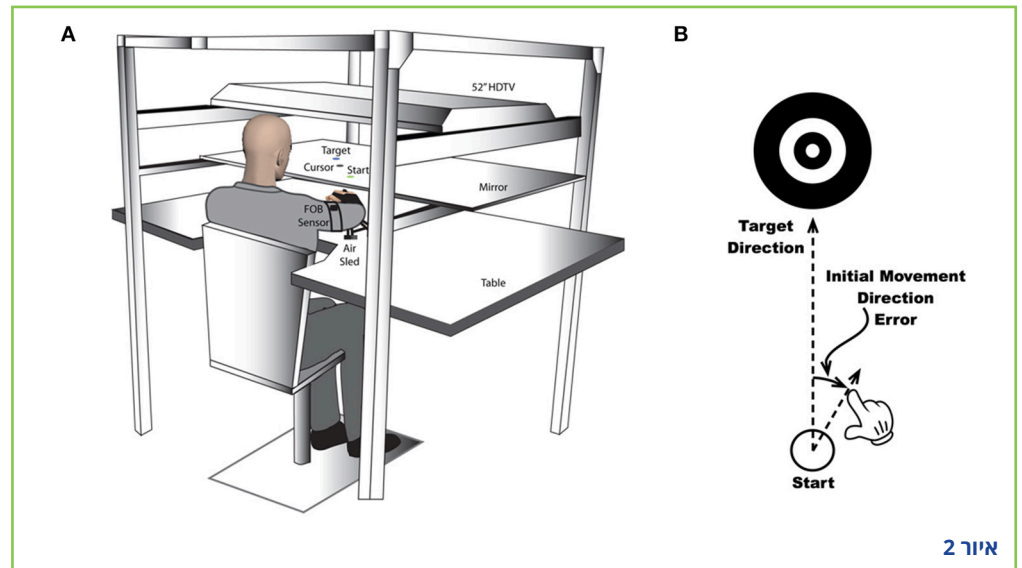
בחנו שתי קבוצות של מטופלי שבץ בעלי נזק מוחי (חמישה בכל קבוצה) ושתי קבוצות ביקורת רגילות, ללא נזק מוחי (שבעה אנשים בכל קבוצה). כל המשתתפים היו ימניים ובגילים דומים. מאחר שלכל צד במוח יש השפעה חזקה יותר על היד הנגדית, בחנו את ההמיספירה המוחית או את היד ההופכית לנזק להמיספירה עבור שתי קבוצות השבץ (יד ימין עבור הקבוצה עם נזק LPD באונה הקודקודית השמאלית, ויד שמאל עבור הקבוצה עם נזק RPD באונה הקודקודית הימנית). נוסף על כך מאחר שכל המטופלים היו ימניים, השוונו כל קבוצת שבץ עם קבוצת ביקורת באמצעות אותה היד (יד ימין ל-LPD ויד ימין לקבוצת הביקורת הרגילה

המיספירה מוחית (Brain hemisphere)

למוח שלנו יש שני צדדים או המיספרות (ימנית ושמאלית) שנראות כמו תמונות מראה אחת של השנייה. באופן כללי, ההמיספירה השמאלית שולטת על הצד הימני של הגוף, ולהיפך. אולם ישנם דברים רבים שאינם בדיוק אותו הדבר בכל צד במוח. זו הסיבה לכך שחלק האנשים ימניים וחלק שמאליים, וישנם הבדלים בסוגי התנועות שנשלטות על-ידי כל יד.

איור 2

(A) המכונה שרושמת את תנועות היד בזמן שהיא מציגה את המטרות ואת הפידבק הוויזואלי לאנשים שמתתפים במחקר. משתתפים ישבו עם פנים למראה שמסתירה את הידיים שלהם. תנועות נרשמו באמצעות שני חיישנים שמוקמו על הזרוע וכל כף היד של כל משתתף. (B) טלוויזיה שמקמה מעל המראה הקרינה עיגולים של נקודת ההתחלה, המטרה והסמן. הסמן הוא עיגול עם "x" באמצע, מה שנותן פידבק ויזואלי על מיקום היד בזמן שהיד נעה אל עבר המטרה. המדען גרם לסמן לזוז בכיוון שונה מתנועת היד (תנאי adaptation - condition), או באותו הכיוון כמו תנועת היד (תנאי after effect - condition).



איור 2

של צד ימין - right normal control group, או RNC בקיצור, ויד שמאל עבור RPD ויד שמאל לקבוצת הביקורת הרגילה של צד שמאל - left normal control group, או LNC, כדי לוודא שהדומיננטיות של צד ימין לא תשפיע על הממצאים שלנו.

מה מצאנו?

נזק להמיספרה ,Hemisphere Damage שמאלית או ימנית

שֶׁכָּךְ חוסם את זרימת הדם לאזורים מסוימים במוח, מה שגורם לנזק באזורים האלה כתוצאה ממחסור בחמצן ובחומרי מזון. במאמר הזה אנו בוחנים מטופלים עם נזק באונה הקודקודית. לכן, אנו מתייחסים לנזק הזה כ-RPD (קיצור של right parietal damage) כשמדובר בצד ימין של המוח, וכ-LPD (קיצור של left parietal damage) כשמדובר בצד שמאל של המוח.

איור 3A מראה שלכל ארבע הקבוצות היו ביצועים דומים בתחילת שלב האדפטציה. שתי קבוצות הביקורת, RNC ו-LNC, וקבוצת ה-RPD הראו אדפטציה דומה במהלך הסשן. הלמידה של קבוצת RPD הייתה נורמלית. אולם קבוצת ה-LPD לא הראתה אדפטציה - המשתתפים לא שינו את התנועות של ידיהם במידה שווה לשלוש הקבוצות האחרות.

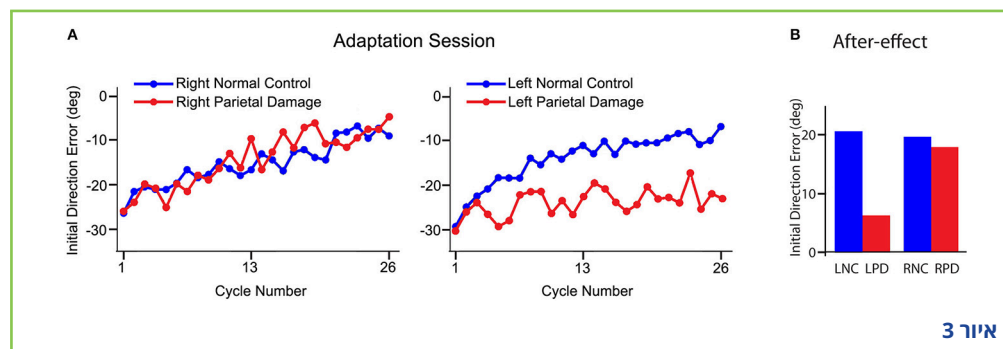
ראינו את אותה התבנית בנתוני תופעות הלוואי (איור 3B). שוב, רק קבוצת ה-LPD, ולא קבוצת ה-RPD, הראתה תופעת לוואי, מה שתומך במסקנה שקבוצת ה-LPD לא פיתחה ייצוג מוטורי חדש במהלך האדפטציה. ושוב, הביצועים של קבוצת ה-RPD ושתי קבוצות הביקורת היו נורמליים, מה שמראה שהם פיתחו ייצוגים מוטוריים חדשים.

מה המשמעות של המחקר הזה?

זהו מחקר הקבוצות הראשון שחקר מטופלים בעלי נזק מוחי והראה שהאונה הקודקודית השמאלית חשובה יותר מהאונה הקודקודית הימנית עבור למידה ואדפטציה לפידבק ויזואלי בלתי מדויק. מדענים חושבים שהלמידה הדלה הזו היא תוצאה של יכולת מופחתת לפתח ייצוגים או זיכרונות מוטוריים חדשים, מה שנתמך על-ידי נתוני תופעות הלוואי שלנו. הממצאים האלה חשובים ראשית מאחר שזהו מחקר קבוצתי של אדפטציה מוטורית במטופלים בעלי נזק מוחי. המדע לא יכול להסתמך על מקרים בודדים מאחר שמקרים בודדים עשויים שלא לייצג את מה שקורה אצל כולם. לכן, מחקרים קבוציים הכרחיים כדי לאשר את מה שרואים במקרים פרטניים. שנית, מצאנו שהאונה הקודקודית הקדמית קריטית עבור אדפטציה. בחנו קבוצות של מטופלים עם נזק באונה הקדמית השמאלית או הימנית, בעוד שדיווחי המקרה בחנו מטופלים

איור 3

(A) השגיאות בכיווני התנועה כשאנשים נחשפו לראשונה למטלה המוטורית. כל מחזור (cycle, ציר x) מייצג שמונה תנועות עוקבות. במחזור 1, כשמשתתפים נחשפו לראשונה למטלה, הם שנו ב-30°, וככל שהם התאמנו כך השגיאה קטנה. שתי קבוצות הביקורת (בכחול) וקבוצת ה-RPD (משמאל) הסתגלו למטלה באופן דומה. בניגוד לכך, קבוצת ה-LPD (מימין) לא הקטינה את השגיאה במהלך האימון. **(B)** השגיאות שהתרחשו כאשר הפיזיק הוויזואלי השגוי הופסק, מה שנקרא תופעות לוואי. שלוש הקבוצות שהסתגלו לפיזיק השגוי (RNC, LNC, RPD) הפגינו תופעות לוואי גדולות יותר, בעוד שמטופלי LPD לא הפגינו תופעות לוואי.



איור 3

בודדים עם נזק באונה הקודקודית הקדמית או נזק באונות בשני הצדדים [2, 3]. אף אחד מדיווחי המקרה הבודד האלה לא בחן מטופלים עם נזק באונה הקודקודית הימנית בלבד. העבודה שלנו מציעה שהאונה הקודקודית השמאלית, ולא הימנית, היא האתר של ייצוגים מוטוריים עבור אדפטציה מוטורית. ניסויים אחרים מצאו שאנשים עם נזק באונה הקדמית השמאלית אך לא הימנית חווים קשיים עם תנועות מוכרות כמו צחצוח שיניים וחיתוך אוכל עם סכין. זה הגיוני מאחר שכל התנועות צריכות לעבור אדפטציה לתנאי מטלה שונים. לדוגמה, אתם יכולים לצחצח את השיניים שלכם בין אם אתם עומדים או שוכבים על הגב, אף על פי שהתנאים האלה דורשים כוחות ותנועות שונים.

כמובן שנדרש מחקר נוסף כדי לגלות אלה אזורים אחרים במוח מעורבים באדפטציה מוטורית ובלמידה מוטורית. הכישורים המורכבים ביותר תלויים באזורים שונים רבים במוח שעשויים להיות בעלי תפקודים שונים במטלה. אולם, האזורים האלה צריכים לדבר זה עם זה כדי לייצר ביצוע מוטורי מדויק.

כיצד אפשר להשתמש בתוצאות האלה בעולם האמיתי?

אם התוצאות שלנו נכונות לא רק עבור מטלת הניסוי שלנו אלא עבור תנועות יומיומיות בכלל כמו למידת הקלדה במחשב, צחצוח שיניים או הפיכת פנקייק, אז ייתכן שאפשר להשתמש בשיטה שנקראת גירוי מוחי כדי ליצור ייצוגים מוטוריים אצל מטופלים עם נזק מוחי שלא מסוגלים לבצע את המטלות היומיומיות האלה. שיטות לגירוי מוחי מעריכות מיקום של מְגָרִים חשמליים על הקרקפת שיכולים לגרות את המוח ללא ניתוח. מדענים חוקרים אם גירוי כזה יכול לסייע למטופלים עם נזק מוחי להתגבר על לקויות מוטוריות, ולסייע לאנשים ללא נזק מוחי ללמוד טוב יותר. אולם, מדענים צריכים לדעת מהו האזור המוחי שהכי חשוב לגרות במקרה הזה. התוצאות שלנו מציעות שגירוי של האונה הקודקודית השמאלית עשוי לשפר למידה מוטורית גם אצל מטופלים בעלי נזק מוחי וגם אצל אנשים ללא נזק מוחי.

לאחרונה מדענים מצאו דרך להשתמש בפעילות באונה הקודקודית השמאלית של מטופל כדי לשלוט ביד התותבת שלו. למטופל הייתה פגיעה בעמוד השדרה שמנעה מהמוח שלו לשלוט על הידיים והרגליים [4]. מדענים השתמשו בפעילות של תאים באונה הקודקודית במטרה לסייע עם תנועות מורכבות שמאפשרות למטופל הזה להרים בירה או לשתות באופן עצמאי... בפעם הראשונה מאז הפגיעה בעמוד השדרה שלו. אם כן, לעיתים אפילו כשנדמה שהמדע הוא מעניין אך לא ישים, מתפתחים עם הזמן יישומים בעולם האמיתי. ישנן דרכים רבות

שבהן הממצאים הנוכחיים יוכלו להיות בשימוש בעולם האמיתי. האם אתם יכולים לחשוב על שימושים נוספים?

מאמר המקור

Mutha, P. K., Sainburg, R. L., and Haaland, K. Y. 2011. Left parietal regions are critical for adaptive visuomotor control. *J. Neurosci.* 31:6972–81. doi: 10.1523/JNEUROSCI.6432-10.2011

מקורות

1. Vingerhoets, G. 2014. Contribution of the posterior parietal cortex in reaching, grasping, and using objects and tools. *Front. Psychol.* 5:151. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00151
2. Newport, R., Brown, L., Husain, M., Mort, D., and Jackson, S. R. 2006. The role of the posterior parietal lobe in prism adaptation: Failure to adapt to optical prisms in a patient with bilateral damage to posterior parietal cortex. *Cortex.* 42:720–9. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70410-6
3. Wolpert, D. M., Goodbody, S. J., and Husain, M. 1998. Maintaining internal representations: the role of the human superior parietal lobe. *Nat. Neurosci.* 1:529–33.
4. Aflalo, T., Kellis, S., Klaes, C., Lee, B., Shi, Y., Pejsa, K., et al. 2015. Decoding motor imagery from the posterior parietal cortex of a tetraplegic human. *Science.* 348:906–10. doi: 10.1126/science.aaa5417

פורסם אונליין: 22 ביוני 2021

נערך על ידי: Sabine Kastner, Princeton University, United States

ציטוט: Haaland KY, Stapp LH and Sainburg RL (2021) היכן זיכרונות מוטוריים ממוקמים במוח? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2019.00054-he

תורגם והותאם:

Haaland KY, Stapp LH and Sainburg RL (2019) Where Are Motor Memories Located in the Brain? *Front. Young Minds* 7:54. doi: 10.3389/frym.2019.00054

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

COPYRIGHT © 2019 © Haaland, Stapp and Sainburg 2021. 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

LIVIA, גיל: 16

אני בת 16. אני אוהבת מאוד ספורט אך ריקוד הוא התחביב האהוב עליי. אני גם מנגנת בכינור מאז גיל 8. החלום שלי הוא להיות לרופאה ובעתיד לעבוד בארגון רופאים ללא גבולות (doctors without borders).

NICOLE, גיל: 15

אני לומדת בבית ספר Santo André והמקצועות האהובים עליי הם אנגלית, כימיה, פורטוגזית וביולוגיה. בזמני הפנוי אני בדרך כלל מקשיבה למוזיקה, קוראת וצופה בסרטים ובסדרות בטלוויזיה. אני גם אוהבת לבשל. אני מתכוונת ללמוד רוקחות באוניברסיטה.

RAFAELA, גיל: 15

אני לומדת בבית ספר Santo André ב-Jaboticabal. בזמני הפנוי אני נהנית לקרוא ואני אוהבת לטייל.

RAMON, גיל: 11

אני לומד בכיתה ז בבית הספר התיכון Santo André ב-Jaboticabal city. אני אוהב מאוד לשחק משחקים ברשת, אולם אני גם אוהב ללמוד, להקשיב למוזיקה ולבלות עם חברים. החיים שלי תמיד קדחתניים, ואני אוהב את זה.

VICTOR, גיל: 17

אני לומד בבית ספר Santo André. אני אוהב ללמוד אנגלית ויש לי הזדמנות לתקשר עם העולם. אני מתכוון ללמוד משפטים באוניברסיטה.

VINICIOS, גיל: 16

אני לומד בבית ספר Santo André ואני רוצה להיות מהנדס אזרחי.

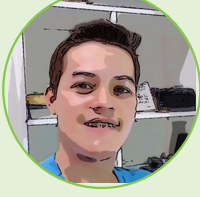
הכותבים

KATHLEEN Y. HAALAND

אני נוירופסיכולוגית קלינית ופרופסור באוניברסיטת ניו מקסיקו. אני מעריכה חולים עם קשיי חשיבה כדי לאבחן בעיות כמו מחלת אלצהיימר. המחקר שלי מתמקד באלה אזורים במוח חשובים לתנועות ובאופן שבו שני צידי המוח שולטים בתנועות שונות. המחקר שלי משווה קשיי תנועה אצל מטופלים עם נזק באזורים שונים בחלקים השמאלי והימני של המוח, כמו במאמר הזה. אני אוהבת לטפס, לקרוא, לבשל ולדבר, במיוחד על פוליטיקה. *khaaland@unm.edu

LEE H. STAPP

אני עובד בקליניקה לנוירופסיכולוגיה במערכת הבריאות לחיילים משוחררים. אני נותן למטופלים מבחנים שונים כדי לסייע לראות אלה בעיות חשיבה יש להם. במשך הרבה שנים הייתי עוזר מחקר וסייעתי לחקור כיצד המוח שולט על תנועות. עזרתי לבחון התנהגות של מטופלים ואת הסריקות המוחיות שלהם עבור



השוואה עם אנשים בריאים ללא נזק מוחי. זה מאפשר לנו לחקור אנשים עם נזק באזורים שונים במוח, כמו במאמר הזה. אני אוהב לקרוא, להאזין למוזיקה ולבקר את בתי לעיתים תכופות.



ROBERT L. SAINBURG

שמי Bob Sainburg. אני פרופסור לקינזיולוגיה ונוירולוגיה באוניברסיטה של מדינת פן, ואני מרפא בעיסוק. אני חוקר כיצד המוח שולט בתנועות, ויש לי עניין מיוחד באופן שבו כל צד במוח שולט אחרת בתנועה, ובאופן שבו זה מוביל לדומיננטיות של אחת הידיים. אני גם חוקר כיצד שליטה בתנועה מופרעת על-ידי שבץ, ואני מפתח שיטות שיקום חדשות שיסייעו למטופלים עם שבץ לשחזר שליטה תנועתית. בזמני הפנוי אני אוהב לרוץ, לטפס ולרכוב על אופניים.

Hebrew version
provided by

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

