



המוח שקופץ על חבל

Kate R. Zha, Jennifer Hyman, James M. Hyman*

מעבדת H.I.V.E, המחלקה לפסיכולוגיה, אוניברסיטת נבאדה, לאס וגאס, לאס וגאס, נבאדה, ארצות הברית

סוקרים צעירים

JACOB
גיל: 11



KALAMITY
גיל: 11



MATTHEW
גיל: 13



חלקים שונים של המוח פועלים יחד כדי לעזור לנו לפתור בעיות, לשחק ולהתרכז בבית הספר. כל משימה שאנו מבצעים מפורקת לתת-משימות קטנות יותר, ולהשלמת כל אחת מהן אחראי חלק אחר של המוח. כדי לבצע בהצלחה את המשימות האלה, החלקים השונים של המוח צריכים לעבוד יחד כדי "לשתף" מידע. אנחנו התעניינו לדעת כיצד חלקי המוח השונים משתפים ביניהם מידע, בזמן שחולדות שיחקו משחק זיכרון. גילינו ששני חלקים של המוח, הנקראים קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס, צריכים לפעול יחד כדי שהחולדות יוכלו לשחק נכון את המשחק. כאשר שני אזורי מוח אלה היו מתוזמנים החולדות שיחקו נכון את המשחק, אבל כאשר שני אזורי מוח אלה יצאו מתזמון ולכן לא יכלו "לשתף" ביניהם את המידע שלהם, החולדות שגו בפתרון הבעיה, ולא שיחקו נכון את המשחק.

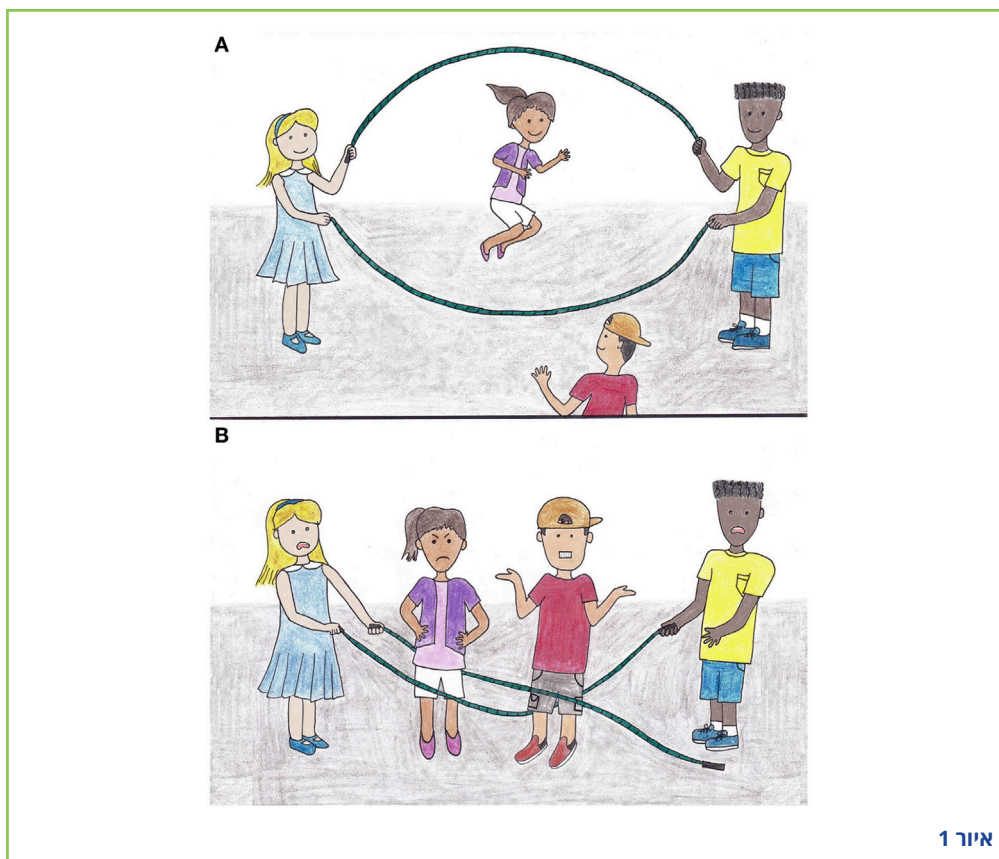
מבוא: תתפסו כמה חברים

דמיינו שאתם משחקים בחבלי קפיצה עם החברים שלכם. שניים מחברים מסובבים את החבלים, ואתם קופצים במרכזם. בכל פעם שאתם קופצים למעלה, החבלים עוברים מתחת לרגליכם. בכל פעם שאתם למטה, החבלים נמצאים מעליכם. המשחק נמשך כי אתם קופצים באותו קצב שבו חברים מסובבים את החבלים (ראו איור 1A).

חבר נוסף רוצה להצטרף למשחק שלכם, והוא מנסה לקפוץ פנימה. אם הוא לא קופץ באותו קצב כמוכם הוא ימעד על החבל ויגרום לעצירת המשחק (ראו איור 1B). אולם אם החבר שלכם

איור 1

A. משחק הקפיצה על חבל. הילדה שלובשת שמלה כחולה והילד שלובש חולצה צהובה מסובבים את החבלים בקצב אחיד, כך שהילדה שלובשת חולצה סגולה יכולה לקפוץ למעלה ולמטה. **B.** הילד שלובש חולצה אדומה מצטרף למשחק, אבל הוא לא קופץ באותו קצב כמו הילדה שב-**A**, ולכן המשחק הסתיים.



איור 1

יצליח לקפוץ באותו קצב כמוכם, שניכם תוכלו להמשיך לקפוץ מעלה ומטה בו בזמן, והמשחק יימשך כל עוד תמשיכו לקפוץ יחד.

דרך נוספת לחשוב על משחק הקפיצה על חבל – המשחק הוא כמו קצב של מנגינה. כדי שִכְפָּה כלי נגינה וקטעי זמרה יתחברו יחד ליצירת מנגינה מוצלחת, כולם צריכים להיות באותו קצב. כדי שִכְלִי נגינה יצטרף למנגינה הוא חייב לשמור על הקצב; באותו אופן, כדי שהחבר שלכם יצטרף למשחק הקפיצה על חבל, הוא חייב לקפוץ בזמן הנכון.

קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית (Medial prefrontal cortex, mPFC)

החלק במוח שמאחסן מידע הנחוץ לפתרון בעיות.

היפוקמפוס (Hippocampus, HC)

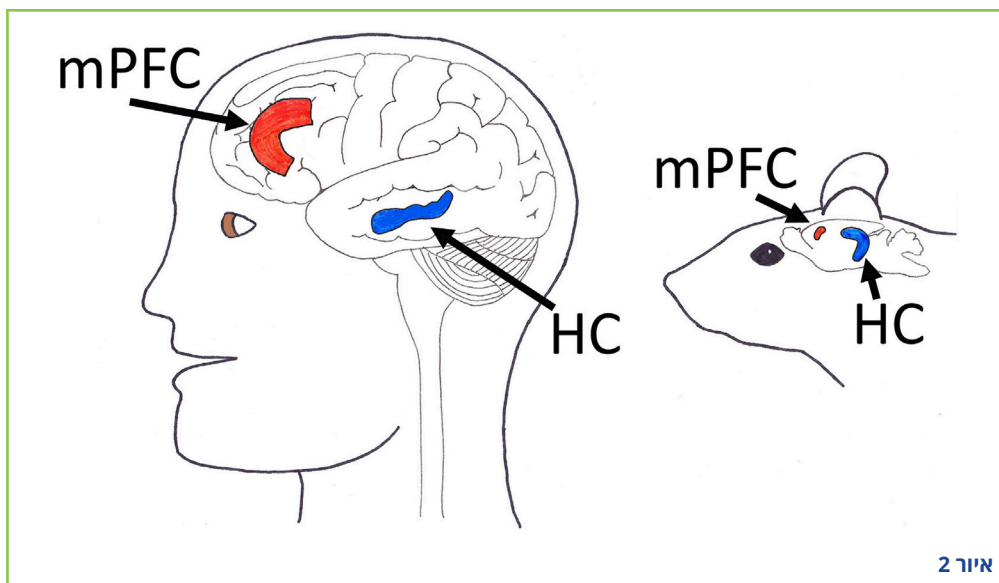
החלק במוח שעוזר לזכור היכן דברים ממוקמים.

המוח פועל באותו אופן. אזורי המוח מעבדים מידע על-ידי הקפדה על כך שהכול יהיה בקצב הנכון. בדיוק כמו שמוזיקאים שונים בתזמורת מנגנים בכלי נגינה שונים ואז מוסיפים יחד את הצליל ליצירת המנגינה, כך גם חלקי המוח השונים מעבדים סוגי מידע שונים ואז משלבים את הנתונים יחד לקבלת משימות שלמות ומוצלחות כגון לזכור בהצלחה היכן נמצאים דברים. עיבודי מוח אלה מאפשרים לנו לראות; לשמוע; להרגיש; לחשוב ולנוע. במאמר זה אנו מְדַבְּרִים על חלק במוח שנקרא **קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית**, שיכול לפעול או "לשחק" באותו קצב כמו חלק אחר של המוח, הנקרא **היפוקמפוס**. איור 2 מרְאֶה היכן נמצאת קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית (באדום), והיכן נמצא היפוקמפוס (בכחול), במוח האדם ובמוח של חולדות.

קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית מאחסנת מידע שאנו עשויים להזדקק לו בעתיד הקרוב לפתרון בעיות כגון: לזכור איך נראה משהו, והיפוקמפוס עוזר לזכור היכן דברים נמצאים.

איור 2

מיקום קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס במוחות של אדם ושל חולדה. בשני המוחות, קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית צבועה באדום, וההיפוקמפוס צבוע בכחול. אתם יכולים לראות שהמיקומים של שני חלקי המוח האלה דומים במוחות של האדם ושל החולדות.



הקצב המשותף לשני אזורים אלה נקרא מקצב תטה של ההיפוקמפוס. אפשר לחשוב על מקצב תטה כעל הקצב של מנגינה או של סחרור של חבלי הקפיצה.

כדי ששני חלקי מוח ישתפו ביניהם מידע, הנוירונים (תאי העצב) שבאזורים אלה צריכים לשלוח מסרים בקצב מסוים. זה כמו הדוגמה שנתנו על החבר שלכם שצריך לקפוץ באותו קצב למשחק הקפיצה על חבל. כאשר נוירונים משתפים מידע עם נוירונים אחרים, אנו קוראים לזה "ירייה" – תהליך שבו התאים שבמוח שולחים (יורים) דחפים חשמליים לתאי מוח אחרים. כאשר אנו מדברים על קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית, הפועלת באותו קצב כמו מקצב תטה של ההיפוקמפוס, אנו מתכוונים שתאי קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית יורים בתזמון עם הקצב. אולם לפעמים אותם נוירונים שבקליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית אינם מתזמנים עם הקצב של מקצב תטה של ההיפוקמפוס, ואז הם יורים לא בתזמון, והמידע אינו משותף עם ההיפוקמפוס. תאים שיוורים מחוץ לקצב הם כמו פלי נגינה הנכנס למנגינה לא בקצב הנכון ומשבש את כל המנגינה.

חלקים שונים במוח הפועלים יחד הם כמו חברים שמשחקים בחבל קפיצה או כמו תזמורת של מוזיקאים המנגנים מנגינה. בניסוי שלנו, התעניינו ללמוד איך ולמה קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס פועלים באותו קצב, במטרה לעזור לפתור בעיות זיכרון. קשה לבצע ניסויים על מוחות של בני אדם, לכן השתמשנו בחולדות כחיות מבחן שלנו. ההיפוקמפוס שלנו (ההשערה שבחנו) הייתה, שכאשר התאים בקליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית של החולדה נמצאים בקצב עם תאים בהיפוקמפוס של החולדה, החולדה תפתור נכון בעיות זיכרון. נוסף כל כך הנחנו שכאשר הקצב אובד, החולדה תיתן תשובה שגויה.

שיטות: כיצד לשחק

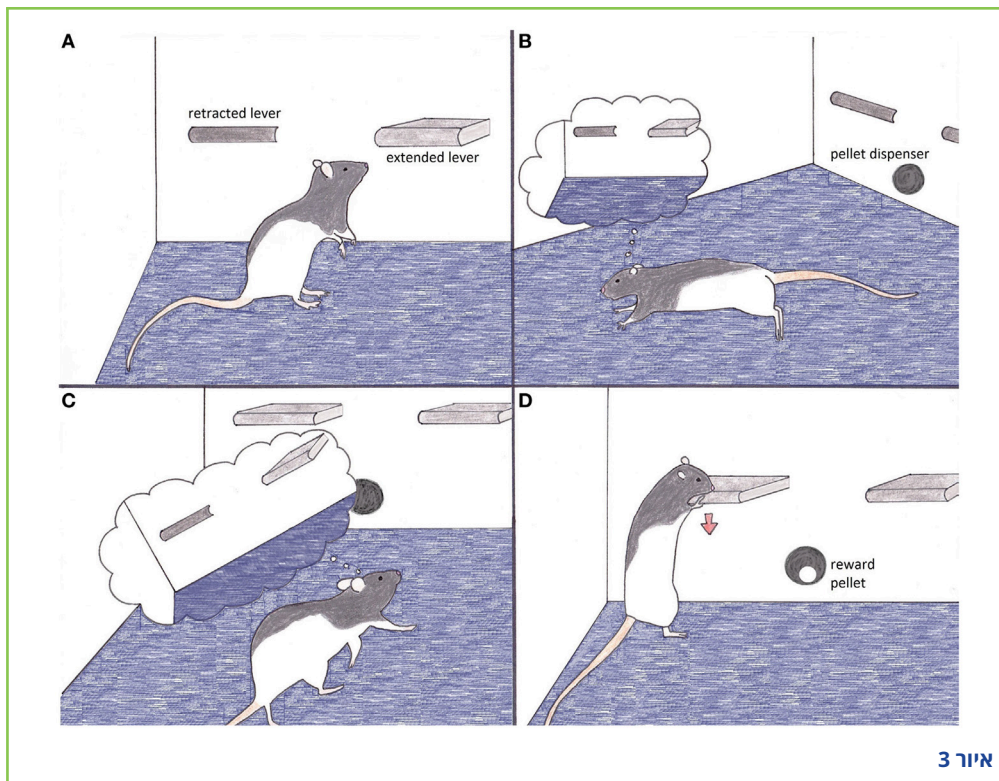
בניסוי שלנו השתמשנו בשיטה הנקראת **אלקטרופיזיולוגיה** כדי לתעד את פעילות המוח של חולדות שפתרו בעיית זיכרון, כדי שנוכל לראות איך אזורים שונים של המוח התנהגו במהלך הניסוי. אלקטרופיזיולוגיה אפשרה לנו לתעד הן את הדחפים החשמליים (הירות) של תאי

אלקטרופיזיולוגיה (Electrophysiology)

חקר הפעילות החשמלית בגוף (במקרה שלנו, במוח).

איור 3

התנהגות חולדות כאשר הניורונים של קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית יורים במקצב תטה של ההיפוקמפוס. **A.** החולדה לוחצת על המנוף המורחב שמימין. **B.** בזמן שהחולדה רצה לצד השני של תא הניסוי, היא זוכרת על איזה מנוף היא לחצה. **C.** כאשר החולדה חוזרת אל המנופים, שניהם מורחבים. החולדה זוכרת שוב על איזה מנוף לחצה בפעם הראשונה. **D.** החולדה בוחרת את המנוף האחר ולוחצת עליו, ובעקבות כך מקבלת כדורית מתוקה ממגנפק הפרס.



מוח יחידים בקליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית הן את קצבי הרקע בהיפוקמפוס (כגון מקצב התטה), אשר להם אנו קוראים תנודות עצביות. בדרך זו יכולנו למדוד איך קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס פועלים, גם בנפרד וגם יחדיו.

תא ניסוי (Experimental chamber)

אזור מסוים (כמו קופסה) שבו מתבצע הניסוי.

תקופת השְהִיָה (Delay period)

פרק זמן מבקֵר בין הזמן שמוצגים לפני החולדה המנופים ובין הזמן שבו היא צריכה לבחור על איזה מנוף ללחוץ.

לצורך משימה זו נתנו לחולדות לשחק משחק שבו הן היו צריכות ללחוץ על מנוף בסדר מסוים כדי לקבל פרס מתוק. **בתא הניסוי** היו שני מנופים, אחד משמאל והאחר מימין. בכל ניסוי החולדות היו צריכות להחליף בין לחיצה על המנוף השמאלי ללחיצה על המנוף הימני. ראשית, הראינו לחולדות שאחד המנופים היה דחוף פנימה (משוך לאחור), והאחר בלט החוצה (מורחב) (איור 3A). אָמְנו את החולדות ללחוץ תחילה על המנוף המורחב. אחר כך, הן היו צריכות לרוץ לצד השני של התא. לזאת קראנו **תקופת השְהִיָה**, ובמהלך הזמן הזה החולדות היו צריכות לזכור על איזה מנוף הן לחצו רגע קודם לכן. לשלב האחרון של המשימה החולדות היו צריכות לרוץ חזרה לשני המנופים וללחוץ על המנוף האחר – זה שעליו לא לחצו קודם לכן. אם הן עשו זאת, הן קיבלו פרס מתוק. אולם אם הן לחצו על המנוף הלא נכון, הן לא קיבלו פרס.

למשל, הסתכלו על החולדה שבאיור 3. באיור 3A היא לוחצת על המנוף המורחב שמימין. אחר כך, באיור 3B היא רצה הרחק מהמנופים, אבל עדיין זוכרת איך הם נראים. כאשר היא חוזרת שוב אל המנופים באיור 3C (עכשיו שניהם מורחבים) היא זוכרת שהיא לחצה קודם לכן על המנוף הימני. באיור 3D החולדה משווה בין הזיכרון שלה למה שהיא רואה למעשה, ובוחרת את המנוף השמאלי, בדיוק כפי שהיא אָמְנה לעשות. הדבר מְזַכֵּה אותה בפרס – כדורית מתוקה.

אף שנראה שמדובר בפרק זמן קצר, תקופת ההשהיה שבה החולדה רצה מצד לצד בתא ובחזרה היא למעשה די מאתגרת. נסו בעצמכם – הניחו מולכם שני עפרונות. הרימו את העיפרון השמאלי וקרבו את המַחֵק שלו לקצה האף שלכם, אחר כך החזירו את העיפרון למקומו.

חכו 30 שניות, ואז הרימו והניחו בחזרה את העיפרון שמימין, באותו אופן שעשיתם עם העיפרון הראשון. חזרו על התהליך הזה שוב ושוב, כל 30 שניות. משימה זו תהיה קלה בהתחלה, אבל אחרי כמה ניסיונות סביר להניח שתתחילו לטעות. ככל שתעשו זאת יותר פעמים גדל הסיכוי שתתבלבלו בין העיפרון שהרמתם בפעם האחרונה לעיפרון שהרמתם לפני 3, 2 או 4 פעמים. החולדות שלנו ביצעו זאת באותו אופן, אף שסך הכול הן הצליחו יפה מאוד, ובחרו את המנוף הנכון ב-85% מהמקרים! נראה שחולדות ובני אדם דומים זה לזה לא רק במבנה המוח (כמוצג באיור 2) אלא גם בהתנהגות.

המדידות האלקטרופזיולוגיות של קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית, ושל ההיפוקמפוס של החולדות שביצעו את המשימה שבאיור 3 נותחו במטרה להשיב על השאלות שלנו – איך ולמה קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס פועלים יחד כדי לפתור בעיות? במיוחד רצינו לבדוק אם ההיפותזה שלנו נכונה. כאשר החולדות שיחקו בהצלחה ולכן קיבלו פרס, האם תאי קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית היו מתואמים בקצב עם התנודות שבהיפוקמפוס? לעומת זאת אם חולדה לחצה במקרה על המנוף הלא נכון בשלבים האחרונים של המשימה, האם נראה שתאי קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית אינם מתואמים בקצב עם מקצב תטה של ההיפוקמפוס?

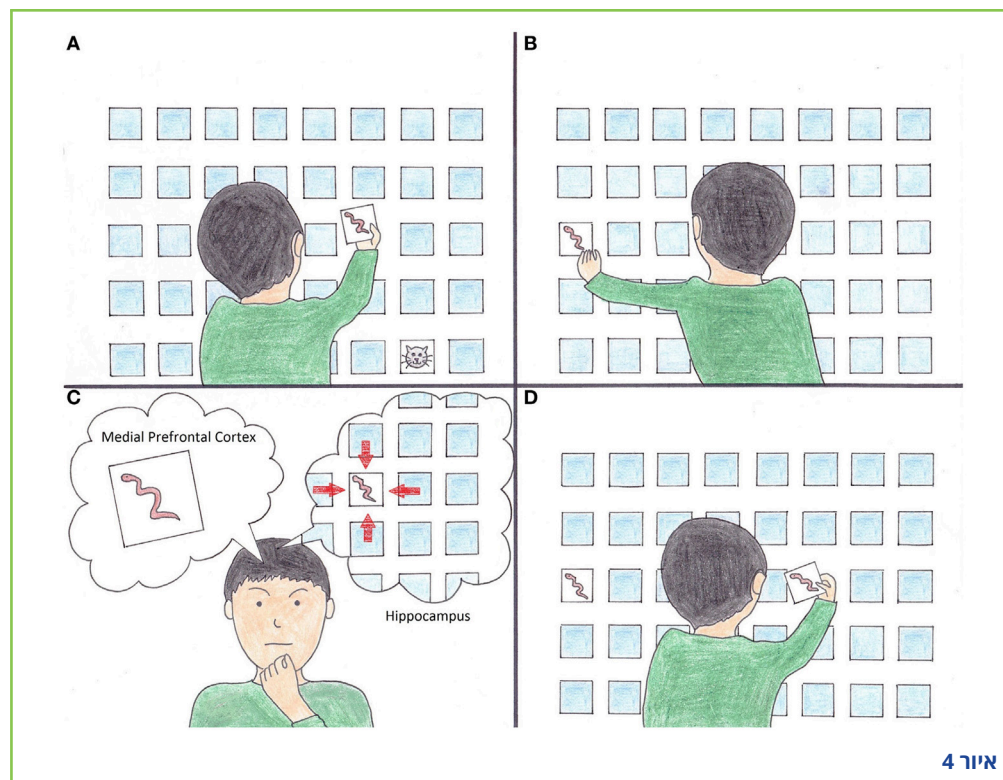
תוצאות: אל תצאו מהקצב

זיכרו מההקדמה שקליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית מאחסנת זיכרונות מסוימים על דברים שאנו עשויים להזדקק להם בעתיד הקרוב. גם ההיפוקמפוס מאחסן זיכרונות, אבל הוא מתמקד במיקום של דברים בהשוואה לדברים אחרים שסביבם. על-ידי ניתוח פעילות המוח של החולדות שלנו גילינו שקליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית אחסנה את המידע על המראָה של המנוף, בעוד שההיפוקמפוס אחסן את המידע על מיקום המנוף – משמאל או מימין.

בכל פעם שהחולדות בניסוי שלנו לחצו על המנוף הנכון, קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס פעלו שניהם ("קפצו על חבל") לפי הקצב של מקצב תטה של ההיפוקמפוס. היות שהייתה התאמה בקצב של שני אזורי מוח אלה, אפשר היה לְשַׁלֵּב את המידע מקליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית ומההיפוקמפוס במטרה למצוא פתרון לבעיה – על איזה מנוף ללחוץ. הדבר דומה לדוגמה של שני החברים ש"משלבים" את הקפיצה על החבלים בו בזמן בהצלחה, אם הם באותו קצב. בכל פעם שהחולדות לא לחצו על המנוף הנכון גילינו שתאי קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית לא "קפצו על חבל" בקצב של מקצב תטה של ההיפוקמפוס. פירושו של דבר, שהמידע שבקליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית ושבהיפוקמפוס לא השתלב, והחולדות לא הצליחו לפתור את הבעיה, בדומה לְמָה שהיה קורה אם החבר שלכם לא היה מתאים אליכם את קצב הקפיצה שלו, ומשחק הקפיצה על חבל היה מסתיים (כמו באיור 1B). סך הכול גילינו שההיפותזה שלנו הייתה נכונה! כאשר קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס היו מתוזמנים החולדות שיחקו נכון; כאשר שני אזורי המוח לא היו מתוזמנים החולדות נכשלו במשימת הזיכרון.

איור 4

משחק התאמת הקלפים. **A.** הילד משווה קלף של חתול מהצד הימני התחתון לקלף של נחש מהצד הימני במרכז. הוא מגלה שהקלפים אינם זהים, ומסיים את התור על-ידי הפיכת הקלפים חזרה. **B.** אחר כך, הילד הופך משמאל לקלף חדש של נחש. **C.** הילד זוכר שראה את הקלף של הנחש קודם לכן, בעזרת קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית, והוא זוכר היכן ראה את הקלף, בעזרת ההיפוקמפוס. **D.** הילד הופך את הקלף הקודם של הנחש שראה בשלב **A**, ומתאים נכון בין שני הקלפים של הנחש.



איור 4

דיון: שחקו שוב ביום אחר!

גם בבני אדם, קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס פועלים יחד כאשר אנו מעוניינים לפתור בעיה. הביטוי בילד שמשחק במשחק התאמת קלפים שבאיור 4. מטרת המשחק היא למצוא שני קלפים זהים, ומותר להפוך רק שני קלפים בכל תור. באיור 4A הילד כבר הפך קלף של חתול בפניה התחתונה הימנית, והוא עומד להפוך קלף של נחש קרוב למרכז של צד ימין. היות ששני הקלפים האלה אינם זהים, הוא מסובב אותם חזרה, ובזאת מסתיים התור. אחר כך, הוא מתחיל את התור הבא על-ידי הפיכת קלף אחר לגמרי. כפי שאפשר לראות באיור 4B, הילד הופך קלף של נחש מצד שמאל. באיור 4C הוא חושב על הקלף הזה. הוא זוכר שראה את הקלף של הנחש קודם לכן, בעזרת קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית, והוא זוכר היכן הקלף של הנחש ממוקם, בעזרת ההיפוקמפוס.

לבסוף, באיור 4D המידע שיש לו מקליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית ומההיפוקמפוס שלו משתלב, דבר המאפשר לילד לפתור את הבעיה ולמצוא שני קלפים זהים. הוא מתאים את הקלף החדש של הנחש שמשמאל לקלף הקודם של הנחש שמימין. בדיוק כמו בחולדות, קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס במוח של הילד תקשרו על-ידי "קפיצה על חבל" באותו קצב כדי לפתור את הבעיה. אם קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס לא יתקשרו או לא יקפצו על חבל" באותו קצב, הילד לא ידע שכבר ראה את הקלף של הנחש קודם לכן במיקום אחר, והוא לא יצליח בתור הזה להתאים בין הקלפים.

חשבו על קבוצת כדורסל. המטרה של כל אחד בקבוצה היא לקלוע את הכדור בסל של היריב. אולם לא כולם מבצעים את אותה עבודה. חבר אחד בקבוצה יכול לכווץ את הכדור ולחפש נקודת תורפה בהגנה. חבר אחר בקבוצה יכול לנוע באופן כזה שהוא מושך את ההגנה הרחק

מהסל. עוד חבר בקבוצה יכול לעמוד מתחת לסל ולהיות מוכן לקלוע לסל כדורים חוזרים. לכל חבר בקבוצה יש תפקיד שונה, אבל הם חייבים לתקשר ביניהם כדי שיוכלו לפעול יחד לשם קליעת הכדור לסל. אם הם לא יעבדו יחד באופן זה הקבוצה תטעה (למשל, מסירת הכדור למישהו שלא התכונן לכך) ותפסיד את השליטה על הכדור. בדיוק כמו קבוצת שחקני כדורסל, לכל חלקי המוח השונים יש תפקידים שונים, והם צריכים לתקשר ביניהם כדי לפעול יחד. במקרה של הניסוי שלנו, קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס מתקשרים ביניהם בעזרת מקצב תטה של ההיפוקמפוס, המאפשר לשני חלקי המוח האלה לשלב את המידע שלהם, ומאפשר לחולדה להגיע למטרתה (קבלת פרס מתוק).

חשוב לחקור את הדרך שבה חלקי המוח פועלים יחד, כי אם נדע איך חלקי מוח שונים פועלים יחד יהיה קל יותר להצביע על אזורי מטרה כדי לעזור לאנשים שהמוח שלהם אינו מתפקד כראוי. למשל, מחלת פרקינסון עלולה לגרום לבעיות בשליטה על תנועות, על מחשבות ועל רגשות. אדם הסובל ממחלת פרקינסון עלול לחוש קצת כאילו הוא מנסה לרכוב על אופניים תוך כדי דווש ובלימה בו בזמן – הוא לא ממש מסוגל לשלוט על עצירה או על התקדמות. היות שמחלת פרקינסון עלולה לגרום לכל כך הרבה בעיות שבדרך כלל מוסתות על-ידי אזורים רבים ושונים במוח, הטיפול במחלה עלול להיראות מסובך במיוחד.

אולם על-ידי בחינת האופן שבו חלקי המוח מתקשרים ביניהם, מדענים הבינו שיש אזור אחד במוח, הנקרא גרעין הבסיס, שמחובר לכל חלקי המוח האחרים ששולטים על תנועה, על מחשבות ועל רגשות. הם גילו שמחלת פרקינסון גורמת לבעיות רק בגרעין הבסיס, ולא בהרבה אזורים שונים במוח. הבנה זו אפשרה פיתוח של שיטות טיפול טובות יותר, שכן המדענים הבינו שהמטרה בטיפול במחלת פרקינסון היא גרעין הבסיס. על-ידי הבנה טובה יותר של המוח אנו יכולים לעזור לבנות בסיס לתגליות עתידיות ברפואה, כמו במחלת פרקינסון ומעבר לכך.

באמצעות הניסוי שלנו גילינו שקליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס מתקשרים ביניהם כאשר בעיות זיכרון נפתרות נכון, וששני אזורי מוח אלה מגיעים להישג זה על-ידי מקצב תטה של ההיפוקמפוס. אבל, קליפת המוח הקדם-מצחית האמצעית וההיפוקמפוס אינם חלקי המוח היחידים שחייבים לפעול יחד. כדי שבעלי חיים, כולל בני אדם, יוכלו לעשות כל דבר שהוא, כל חלקי המוח השונים צריכים "לדבר" ביניהם על-ידי "קפיצה על חבל" זה עם זה במקצבים שונים. אנו מקווים שבעתיד כל חלקי המוח שלכם יפעלו יחד כדי לעזור לכם להגיע לתגליות מדעיות מדהימות, חדשניות ומעוררות השראה!

מאמר המקור

Hyman, J. M., Hasselmo, M. E., and Seamans, J. K. 2011. What is the functional relevance of prefrontal cortex entrainment to hippocampal theta rhythms? *Front. Neurosci.* 5:24. doi: 10.3389/fnins.2011.00024

פורסם אונליין: 03 במרץ 2020

נערך על ידי: Lauren Jantzie, University of New Mexico, United States

Front. Young Minds. המוח שקופץ על חבל. (2020) Zha KR, Hyman J and Hyman JM **ציטוט:** doi: 10.3389/frym.2017.00061-he

תורגם והותאם:

Zha KR, Hyman J and Hyman JM (2017) The Jump-Roping Brain. Front. Young Minds 5:61. doi: 10.3389/frym.2017.00061

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

COPYRIGHT © 2017 © Zha, Hyman and Hyman 2020. 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 (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

JACOB, גיל: 11

אני ג'ייקוב. המקצועות האהובים עליי הם קריאה ושפת האומנויות. אני אוהב לשחק כדורסל וכדורגל. הקבוצות האהובות עליי הן ניו אינגלנד פטריוט ואוקלהומה סיטי סנדר. אני גם נהנה לשחק עם שלושת הכלבים שלי, לרכוב על אופני ההרים שלי ולנסוע לטייל עם משפחתי.

KALAMITY, גיל: 11

שמי קלמיטי, ואני בן 11. המקצועות האהובים עליי בבית הספר הם קריאה ומדעים. כשאגדל, אני רוצה להיות וטרנר. אני גם נהנה לרכוב על הסוסים שלי ולשחק עם ארבעת הכלבים שלי.

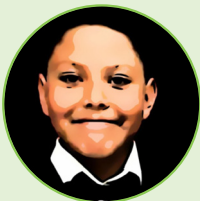
MATTHEW, גיל: 13

שמי מתיו, ואני בן 13. המקצועות האהובים עליי בבית הספר הם מתמטיקה ומדעים. כשאגדל, אני רוצה להיות מהנדס. אני נהנה לטפל במשק החי שבחווה עם הוריי ועם אחי הקטן. אני גם נהנה לרכוב על אופני ההרים שלי ולשחק עם הכלבים שלי.

הכותבים

KATE R. ZHA

קייט ר' ז'ה היא בוגרת לימודי תואר ראשון במדעים באוניברסיטת קליפורניה בלוס אנג'לס, וכיום היא עובדת במעבדה של ד"ר ג'יימס היימן באוניברסיטת נבאדה בלוס אנג'לס. כמה מהדברים האהובים עליה ביותר הם מדעים, ספרי מסתורין וגלידת מנטה-שוקולד צ'יפ. בזמנה הפנוי היא אוהבת לשחק עם שני הכלבים שלה, אוליבר ובלה, לאפות עוגיות ולרקוד כאילו אף אחד לא מסתכל.





JENNIFER HYMAN

ג'ניפר הימן למדה ביולוגיה ופסיכולוגיה באוניברסיטת קולומביה הבריטית בקנדה. היא גם למדה במכון הטכנולוגי של קולומביה הבריטית כיצד לבדוק בעיות עצבים ומוח, בעזרת בדיקות כגון אא"ג. כיום היא אימא במשורה מלאה לשני ילדים. לאחד הילדים היא קראה בשם של דמות מאופרת סבון. להנאתה, היא מציירת במחברת האומנות שלה; מחפשת מתכונים חדשים; מְנַנְנֶת; משתתפת בסיעור מוחות למציאת רעיונות בסדנת צילום, והולכת לחוף הים.



JAMES M. HYMAN

ד"ר ג'יימס הימן הוא פרופסור באוניברסיטת נבאדה בלוס אנג'לס. יש לו מעבדה שחוקרת את דרכי המוח ללמוד, ואת התקשורת בין חלקי המוח השונים. יש לו שני ילדים ושני כלבים (אחד ששוקל כמעט 80 ק"ג! הכלב, לא הילדים). הוא אוהב להעביר את זמנו בטיולים רגליים עם משפחתו ועם הכלבים; לנגן בתופים; לרכוב על אופניים לקמפוס (הוא תמיד חובש קסדה!), והוא מכיר את כל המילים של השיר "Let It Go" מהסרט "לשבור את הקרח". *james.hyman@unlv.edu

Hebrew version
provided by

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

