

היזהרו! כיצד קבוצות של תאי מוח מסייעות לשמור עלינו בטוחים מפגיעות

Lindsay R. Halladay*

המחלקה לפסיכולוגיה, אוניברסיטת סנטה קלרה, סנטה קלרה, קליפורניה, ארצות הברית

בזמן שאנו מנווטים בעולם שסביבנו, לעיתים אנו ניצבים מול סכנה. המוח שלנו מסייע לנו להישמר מפגיעה, אולם איננו מבינים לגמרי כיצד הוא עושה זאת. כיצד המוח מחליט לגרום לנו לקפוא במקום שבו אנו שומעים זמזום של דבורים כך שהן יתעלמו מאיתנו וימשיכו להתעופף הלאה? וכשהדבורים האלה כועסות, כיצד המוח שלנו מחליט שהאפשרות של בריחה טובה יותר מאשר קפיאה במקום? תשובות לשאלות האלה יסייעו לנו להבין כיצד המוח שלנו מקבל החלטות כשאנו פוחדים, וגם יאפשרו לנו לקבוע מה עשוי להשתבש במוחות של אנשים שפוחדים יתר על המידה – כמו אנשים עם חרדה. המחקר שלנו מראה כי אזור במוח שנקרא קליפת המוח הקדם-מצחית מכיל קבוצות של תאים שמסייעים לנו לקפוא או לרוץ כתלות בגודל הסכנה שאנו נמצאים בה.

המוח מורכב להפליא. הוא עושה הכול, החל מלגרום ללב שלנו לפעום וכלה בהקניית אישיות מסוימת לכל אחד. אולם כשהמוח לא עובד בצורה אופטימלית, אנשים עלולים לסבול מדברים כמו הפרעות חרדה. לכן מדענים מנסים להבין כיצד המוח המורכב שלנו מתפקד כך שנוכל לסייע לאנשים עם לקויות שקשורות במוח.

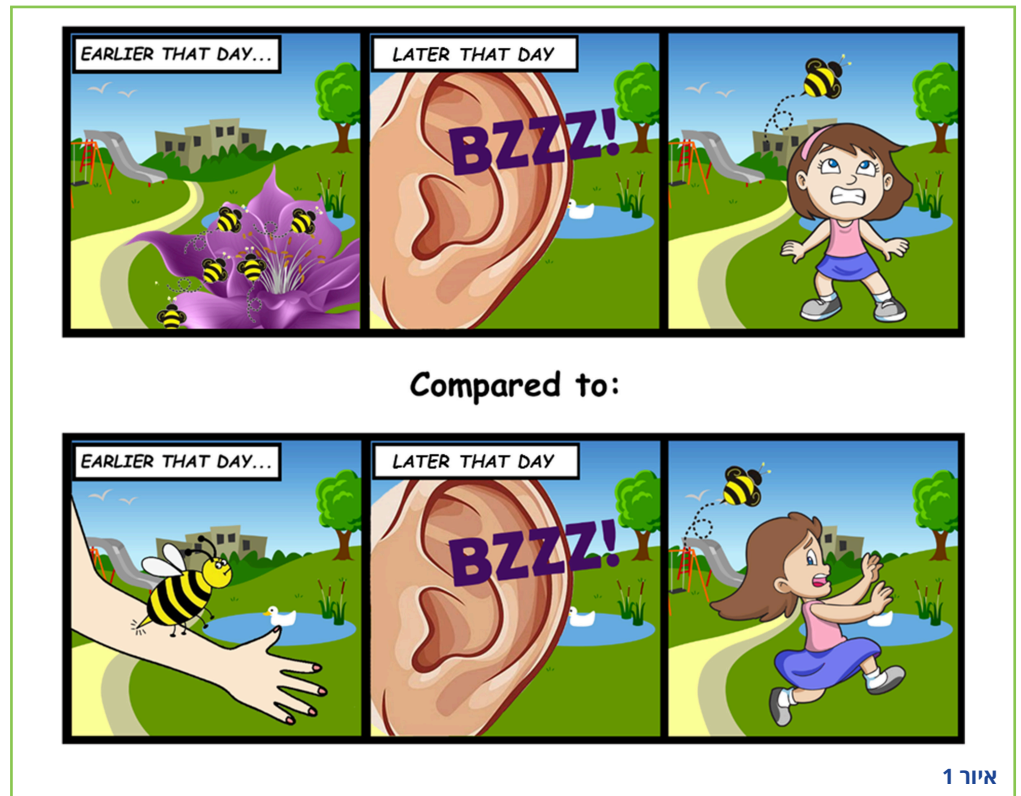
סוקרים צעירים

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



איור 1

תגובתנו לנסיבות מפחידות יכולה להיות מושפעת מאירועים אחרונים שהתרחשו. לדוגמה, אם אתם שומעים דבורים מזמזמות בקרבת מקום המוח שלכם עשוי לומר לשרירים שלכם לקפוא, בתקווה שהדבורים רק יתעופפו הלאה (שורה עליונה). אולם אם לאחרונה נעקצתם על-ידי דבורה, תגובת המוח שלכם ככל הנראה תהיה יותר דחופה – היא עשויה לומר לגוף שלכם לזוז ולשמור מרחק מהסכנה (שורה תחתונה).



איור 1

המוח מסייע לנו להיות בטוחים

דמיינו שאתם הולכים בפארק מלא בפרחים צבעוניים וחלק מהמעריצות הגדולות ביותר שלהם – דבורי דבש. לפתע, אתם שומעים זמזום של דבורה קרוב מאוד לאוזנכם. בלי אפילו לחשוב על כך השרירים שלכם מתקשחים ואתם קופאים במקומכם. אתם מוצאים את עצמכם קפואים ומקווים שהדבורים יתעלמו מכם וימשיכו להתעופף הלאה.

מה בדיוק קרה עכשיו?

טוב, אחד התפקידים החשובים ביותר של המוח שלכם הוא לשמור עליכם. מתישהו בעברכם למדתם שני דברים: ראשית, דבורים יכולות לעקוץ! ושנית, דבורים מזמזמות. לכן, כשהאוזניים שלכם מזהות את צליל זמזום הדבורים, קופצים במוחכם פעמוני אזהרה. המוח שלכם הגיב באמצעות שליחת מסר קפיאה לשרירים שלכם כך שהדבורים בתקווה ימשיכו הלאה. ואפילו לא הייתם צריכים לחשוב על זה... די מגניב!

כעת דמיינו משהו קצת שונה. אתם לוקחים את אחר הצהריים לטייל באותו הפארק אולם מוקדם יותר באותו הבוקר דבורה עצבנית עקצה אתכם ביד – וזה כאב! לכן כעת כשאתם שומעים דבורים מזמזמות בפארק, האם המוח שלכם, שתפקידו להגן עליכם, פשוט יגיד לגוף שלכם לקפוא במקום? ממש לא! עקיצת הדבורה הכואבת האחרונה עדיין טרייה בזיכרונכם. לכן, במקום לקפוא במקום סביר יותר שהמוח שלכם יגיד לגוף שלכם להימלט על נפשו אל מחוץ לפארק הכי מהר שניתן! (איור 1).

קפיאה ובריחה הן תגובות נורמליות שהמוח שלכם עשוי לבחור בהן כדי לשמור עליכם בטוחים מסכנה. במהלך שני הטיולים שלכם בפארק זמזום הדבורים התריע את המוח שלכם שסכנה עלולה להיות בקרבת מקום. הגוף שלכם מגיב אחרת כתלות בגודל הסכנה, בדוגמה הזו, אם נעקצתם מוקדם יותר באותו הבוקר. זה יהיה דומה לאופן שבו אתם עשויים להגיב אחרת לבריון, כתלות במפגשים האחרונים איתו, או לתגובה שלכם במהלך רעידת אדמה, כתלות בהאם חוויתם רעידת אדמה קודם לכן. השאלה היא כיצד המוח שלכם יודע איזו תגובה הכי טובה כדי לשמור עליכם בטוחים?

למה משנה לנו מה המוח עושה

מדענים שחוקרים את המוח, שנקראים **מדעני המוח**, רוצים להבין כיצד המוח מסייע לנו להגיב כשאנו פוחדים. אחת הסיבות לכך שחשוב להבין את זה היא בגלל שחלק מהאנשים מגיבים לפחד יתר על המידה באופן טבעי. פחד רב מדי הוא רע מאחר שהוא יכול למנוע מאיתנו ליהנות או לעשות דברים חשובים. לדוגמה, אם מישהו פוחד יותר מדי מזמזום של דבורים הוא עשוי להפסיק ללכת יותר לפארק! אולם כוונת תגובת הפחד של המוח הוא מאחר שאנו עדיין רוצים שאנשים יחוו פחד מסוים, כך שהם יוכלו לזהות סכנה ולא להיפגע. לכן, באמצעות הבנה של אלה אזורים במוח אומרים לנו לקפוא במקום ואלה אזורים אומרים לנו לרוץ, מדעני מוח יכולים להתחיל להבין כיצד לסייע לאנשים שמגיבים באופן בלתי תקין לסיטואציות מפחידות.

חיות מעבדה מסייעות לנו להבין התנהגות אנושית

מדעני מוח רבים כמוני צריכים סיוע של חברים פרוותיים – במקרה הזה החולדה – כדי ללמוד על המוח. לחולדות יש מוחות דומים באופן מפתיע לשלנו. חולדות מתנהגות דומה מאוד לנו במצבים מפחידים: כשחולדה פוחדת היא לעיתים קופאת במקום ולעיתים רצה. לכן, שימוש בחולדות במעבדה יכול לסייע לנו להבין כיצד המוח מגיב בזמן מצבים מפחידים כמו בדוגמה שלנו עם הדבורים באיור 1.

כעת, חולדות לא פוחדות כמוני מזמזום של דבורים (וקשה לגרום לדבורה לעקוץ לפי הזמנה!). במקום צליל של זמזום לימדנו את החולדות לפחד מקול של רעש פצפוף לבן (איור 2). רעש לבן בדרך כלל אינו מפחיד אולם אם החולדה שומעת את הרעש הלבן לפני שמשהו רע קורה, כמו למשל שוק חשמלי בכפה שלה, החולדה מהר מאוד תפחד מהרעש הלבן מאחר שהוא נהיה לסימן לסכנה. במילים אחרות, החולדה יודעת שהיא עשויה להתחשמל בכפה (ממש כמו עקיצה של דבורה) אחרי שהיא שומעת את הרעש הלבן (ממש כמו הזמזום). כיצד אתם חושבים שחולדות מעבדה מגיבות לרעש לבן מפחיד?

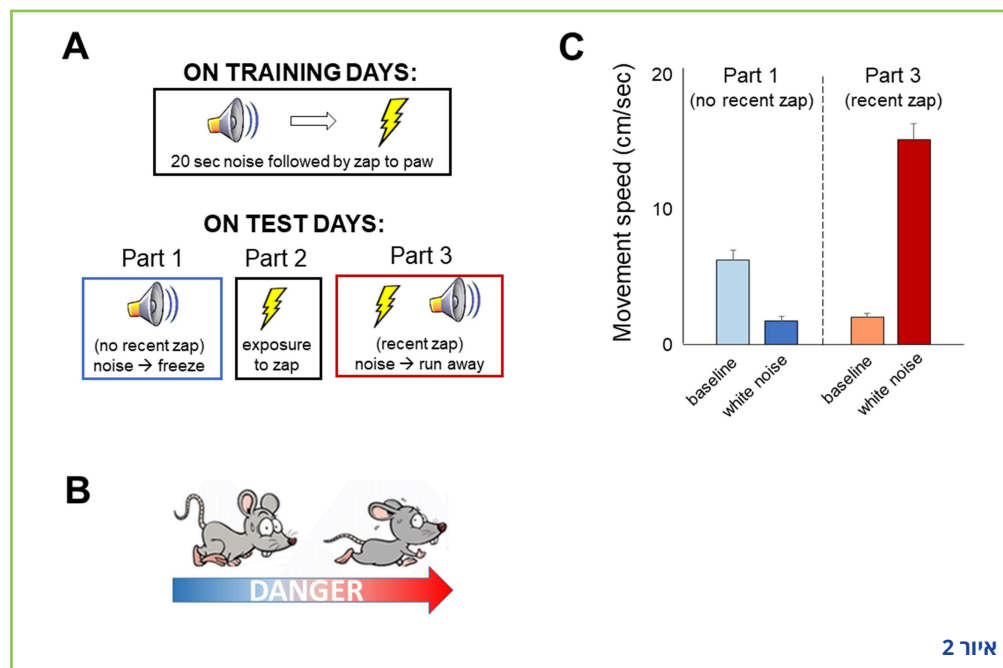
מסתבר שממש כמו בני אדם החולדות מגיבות לסכנה באמצעות קפיאה במקום או בריחה! וממש כמוני, החולדות לעיתים קופאות ולעיתים בורחות כתלות בסיטואציה. חולדות לעיתים קרובות קופאות כשהן שומעות את הרעש הלבן המפחיד. אולם גילינו שאם הכפה של החולדה חושמלה באותו היום, במקום לקפוא היא תברח (איורים 2B,C) [1]. לכן, באותה הסיטואציה החולדה תקפא או תברח כתלות בגודל הסכנה שהיא קולטת. זה למעשה כמו עקיצת דבורה שתגרום לכם לברוח במקום לקפוא כשתשמעו זמזום! לכן, הסיטואציה של חולדות שמגיבות לרעש לבן מושלמת עבורנו במטרה לחקור כיצד המוח אומר לגוף להגיב כשהסכנה קרובה,

מדען מוח (Brain researcher)

מדען שחוקר את המוח ואת מערכת העצבים.

איור 2

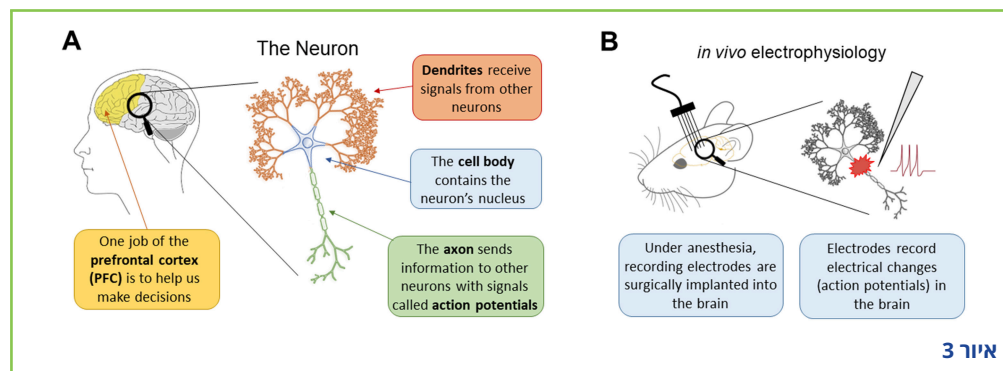
אנו משתמשים בחולדות כדי לחקור כיצד המוח שלנו מסייע לנו להישאר מוננים מסכנה. (A) חולדות אומנו לדעת שרעש לבן מסיים משמעותו שהן עלולות לקבל שוק חשמלי בכפה שלהן. (B) ממש כמו בני אדם, חולדות משנות את התגובה שלהן לסיטואציות מפחידות כתלות בגודל הסכנה שהן קולטות. (C) כשחולדות מאומנות לא קיבלו שוק חשמלי לאחרונה הרעש הלבן גורם לגוף שלהן להאט (לקפוא) בהשוואה למהירות שבה הן מסתובבות באופן רגיל ("baseline"). אולם אחרי שהן חושמלו החולדות רצות בתגובה לרעש הלבן במקום לקפוא במקום.



איור 2

איור 3

(A) חקרנו אזור במוח שנקרא קליפת המוח הקדם-מצחית (PFC - prefrontal cortex), אשר מסייע לנו לקבל החלטות, כדי לראות אם תאי המוח (תאי עצב) שם מסייעים לנו להחליט אם לקפוא או לברוח במצב של סכנה. (B) תאי עצב מתקשרים באמצעות פוטנציאלי פעולה שיכולים להירשם בזמן שחולדות מתרוצצות. השיטה הזו נקראת אלקטרופיזיולוגיה אין ויו (*in vivo*). אנו רשמנו פוטנציאלי פעולה בחולדות מאומנות בזמן שהן נתקלו ברעש לבן כדי לסייע לנו להבין כיצד תאי עצב מתקשרים זה עם זה בזמן סכנה. המוח שלנו דומה מאוד למוח של חולדות, אז אנו יכולים להשתמש במידע הזה כדי להבין כיצד המוח שלנו מסייע לנו להישאר בטוחים.



איור 3

מאחר שאנו יכולים להשתמש בזה כדי להשוות את הפעילות המוחית במהלך קפיאה (סכנה קטנה) לפעילות המוחית במהלך בריחה (סכנה גדולה).

חקירת המוח

אמרתי לכם שבמוח ישנם תאים מיוחדים שנקראים **תאי עצב** שפועלים יחד כדי לסייע לנו לחשוב ולפעול (איור 3A). ישנם הרבה סוגים של תאי עצב במוח, שיש להם תפקידים רבים. סוג אחד של תפקיד של תא העצב הוא להתנהג כמו שעון מעורר - לחלוק מידע על רעשים שלמדנו לפחד מהם, כמו זמזום של דבורים. תאי העצב האלה יכולים להימצא באזור במוח שנקרא האמיגדלה. מדעני מוח מבינים לא מעט על האופן שבו "פעמוני האזעקה" האלה מקבלים מידע מאיברי החישה שלנו, כמו למשל האוזניים והעיניים. אולם מדענים לא יודעים בוודאות עדיין כיצד תאי העצב שמהווים פעמוני אזעקה מעבירים מידע לתאי עצב אחרים ששולטים על תנועות הגוף שלנו. לכן, המעבדה שלי עיצבה ניסויים שיעזרו לנו להבין את זה.

תא עצב (נוירון - Neuron)

תא במערכת העצבים שמתמחה בהעברת מידע לתאים אחרים.

פוטנציאל פעולה (Action potential)

האות החשמלי שמשמש תאי עצב לשם העברת מידע.

אלקטרופיזיולוגיה אין ויו (in vivo) Electrophysiology

שיטה למדידת הפעילות של תאי עצב בחיה במהלך התנהגויות שונות.

תאי עצב מתקשרים זה עם זה באמצעות אותות חשמליים שנקראים **פוטנציאל פעולה**. במהלך פוטנציאל פעולה נשלח אות חשמלי מהגוף של תא העצב למטה אל האקסון שלו, אשר גורם לכימיקלים שנקראים מוליכים עצביים (נוירוטנסמיטרים) להשתחרר. המוליכים העצביים האלה מגיעים אל הדנדריטים של תא העצב הבא כדי להעביר את ההודעה מתא העצב הראשון. אתם יכולים לחשוב על פוטנציאל פעולה כתאי עצב שכוחים הודעה לתאי עצב שכנים. אנו גם מתייחסים לפוטנציאל פעולה כ-“ספייקים” או “ירי”.

במעבדה שלי אנו משתמשים בציוד מיוחד כדי להאזין לפוטנציאל פעולה בזמן שחולדות מתרוצצות, קצת כמו ציטוט לשיחת טלפון. השיטה הזו נקראת **אלקטרופיזיולוגיה אין ויו (In vivo)**. “In vivo” משמעו בתוך יצור חי, “אקלטרו” מתייחס לזרם חשמלי ו-“פיזיולוגיה” מתייחס לחקירת אופן התפקוד של האורגניזם. כדי לערוך ניסויים של אלקטרופיזיולוגיה אין ויו, אנו יכולים להטמיע בזהירות אלקטרודות בתוך המוח בזמן שהחולדה תחת חומרי הרדמה (איור 3B). ברגע שהחולדה התאוששה לחלוטין מהניתוח, האלקטרודות האלה חשות שינויים חשמליים במוח, ובסיועם של מחשבים אנו יכולים לרשום את פוטנציאל הפעולה שמתרחשים במהלך כמעט כל פעילות שהחולדה שלנו מבצעת. מה שבאמת מגניב זה שממש כמו אצל בני אדם לתאי עצב שונים יש “קולות” שונים, כך שאנו יכולים לעקוב אחרי מה שהרבה תאי עצב “אומרים” באותו הזמן. זה מלהיב לגמרי מאחר שבאותו הזמן שאנו יכולים לשמור את התקשורת של תאי העצב אנו גם יכולים לראות מה החולדה עושה ולהתחיל להבין אלה תאי עצב צועקים “קפאוי!” אלה צועקים “ברחי!” (איור 4).

אם תא עצב הופך לרועש כל פעם שחולדה שומעת רעש לבן מפחיד אנו יכולים להניח שתא העצב פועל כמו פעמון אזעקה ומתריע לשאר המוח על סכנה פוטנציאלית. אולם אם תא עצב אחר שקט כשהחולדה קופאת ונעשה רועש רק שהיא בורחת, אנו יכולים לומר שתא העצב אחראי על שליחת הודעת “ברחי!”. זיכרו, זיהוי של אלה תאי עצב אומרים לכם לפחד ואלה אומרים לגוף שלכם לקפוא או לברוח עשוי לסייע ליצור טיפולים טובים יותר לאנשים עם פחד רב מדי. לדוגמה, מישהו שפחד מדי (מישהו שבורח מהפארק אפילו שהוא מעולם לא נעקץ על-ידי דבורה) עשוי להתירם מטיפול שמשקט את תא העצב של הבריחה כך שתאי העצב של הקפיאה יישמעו.

כעת, לתגליות שלנו!

ניסויים קודמים ממעבדות אחרות גילו שהאמינגדלה (אזור במוח שבו נמצאים תאי העצב שמהווים פעמוני אזעקה שהזכרנו קודם) חשובה לסייע לנו להרגיש רגשות כמו פחד. אולם אנו רוצים לדעת כיצד המוחות שלנו מסייעים לנו להחליף בין תגובות שונות לסיטואציות מפחידות, אז תהינו מה תאי העצב עושים באזורי קבלת החלטות במוח בזמן חוויית פחד. אם כן, כשהחולדות שלנו קפאו או ברחו במהלך רעש לבן מפחיד הקשבנו לעשרות רבות של תאי עצב **בקליפת המוח הקדם-מצחית (PFC)**, אזור במוח שמסייע לחולדות וגם לבני אדם לקבל החלטות. ושם מצאנו תאי עצב שעושים משהו מיוחד! מצאנו קבוצה של תאי עצב שנעשו דברנים מאוד כשהחולדות קפאו בתגובה לרעש לבן אולם היו שקטים מאוד בזמן שהחולדות ברחו. קבוצה אחרת לגמרי של תאי עצב נעשתה דברנית מאוד כשהחולדות ברחו מהרעש הלבן אולם התאים היו די שקטים כשהחולדות קפאו. חשוב לציין שתאי העצב ב-PFC

קליפת המוח הקדם-מצחית (PFC - Prefrontal Cortex)

אזור באונה הקדמית במוח שמסייע לנו לקבל החלטות.

איור 4

רשמנו תאי עצב מתקשרים ב-PFC של החולדות המאומנות שלנו בזמן שהן נתקלו ברעש הלבן, גם לפני וגם אחרי שהן חושמלו. גילינו שחלק מתאי העצב היו פעילים מאוד בזמן שהחולדות קפאו בתגובה לרעש הלבן, אולם לא כשהן ברחו. מצאנו גם תאי עצב אחרים שעשו את ההיפך – הם היו פעילים מאוד כשהחולדות הגיבו לרעש הלבן על-ידי בריחה, אולם לא כשהן קפאו. משמעות הדבר היא שיכולות להיות שתי קבוצות שונות של תאי עצב ב-PFC שמסייעות לנו לקפוא במקום או לברוח כשאנו ניצבים מול סכנה, כתלות בעד כמה הסיטואציה מפחידה.



איור 4

שתקשחו במהלך הקפיאה או הבריחה נעשו רועשים רק במהלך אחת התגובות (קפיאה או בריחה) ולא בתגובה השנייה [2].

אם כן, מה כל זה אומר?? נדמה שתאי העצב ב-PFC אינם מתנהגים כמו פעמוני אזעקה אחרי הכול, מאחר שבמקרה הזה הם היו צריכים להיות רועשים גם במהלך קפיאה וגם במהלך בריחה. אולם קבוצות שונות של תאי עצב ב-PFC שולחות הוראות מסוימות מאוד או לקפוא או לברוח. לכן, כשהמוח שלכם מרגיש שאתם בסכנה כשאתם שומעים זמזום בפארק, קבוצת תאי עצב צועקת "קפאו!" והגוף שלכם מיד נשאר דומם כך שהדבורים לא יוכלו להבחין בכם. אולם אם כבר נעקצתם בפארק, קבוצת תאי עצב אחרת צועקת "רוצו!" כדי לסייע לכם לנוס על נפשכם הרחק מהפארק ולהימנע מהדבורים הכועסות האלה [2, 3].

כעת, אנו יודעים שתאי עצב ב-PFC מתקשרים עם תאי עצב אחרים בכל המוח. מדעני מוח רבים אחרים מצאו ראיות לכך שאזורים אחרים במוח כמו האמיגדלה (היכן שאפשר למצוא את תאי העצב שמהווים פעמוני אזעקה) חשובים לרגשות כמו פחד. ומדעני מוח גם יודעים שה-PFC יכול לווסת רגשות באמצעות תקשורת עם האמיגדלה. אולם הממצאים שלנו מראים, בפעם הראשונה, שקבוצות של תאי עצב ב-PFC מקדמות סוגים שונים של התנהגויות, באופן כללי לא רק של פחד.

אלה חדשות נהדרות. זיכרו, מדעני מוח יודעים הרבה על האופן שבו האוזניים שלנו שולחות מידע על זמזום של דבורים למוח שלכם כדי להתריע אתכם מפני סכנה. אולם מה שלא ידוע הוא אלה תאי עצב מסייעים לנו להחליט מה לעשות. הניסוי שלנו הראה שב-PFC לקבוצות של תאי עצב יש תפקידים מסוימים מאוד – קבוצה אחת אומרת לנו לקפוא וקבוצה אחרת אומרת לנו לברוח במהלך סכנה גדולה [2]. אלה חדשות מצוינות עבור אנשים שפחדים יתר על המידה מאחר שיום אחד תרופות שמשיפיעות על ה-PFC עשויות להיות מסוגלות להשקיט את

תאי העצב של הבריחה ולאפשר לתאי העצב של הקפיאה לתקשר באופן רגיל – כך שאנשים יוכלו לחוות את כמות הפחד הנכונה שנדרשת כדי לשמור עליהם!

כמובן שנותרו הרבה דברים ללמוד. לדוגמה, איננו יכולים פשוט לכבות את תאי העצב של הבריחה שלנו מאחר שלפעמים אנו צריכים להיות מסוגלים לברוח מסכנות כמו דבורים כועסות. איננו יודעים גם עדיין אלה תאי עצב אומרים לקבוצות של הבריחה ושל הקפיאה לפני כמה זמן נעקצתם בפארק. דבר אחד בטוח – מאחר שה-PFC מכיל קבוצות של תאי עצב עם תפקידים מיוחדים שצריכים להתבצע בזמן סכנה, ה-PFC עשוי להיות האזור במוח שאינו פועל באופן תקין אצל אנשים עם חרדה. אם כן, אנו נמצאים צעד אחד קרוב יותר לקראת יצירת טיפולים טובים יותר עבור אנשים רבים מאוד שזקוקים להם.

תודות

אנו מודים ל-Shawn Yang ול-Cat Durden על תרומתם האומנותית לאיור 4. תודה נוספת ל-Dr. H. Tad Blair, אשר הגה את המודל ההתנהגותי ואת המחקר המקורי שהמאמר הזה מבוסס עליו.

מאמר המקור

Halladay, L. R., and Blair, H. T. 2015. Distinct ensembles of medial prefrontal cortex neurons are activated by threatening stimuli that elicit excitation vs. inhibition of movement. *J. Neurophysiol.* 114:793–807. doi: 10.1152/jn.00656.2014

מקורות

1. Tarpley, J. W., Shlifer, I. G., Halladay, L. R., and Blair, H. T. 2010. Conditioned turning behavior: a pavlovian fear response expressed during the post-encounter period following aversive stimulation. *Neuroscience.* 169:1689–704. doi: 10.1016/j.neuroscience.2010.06.046
2. Halladay, L. R., and Blair, H. T. 2015. Distinct ensembles of medial prefrontal cortex neurons are activated by threatening stimuli that elicit excitation vs. inhibition of movement. *J. Neurophysiol.* 114:793–807. doi: 10.1152/jn.00656.2014
3. Halladay, L. R., and Blair, H. T. 2017. Prefrontal infralimbic cortex mediates competition between excitation and inhibition of body movements during pavlovian fear conditioning. *J. Neurosci. Res.* 95:853–62. doi: 10.1002/jnr.23736

פורסם אונליין: 22 ביוני 2021

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

ציטוט: Halladay LR (2021) היזהרו! כיצד קבוצות של תאי מוח מסייעות לשמור עלינו בטוחים מפגיעות. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2019.00063-he

תורגם והותאם:

Halladay LR (2019) Look Out! How Teams of Brain Cells Help Keep Us Safe From Harm. Front. Young Minds 7:63. doi: 10.3389/frym.2019.00063

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

COPYRIGHT © 2019 © Halladay 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

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

הסוקרים הצעירים של Explora 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! נעזרנו במנטורית המדעית שלנו, Jennifer Walter. היא בדיוק קיבלה את הדוקטורט שלה בניורופסיכולוגיה של ילדים. היא נהנית לעבוד עם ילדים, לשחק עם הכלבה שלה ולנסות לבשל מתכונים חדשים.

הכותבת

LINDSAY R. HALLADAY

אני פרופסורית לפסיכולוגיה ולמדעי המוח באוניברסיטת סנטה קלרה בקליפורניה. אני חוקרת כיצד תאי עצב ומעגלים במוח מייצרים התנהגות, ואני מתעניינת במיוחד באופן שבו לקויות תפקוד במוח יכולות להוביל להתנהגות אבנורמלית. *lhalladay@scu.edu



Hebrew version
provided by

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

