



מוזיקה: הדבר האחרון שאנו שוכחים

Francine Foo^{1,2*†}, Elizabeth L. Johnson^{1,3*†}

¹מכון Helen Wills למדעי המוח, אוניברסיטת קליפורניה, ברקלי, ברקלי קליפורניה, ארצות הברית
²קבוצת ביופיזיקה לתארים מתקדמים, אוניברסיטת קליפורניה, ברקלי, ברקלי קליפורניה, ארצות הברית
³המחלקה לפסיכולוגיה, אוניברסיטת קליפורניה, ברקלי, ברקלי קליפורניה, ארצות הברית

סוקרת צעירה



These authors have[†]
contributed equally to
this work.

האם תהיתם פעם מה קורה במוח שלכם כאשר אתם חושבים על השירים האהובים עליכם? במחקר שבוצע לאחרונה התגלה אזור במוח שפעיל כאשר אנו מאזינים למוזיקה שאנו מכירים. אזור זיכרון מוזיקלי זה מופרד מחלקי המוח אשר מְשַׁמְשֵׁים לזכירת דברים שלמדתם בבית הספר או פרטים על אירועים שקרו בחייכם. במאמר זה נִרְאָה לכם היכן במוח נמצא אזור הזיכרון המוזיקלי, ומדוע לעיתים קרובות הזיכרון למוזיקה עמיד בפני מחלות מוח הגורמות לאובדן זיכרון.

הזיכרון שלנו למוזיקה

נסו את התרגיל הפשוט הזה: גשו לספריית המוזיקה שלכם, בחרו שיר ונגנו את 3 השניות הראשונות שלו. העניקו לעצמכם נקודה אחת אם אתם מסוגלים לשיר או לזמזם את 5 השניות הבאות של השיר. חזרו על התרגיל עם 20 שירים. בכמה נקודות זכיתם? לא נופתע אם זכיתם ביותר מ־15 נקודות. עכשיו, חשבו על מה שעשיתם זה עתה. ללא כל מאמץ נזכרתם במנגינה, בקצב ואולי אפילו במילים של יותר מ־15 שירים, בזמן קצר. מדובר בנתונים רבים שהצלחתם לאסוף ממוחכם, בקלות!

למוחות שלנו יכולת יוצאת דופן ליצור זיכרונות של מוזיקה, לאחסן אותם ולשלוף אותם גם אם איננו מודעים לכך. למשל, אם אתם שומעים שיר קליט, סביר להניח שתהיו מסוגלים לזכור חלקים ממנו גם אם חלפו כמה ימים. אחרי שתשמעו את השיר הזה כמה פעמים, ייתכן שתדעו אותו בעל פה. חשבו על המאמץ הרב יותר הנדרש ללמידת מידע מספרי לימוד או לזכירת פרטים על אירועים יומיומיים בחייכם. מה שמסקרן עוד יותר הוא שנראה כי זיכרונות מוזיקליים משתמרים היטב אצל אנשים הסובלים מאִמְנְזִיָה (שיִכְחוֹן) – זהו המונח הרפואי לאובדן הזיכרון.

בספרו המפורסם "מוזיקופיליה", ד"ר אוליבר סאקס מספר את סיפורו של המוזיקאי והמוזיקולוג (כלומר, מומחה החוקר מוזיקה) קלייב וורינג (Clive Wearing), שלא הצליח להחזיק זיכרון כלשהו "לזמן ארוך יותר מאשר הרף עין" ([1], פרק 15), לאחר שסבל מדלקת מוח הרסנית הנקראת הרפס אנצפליטיס. מר וורינג גם לא היה מסוגל לזכור פרטים מְעַבְרוֹ, אבל הוא היה יכול לנגן בפסנתר יצירות מוזיקליות מהזיכרון ולמלמל את המנגינה בעודו מנצח על מקהלה. המקרה של מר וורינג אינו ייחודי – גם אצל אנשים שאינם מוזיקאים, הסובלים משיכחון חמור, נותרים זיכרונות מוזיקליים ([1] פרק 29). אם כך, מה מיוחד כל כך ביכולת של בני אדם אלה לזכור מוזיקה, גם כאשר הם אינם זוכרים כמעט כל דבר אחר? במאמר זה נראה לכם היכן במוח ייתכן שמיוצגים הזיכרונות המוזיקליים, ואיך ייתכן שהם שורדים, בעוד שזיכרונות אחרים אובדים.

במה שונים זיכרונות מוזיקליים מזיכרונות אחרים לטווח ארוך?

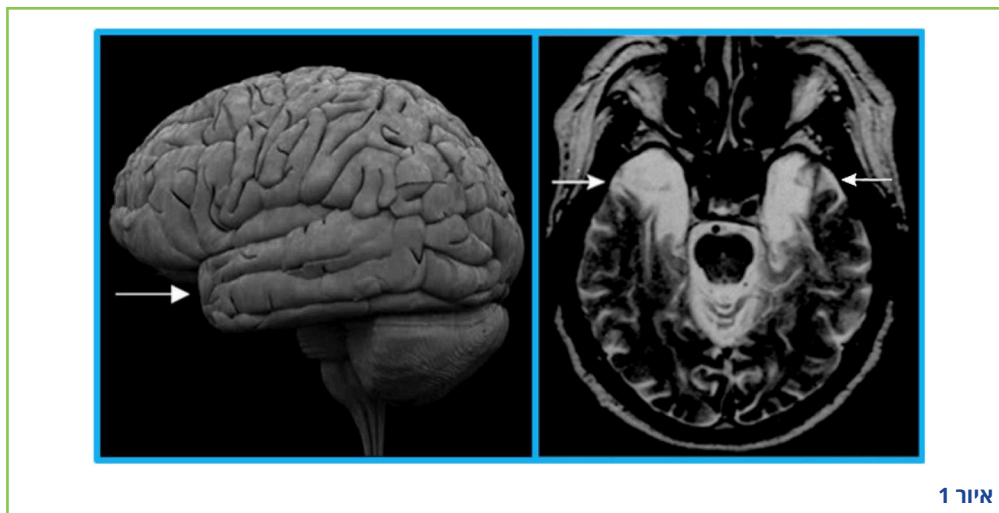
כדי ליצור זיכרונות לטווח ארוך (כלומר חוויות אישיות ומידע) ולשלוף אותם, אזורי מוח רבים פועלים יחדיו ליצירת רשת מתואמת שמשדרת מידע מאזור אחד של המוח לאחר. למשל, כאשר אתם זוכרים איך נראה משהו שראיתם מוקדם יותר באותו יום, אתם עושים שימוש באִנְה העורפית, המעורבת בראייה. כאשר אתם זוכרים על מה חשבתם קודם לכן, או תוהים כיצד דבר כלשהו שקרה היה יכול לקרות אחרת, אתם עושים שימוש באונה המצחית (שחשובה עבור חשיבה). כאשר אתם זוכרים רגעים אחרים בחיים, כגון העבר שלכם (או כאשר אתם חושבים על עתידכם), אתם עושים שימוש בחלקי מוח רבים, כולל שתי האונות, הרקתית והמְצָחִית [2, 3]. כל הייצוגים השונים האלה מתחברים יחד באזור מסוים במוח הנקרא היפוקמפוס, אשר ממוקם באונות הרקתיות, ליצירת זיכרון.

דלקת המוח של מר וורינג הרסה את ההיפוקמפוס שלו ואת אזורי המוח הסמוכים, דבר שגרם לשיכחון. גם החולה המפורסם הנרי מולייסון (Henry Molaison), המְכָר בראשי התיבות של שמו H.M., סבל מאובדן זיכרון חמור עקב ניתוח שבו הסירו הרופאים את ההיפוקמפוס ואת קצות האונות הרקתיות שלו (ראו איור 1). על-ידי חקירת המקרים של מר וורינג, של H.M. ושל אחרים שסבלו משיכחון, אנו יכולים להסיק כי ההיפוקמפוס ואזורים הסמוכים לו של האונה הרקתית חיוניים ליצירת זיכרונות לטווח ארוך, ולגישה אליהם.

מצב נוסף שגרם נזק להיפוקמפוס ולאזורי מוח סמוכים של האונה הרקתית הוא דְמְנְצִיָה (קְהִיוֹן) – תסמונת שמשפיעה על הזיכרון, על החשיבה ועל היכולת לתקשר עם אנשים אחרים. לאט-לאט, היכולות הקוגניטיביות של אנשים הסובלים מקיהיון מתדרדרות. זה מתחיל משיכחון קל, ובהדרגה במהלך שנים רבות מצבם מחמיר, עד לנקודה שבה הם אינם יכולים עוד לטפל

איור 1

המוח של החולה H.M אחרי ניתוח האונות הרקתיות. התמונה משמאל מראה מבט צד על החלק החיצוני של המוח. החץ מצביע על קצה האונה הרקתית. התמונה מימין מראה חתך של המוח של H.M, במבט מלמטה למעלה. החצים מצביעים על החלקים הבהירים של האונות הרקתיות שלו, שמלאות בנוזל, אחרי הסרת רקמת המוח. ללא אזורים אלה של האונות הרקתיות, H.M לא היה מסוגל לייצר זיכרונות חדשים או לשלוף זיכרונות או אירועים שקרו במהלך השנים, עד לניתוח שלו. הותאם ממקור [2], באישור.



איור 1

בעצמם [3]. ככל שהמחלה מתקדמת נפר יותר ויותר נזק במוחם באזורים האחראיים לחשיבה על עצמם כגון האזורים הרקתיים, המצחיים ואחרים [2-4].

ובכל זאת, למרות אובדן זיכרון משמעותי ואפילו אובדן ידע לגבי זהותם, באנשים הסובלים מקהיון ניכר זיכרון משמעותי למוזיקה [1], פרק 29). הזיכרונות המוזיקליים שלהם שורדים איכשהו למרות הנזק הנרחב במוח, גם כאשר זיכרונות לטווח רחוק אחרים אינם שורדים. האם ייתכן כי זיכרונות מוזיקליים מעבדים במקום אחר במוח, באזור נפרד מרשת האזורים המעורבים בזיכרון לטווח רחוק?

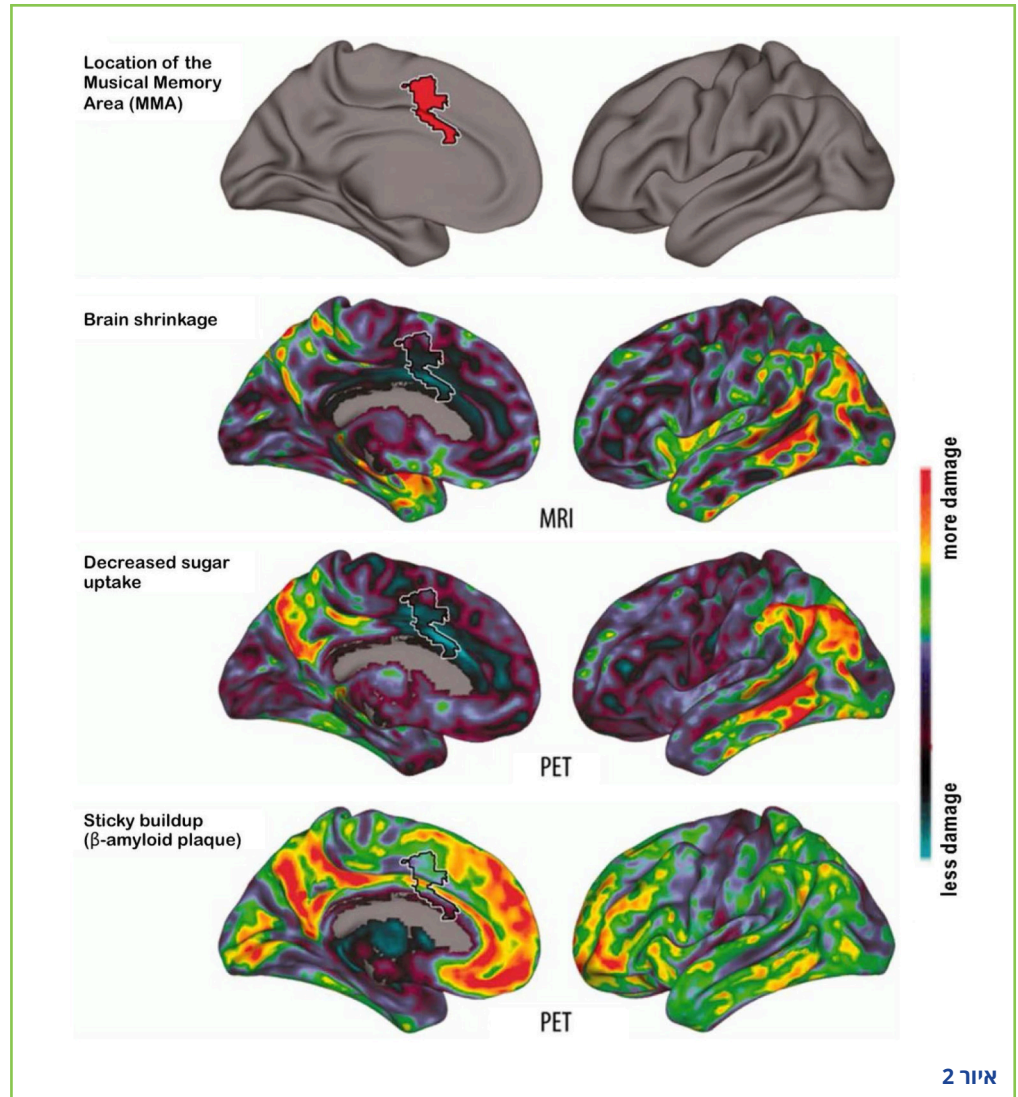
כדי להשיב על שאלה זו חוקרים תיעדו את תגובות המוח של 32 מבוגרים בריאים, בזמן שהאזינו לקטעי מוזיקה שנבחרו בקפידה – יצירות מוזיקליות מפורסמות מאוד, מוכרות אך חדשות, או לא מוכרות כלל [5]. קטעי המוזיקה המוכרים מאוד שנבחרו היו בעשרת המקומות הראשונים בין השנים 1977 ו-2007, וכן שירי ילדים ושירים ישנים. השירים הבלתי מוכרים נבחרו על-ידי בחינת הרגלי השמיעה של אנשים והבחירות שלהם באמזון ובפנדורה. שעה לפני סריקת המוחות של משתתפי המחקר הם שמעו פעמיים חצי מהשירים מקבוצת הבלתי מוכרים, כדי שקבוצה זו תהיה קבוצת ה"מוכרים רק לאחרונה".

החוקרים ראו ששני אזורי מוח מסוימים הנקראים האזור הקדם-מוטורי הגנחוני ואזור פיתול החגורה הקדמי היו פעילים באופן משמעותי כאשר המשתתפים שמעו שירים מוכרים מאוד, יחסית לשירים מוכרים רק לאחרונה או בלתי מוכרים כלל.

אזורי מוח אלה מוצגים באדום בשורה העליונה של איור 2. נוסף על כך מחשב יכול לחזות באופן מדויק אם שיר מסוים מוכר מאוד, מוכר רק לאחרונה או בלתי מוכר כלל, רק על-ידי ניתוח דפוסי פעילות המוח באזורים אלה. סך הכול, תוצאות מחקר זה מעידות על "אזור זיכרון מוזיקלי" ("Musical Memory Area" – MMA) שמאפשר לנו לזכור את השירים האהובים עלינו. חשוב מכך, אזור MMA זה נפרד מההיפוקמפוס ומהאונה הרקתית, הידועים לנו כאחראים לתפקודי הזיכרון לטווח רחוק.

איור 2

“אזור הזיכרון המוזיקלי” ועמידותו בפני מחלת האלצהיימר (AD). איור זה מראה את המוח כאילו נחתך באמצע, וחצי שמאל הופך מחצי ימין. כל שורה מראה תמונה של הצד השמאלי של המוח במבט מבפנים (שמאל) ובמבט מבחוץ (ימין). השורה העליונה מראה את “אזור הזיכרון המוזיקלי” (MMA) באדום; אזור זה נמצא גם באותה נקודה בצד הימני של המוח, שאינו מוצג באיור זה. בשורות השנייה, השלישית והרביעית ה־MMA מוצג עם גבול לבן או שחור (תצטרכו להסתכל ביתר תשומת לב כדי לראות זאת). השורות השנייה, השלישית והרביעית מראות שלושה סוגים של נזק הנגרם למוח של חולי אלצהיימר (AD): התכווצות המוח, הפחתה בקליטת הגלוקוז (סוכר) והצטברות של משקע דביק. תוכלו לראות את מידת הנזק בסולם הצבעוני שממין – כחול מסמן את מידת הנזק הפחותה ביותר, ירוק מסמן מידת מה של נזק וכתום מסמן את מידת הנזק הרבה ביותר. בהשוואה לאזורי מוח אחרים, אזור ה־MMA מראה הכי פחות נזק של התכווצות ושל חוסר בגלוקוז (מסומן בכחול). הותאם ממקור [5], באישור.



איור 2

מדוע ייתכן שזיכרון מוזיקלי יישמר בחולי אלצהיימר?

עכשיו, אחרי שזיהינו את ה־MMA, בואו נתמקד במה שקורה במוחות של אנשים הסובלים מאלצהיימר (AD). מחלת האלצהיימר היא קהיון בצורה הנפוצה ביותר, פוגעת בדרך כלל באנשים בגיל של ה־65 שנים שלכם. אנשים הסובלים מאלצהיימר מתחילים לאבד את הזיכרונות שלהם לגבי מי הם, איפה הם היו ומה הם עשו. בשלבים מאוחרים יותר של המחלה, הם מאבדים את יכולתם לדבר, לבצע מטלות יומיומיות פשוטות, לתכנן, לפתור בעיות ולתקשר טוב עם אנשים אחרים. במילים אחרות, מחלת האלצהיימר מתקדמת מעבר לשיכחון, ומשפיעה על הַרְגָּשׁוֹת של החולים ועל היכולת שלהם לדעת מי הם, ולבסוף – משפיעה על כל היבט בחייהם [2, 3].

כדי לאבחן אלצהיימר רופאים בודקים כמה תסמינים במוח, הכוללים [4]:

- (1) התכווצות המוח בגלל מוות של תאי מוח;
- (2) עלייה בכמות המשקע הדביק (משקע של β -עמילואיד) הגורם לתאי המוח למות;

(3) קליטת גלוקוז (כלומר סוכר) במידה מופחתת, כלומר המוח אינו צורך מספיק סוכר כדי לתפקד כראוי.

כדי להסתכל על אזורי מוח שהתכווצו רופאים משתמשים בשיטה הנקראת דימות תהודה מגנטית (MRI) לצורך סריקה של המוח. כדי לראות את האזורים במוח שבהם יש משקעים דביקים ו/או שאינם קולטים די סוכר רופאים משתמשים בשיטה אחרת הנקראת טומוגרפיית פליטת פוזיטרונים (PET) לצורך סריקה של המוח. אם תרצו ללמוד עוד על אלצהיימר ועל האבחון שלו, הסתכלו במקור [3].

זה מביא אותנו לשורות השנייה, השלישית והרביעית שבאיור 2. אחרי זיהוי ה־MMA במבוגרים צעירים ובריאים (השורה העליונה), עשו החוקרים סריקות MRI ו-PET ב־20 חולי אלצהיימר שלא קיבלו הכשרה מוזיקלית [5]. הם גילו שמידת התכווצות ה־MMA הייתה **הקטנה** ביותר, ושזור זה עדיין קיבל די סוכר כדי לתפקד כראוי (שורה שנייה ושלישית, איור 2). לרוע המזל, לאונות הרקתיות ולרשת אזורי המוח, המעורבים בזיכרון לטווח רחוק ובמוקדעות עצמית, אין כזה מזל. אזורים אלה אינם מסוגלים לצרוך מספיק סוכר, והם סובלים מהתכווצות. אם מחלת האלצהיימר פוגעת באזורים אלה וחסה על אזורי ה־MMA, הגיוני שזיכרונות מוזיקליים ישרדו, בעוד שזיכרונות לטווח ארוך, כמו גם רגשות וידיעה עצמית, אובדים.

מעניין שמידת המשקעים הדביקים ב-MMA לא הייתה נמוכה באופן משמעותי יחסית לאזורי מוח אחרים (שורה רביעית באיור 2) [5]. התקדמות אופיינית של מחלת האלצהיימר היא משקעים דביקים ← פחיתה בקליטת הסוכר ← התכווצות ברחבי המוח; הופעת המשקעים הדביקים מתרחשת לפעמים עוד טרם ניכרים תסמיני איבוד הזיכרון [4]. לכן, החוקרים טענו שה־MMA אינו מתנוון באותה מהירות כמו האונות הרקתיות ואזורי מוח אחרים האחראים לזיכרון לטווח רחוק. למעשה, ה-MMA נשמר היטב במהלך התקדמות מחלת האלצהיימר, ואלה אזורי המוח האחרונים שמתנוונים [4], אפילו כאשר מחלת האלצהיימר הרסה את רוב האזורים האחרים במוח.

מסקנות

זיהוי ה־MMA הוא ראייה מדעית חשובה המסבירה מדוע זיכרונות מוזיקליים שורדים גם כאשר שיכחון וקיהיון התמקמו במוח. כפי שתיאר ד"ר סאקס [1], נראה כי אנשים אשר איבדו את הזיכרון לטווח ארוך שלהם תקועים בזמן הווה, נשכח איבדו גישה למידע על עצמם, אך הם יכולים להפתיע אותנו בזיכרון המוזיקלי שלהם. אם זיכרונות מוזיקליים יכולים לשרוד אחרי שנגרם נזק להיפוקמפוס ולרשת אזורי המוח הרקתיים, המצחיים ואחרים, זיכרונות אלה שונים בהכרח מזיכרונות אחרים לטווח ארוך. זה מסביר מדוע ד"ר סאקס ראה כיצד "אנשים שקטים, מבזזים ומבלבלים מתלהבים ממוזיקה, מזהים אותה כמשהו מוכר ומתחילים לשיר ולהרגיש חיבור" ([1], פרק 29), ותמך בכוחה המוזר אבל הקסום של המוזיקה בחיינו.

תודות

אנו אסירי תודה לד"ר Robert Knight. אנו רוצים להודות גם ל-Keith Johnson, Rafael Nadal ול-BNP Paribas Open 2016, על ההשראה שנתנו להמשגת המאמר הזה.

מקורות

1. Sacks, O. 2008. *Musicophilia: Tales of Music and the Brain*. New York: Vintage Books.
2. Dickerson, B. C., and Eichenbaum, H. 2010. The episodic memory system: neurocircuitry and disorders. *Neuropsychopharmacology* 35(1):86–104. doi: 10.1038/npp.2009.126
3. Jagust, W. 2014. Dad can do time travel ... but grandpa can't! *Front. Young Minds* 2:18. doi: 10.3389/frym.2014.00018
4. Benzinger, T. L. S., Blazey, T., Jack, C. R., Koeppe, R. A., Su, Y., Xiong, C., et al. 2013. Regional variability of imaging biomarkers in autosomal dominant Alzheimer's disease. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110:E4502–9. doi: 10.1073/pnas.1317918110
5. Jacobsen, J. H., Stelzer, J., Fritz, T. H., Ch'telat, G., La Joie, R., and Turner, R. 2015. Why musical memory can be preserved in advanced Alzheimer's disease. *Brain* 138:2438–50. doi: 10.1093/brain/awv135

פורסם אונליין: 31 בינואר 2019

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

ציטוט: Foo F and Johnson EL (2019) מוזיקה: הדבר האחרון שאנו שוכחים. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2017.00005-he

תורגם והותאם:

Foo F and Johnson EL (2017) Music: The Last Thing We Forget. *Front. Young Minds* 5:5. doi: 10.3389/frym.2017.00005

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

COPYRIGHT © Foo and Johnson 2017. 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.

סוקרת צעירה

AMY, גיל: 8

אני אוהבת להתעמל ולשחק בטאבלט שלי. אימי פסיכולוגית ואבי עובד עבור חברה שמייצרת מכונות עבור מנתחי מוח. יש לי חברה שגם היא מנתחת מוח. יש לי אח קטן בן ארבעה חודשים וחצי. אני אוהבת את כל המשפחה שלי ואני אוהבת לקרוא.



הכותבים

FRANCINE FOO

בעודי תוהה לפעמים איך היו נראים חיי לוו הייתי פונה לקריירה בתחום המוזיקה, אינני מצטערת שהקדשתי את 6 השנים האחרונות לחקר המוזיקה. אני שואפת להבין איך מיליוני התאים שבמוח שלנו פועלים יחד בזמן שאנו קולטים צורת אומנות זו ונהנים ממנה, כך שהיא יכולה לגרום לנו להרגיש טוב ובאותו זמן לאלץ אותנו לקום על רגלינו ולרקוד. כשאיני עובדת קשה יש לי שאיפה חשאית להיות רקדנית ריקודים סלונים לטיניים מקצועית. *francinefoo@berkeley.edu

ELIZABETH L. JOHNSON

אני מוצאת זאת מדהים שהאיבר הזה שבראש שלנו יכול לגרום לנו להיות חכמים ואנושיים כל כך. אני רוצה להבין את הזיכרון, שמאפשר לנו לחשוב על מידע רב כל כך ולחבר הכול יחד, וליצור זהירות המבוססות על חוויות אישיות. כשאיני חושבת על חשיבה, אני אוהבת לחקור מקומות מוזרים ויפים, ולחלוק חוויות עם אנשים מוזרים ויפים. *eljohanson@berkeley.edu



Hebrew version
provided by

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

