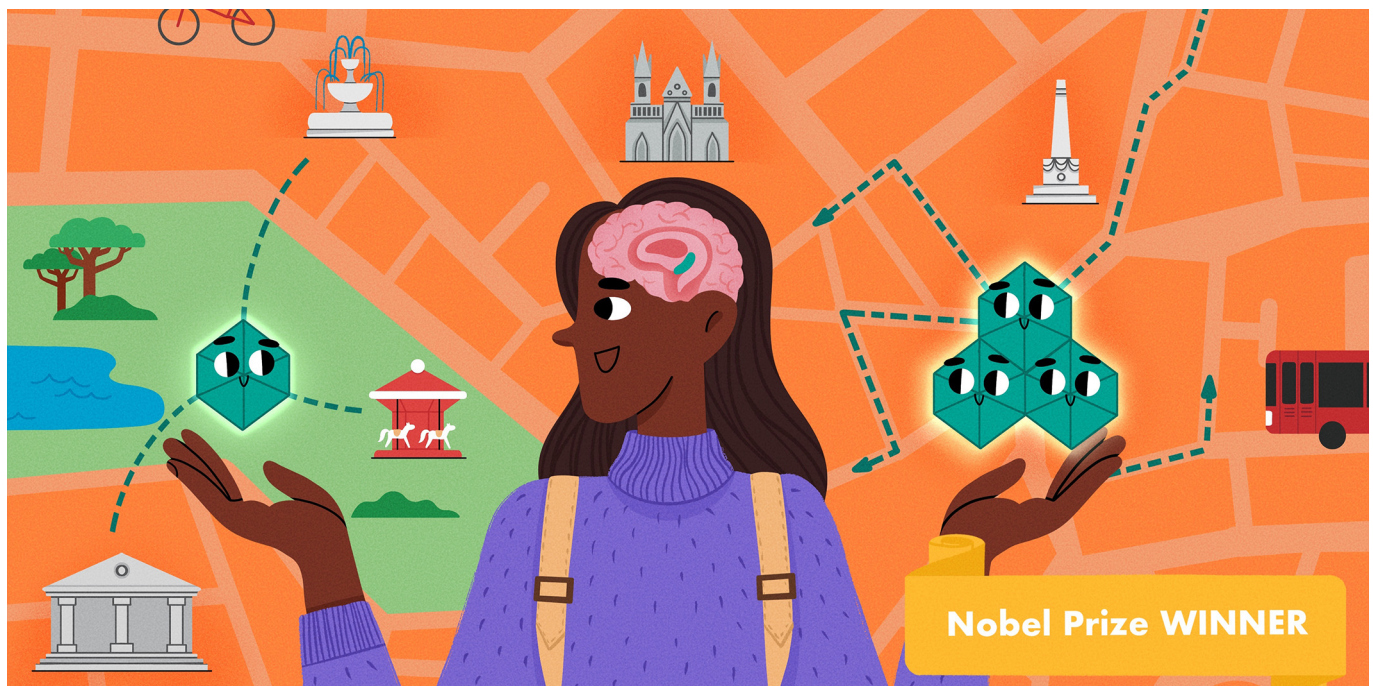




האם תאי גרִיד יכולים לעזור לנו להבין את המוח?

Edvard I. Moser^{1*} | Noa Segev^{2*}

¹מכון קבלי (Kavli) למדעי המוח והמרכז לאלגוריתמים בקליפת המוח, האוניברסיטה הנורבגית למדע ולטכנולוגיה, טרונדהיים, נורבגיה

²פרונטירז – מדע לצעירים, לוזאן, שווייץ

סוקרים צעירים

DEERFIELD
ELEMENTARY

גיל: 9–10



OZZY

גיל: 11



THEO

גיל: 11



מאמר זה מבוסס על ריאיון בין שני המחברים.

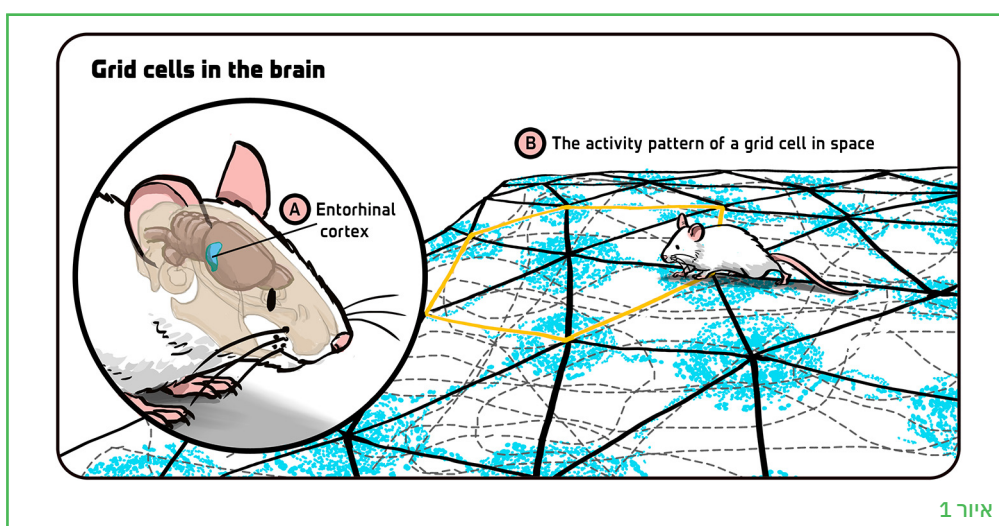
תאי גרִיד הם תאי מח מיוחדים הממלאים תפקיד מפתח במערכת הניווט של המוח. חקר התאים הללו הוא אחד הדברים המעניינים ביותר במדעי המוח כיום, והוא מתפתח בקצב מהיר. הרבה השתנה מאז שעמיתיי ואני גילינו את תאי הגרִיד ב-2005, ומאז אפילו זכינו בפרס נובל ב-2014. במאמר זה אתאר את ההתפתחויות ששינו את פניו של המחקר של תאי הגרִיד, ואספר לכם איך אנו חוקרים אותם כיום. לבסוף אציג לכם הצעה לדרך שבה אנו מקווים להשתמש בידע שלנו על תאי הגרִיד כ"חלון" להבנת המוח בכללותו.

מאמר זה מסתמך על ידע בסיסי של הקוראים על תאי גרִיד המופיע במאמרים על תאי גרִיד ועל תאי מיקום.

פרופסור אֶדְוָרד מוֹסֶר זכה בפרס נובל לפיזיולוגיה או לרפואה לשנת 2014 עם פרופסור מיי-ברית מוֹסֶר ועם פרופסור ג'ון אוקיף, עבור גילוי תאים שמרכיבים את מערכת המיקום במוח.

חזרה קצרה על תאי גריד

האם תהיתם פעם איך המוח שלכם ממפה את העולם, כך שאתם יכולים לנווט בו בהצלחה? כפי שאולי קראתם במאמר קודם באוסף נובל, תאי גריד הם סוג מסוים של נוֹיְרוֹנִים (תאי מוח) המהווים חלק חיוני ממערכת הניווט של המוח. עמיתיי ואני גילינו את תאי הגריד בשנת 2005 [1]. הם ממוקמים באזור במוח בשם קליפת המוח (הקורטקס) האֶנטוֹרִינִית. כל תא גריד מגיב לתבנית משושה מסוימת של מיקומים (איור 1). הפעילות המשולבת של תאי גריד רבים יוצרת "רשת מיקום" בתוך המוח, המסייעת לחיות לדעת איפה הן נמצאות בסביבה, איך להגיע ממקום אחד לאחר, ואיך להעריך את המרחק בין נקודות (כדי ללמוד עוד על אודות תאי גריד, אתם יכולים לצפות בסרטון הזה).



איור 1

תאי גריד פועלים בתיאום עם סוגים אחרים של תאי ניווט בקליפת המוח האנטורניית, ובכלל זה תאי כיוון ראש, תאי וקטור-אובייקט ותאי גבול. תאי גריד פועלים גם בתיאום עם תאי מיקום, הנמצאים באזור אחר במוח הנקרא ההיפוקמפוס [2]. המטרה שלנו היא להבין כיצד קבוצות של תאי גריד פועלות ביניהן, וכיצד הן פועלות עם תאים אחרים.

המחקר הנוכחי בתחום תאי הגריד

מאז שגילינו את תאי הגריד, חלו שינויים מהירים וחשובים בתחום המחקר הזה. בשנת 2005 חקרנו את פעילותם של תאי הגריד על ידי בחינת הפעילות החשמלית של תא גריד אחד בכל פעם, מה שאפשר לנו לגלות את דפוס הפעילות המשושה הייחודי של תאי הגריד. עם זאת, בשנים האחרונות, במקום לחקור תא בודד בכל פעם, החלטנו לחקור את פעילותם של תאי גריד רבים בו זמנית. בימים אלה מדענים החוקרים תאי גריד בוחנים את פעילותן

תאי גריד (Grid Cells)

נוירונים הנמצאים באזור במוח הנקרא קליפת המוח האנטורניית, שתבנית הפעילות החשמלית שלהם יוצרת מערכת של נקודות ציון במוח המסייעת לבעל חיים לנווט בסביבתו.

נוֹיְרוֹנִים (Neurons)

תאי-עצב. תאים במוח המייצרים דחפים עצביים חשמליים השולחים אותות לגוף, למוח ולנוירונים אחרים.

איור 1

תאי גריד במוח. (A) תאי הגריד נמצאים בחלק במוח שנקרא קליפת המוח האנטורניית. (B) כאשר בעל חיים נע בסביבתו (קווים מקווקוים אפורים המייצגים את תנועת החיה במרחב), כל אחד מתאי הגריד שלו פעיל במקומות מסוימים (הנקודות הכחולות, המייצגות את פעילותו של תא גריד מסוים). דפוס הפעילות של כל תא גריד יוצר במרחב תבנית משושה דמוית רשת (המשושה הצהוב מדגיש משושה שכזה בתוך תבנית הרשת). איור: איריס גת.

קליפת המוח (הקורטקס) האֶנטוֹרִינִית (Entorhinal Cortex)

אזור במוח המכיל תאי ניווט, בכללם תאי גריד, תאי כיוון ראש, תאי וקטור-אובייקט ותאי גבול.

אלקטרודות (Electrodes)

מכשירי מדידה המשמשים
לתיעוד הפעילות החשמלית
של הניורונים.

רישום אוכלוסיית נוירונים (Neural Population Recording)

תיעוד פעילותם החשמלית
של ניורונים רבים בו זמנית.

איור 2

פיתוחים טכנולוגיים במחקר תאי הגריד. (A) רישום

חשמלי באמצעות גששי
נוירופיקסלס – לאחרונה
פותח מכשיר חדש למדידת
הפעילות החשמלית של
ניורונים רבים בו־זמנית,
הנקרא גשש נוירופיקסלס
(Neuropixels) (1). מכשיר
זה הוא בעצם שבב ממוחשב
קטן עם אתרי הקלטה רבים
(ריבועים שחורים) שמהם
הוא יכול למדוד את פעילות
המוח (2). (מקרא: אתרי
רישום חשמלי – גשש
נוירופיקסלס – האותות

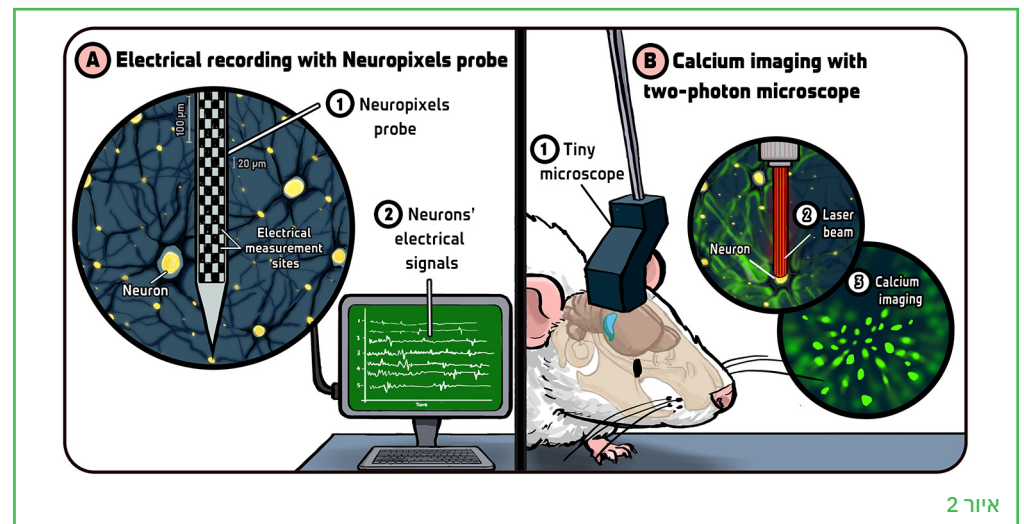
(B) החשמליים של הניורונים)
דימות סידן באמצעות
מיקרוסקופ דו־פוטוני –
ממקמים על ראש החיה
מיקרוסקופ דו־פוטוני זעיר
(1). הוא מאיר בקרן לייזר על
ניורונים (2), מה שגורם לסידן
שבתוך הניורונים לזרוח
בירוק. כך המדענים יכולים
לראות ניורונים פעילים באזור
מסוים במוח (3) (מקרא:
מיקרוסקופ זעיר – ניורון –
קרן לייזר – דימות סידן). איור:
איריס גת.

סרטון 1

דימות סידן באמצעות
מיקרוסקופ דו־פוטוני.
באמצעות מיקרוסקופ
דו־פוטוני זעיר, ביכולתנו
לעקוב אחר פעילות הסידן
במוח של בעל החיים (כתמים
זורחים בצד שמאל של
המסך) בזמן שהוא נע
בחופשיות בסביבתו (בצד ימין
של המסך). מעקב זה
מאפשר לנו לראות איך תאי
גריד בקליפת המוח
האנטורינית פעילים בכל רגע
נתון [הויאדו נלקח מ-6].

שלרשתות תאי גריד, ואת הדרך שבה הרשתות הללו מייצגות את סביבתו בעל החיים. כיצד
אנו יכולים לעקוב אחר תאי גריד רבים הפועלים בו זמנית?

גישה חדשה זו התאפשרה על ידי שתי טכנולוגיות; הראשונה הייתה פיתוח אלקטרודות
(מוליכים חשמליים) חדשות הנקראות גששי נוירופיקסלס (Neuropixels) המאפשרות לנו
"להקשיב" לתאי העצב (הניורונים) על ידי הקלטת הפעילות החשמלית של רבים מהם
בו זמנית (איור 2A) [3, 4]. לגששי נוירופיקסלס העדכניים ביותר יש יותר מ-5,000 אתרי
הקלטה שביכולתם לקלוט אותות חשמליים הנוצרים על ידי ניורונים בודדים. באמצעות גששי
נוירופיקסלס, המדענים יכולים לתעד את פעילותן החשמלית של קבוצות שלמות של ניורונים
הנקראות "אוכלוסיות" – לכן סוג זה של הקלטה נקרא רישום אוכלוסיית ניורונים. נכון
לכתיבת מאמר זה ב-2024 ביכולתנו להקליט אותות מכ-380 אתרים על גבי שבב בבת
אחת, מה שנותן לנו גישה לפעילות של יותר מאלף תאים בו זמנית. אני מצפה שעד 2025
נוכל להקליט אותות מרוב האתרים האפשריים או מכולם בבת אחת, מה שיגדיל את מספר
התאים בסדר גודל נוסף.



איור 2

הפיתוח הטכנולוגי השני מהעת האחרונה הם מיקרוסקופים קלים במיוחד שמונחים על
ראש החיה [5]. אלו הם מיקרוסקופים דו־פוטוניים שיכולים לקלוט שינויים בזרימת יונים
של סידן (Ca^{2+}) בתוך הניורונים (איור 2B), וכך לחשוף בפנינו איך תאים פעילים בכל רגע
נתון. בעזרת דימות סידן מתקבלת תמונה חזותית של התאים הפעילים ברשת. כך אנו
יכולים "לראות" תאי גריד ולשלב תמונות שונות ליצירת סרטון של תאים פעילים לאורך זמן
(סרטון 1).

במעבדה שלי בנורבגיה אנו מיישמים את הטכנולוגיות המתקדמות האלה כדי לחקור רשתות
של תאי גריד. אנו משתמשים בבדיקות ניורופיקסלס כדי לתעד את פעילותם של תאים
רבים בקליפת המוח האנטורינית בו־זמנית. באמצעות הידע שלנו על תאי גריד, אנו מסוגלים
לבודד את תאי הגריד מההקלטות שלנו ולחקור אותם בקבוצות קטנות. לאחר מכן אנו
בוחנים אם קבוצות מסוימות של תאי גריד פועלות יחד באופן מסונכרן, או שקבוצות מסוימות
של תאים נוטות להיות פעילות בדפוס מסוים או בסידור מסוים כאשר בעל החיים נע
בסביבתו. אם אכן נמצא "כללים" כאלה בנתונים שלנו, נוכל להשתמש בהם כדי להבין טוב

יותר את פעילותה של כל רשת תאִי הגריד (זאת באמצעות שיטות סטטיסטיות מתקדמות וטכניקות למידת מכונה). אנו יכולים להשוות את הנתונים החדשים שלנו למודלים תאורטיים קיימים של פעילות של תאִי הגריד [7]. אם נגלה שמודל מסוים מדויק, אז נוכל לתכנן אֵילו ניסויים עתידיים לבצע, אֵילו נתונים ניסויים חדשים לאסוף, וכיצד לשפר את ניתוח הנתונים שלנו. זהו התרחיש המיטבי במדע – כאשר הניסויים והתאוריה הולכים יד ביד.

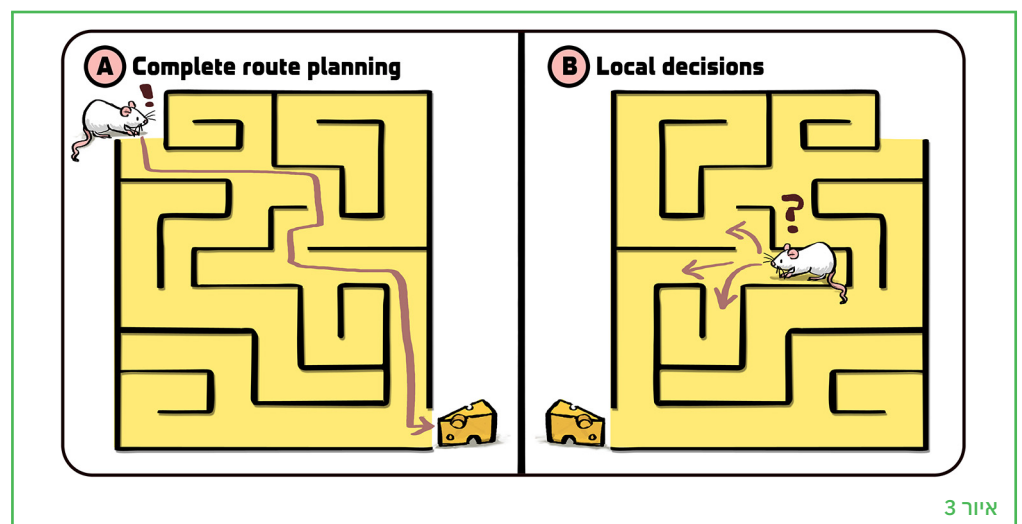
העתיד של חקר תאִי הגריד

עדיין יש שאלות רבות בחקר תאִי הגריד שאין לנו עליהן מענה, כגון כיצד תאִי גריד מייצרים את דפוסי הפעילות שלהם? כיצד רשתות משנה (מודולים) של תאִי גריד פועלות יחד? איך רשתות של תאִי גריד עובדות עם רשתות של סוגי תאים אחרים הקשורים לניווט, על מנת לייצר במוח מפה פנימית שלמה? אני מאמין שככל שנעמיק את ההבנה שלנו לגבי אופן הפעולה של סוגי תאים שונים, נוכל בהדרגה להתייחס לשאלה הגדולה יותר – איך כל התאים האלה עובדים יחד? לאחר מכן, האתגר הבא שלנו יהיה להבין כיצד הפעילות הקולקטיבית הזו יוצרת את תפיסת המרחב של בעל החיים, כלומר, כיצד הפעילות של כל התאים הללו יחד יוצרת את החוויה של ניווט מוצלח בעולם?

שאלה נוספת המעסיקה את החוקרים של תאִי הגריד היא: האם תאִי הגריד מעורבים בתכנון הניווט? במילים אחרות, האם תאִי הגריד יכולים לחזות או לתכנן את המיקום (או המיקומים) הבאים של בעל החיים? ואם כן, מאיזה מרחק? יש עדויות לכך שתאִי גריד מכילים מידע על מיקומו העתידי המיידי של בעל החיים. עם זאת, אם בעל חיים מנווט במבוך, הוא צריך לתכנן איך להגיע מנקודת ההתחלה לסוף המבוך (ושם הוא מקבל חטיפ טעים). האם הוא מתכנן מההתחלה וזוכר את התכנון לאורך הניווט במבוך (איור 3A), או שהוא מנווט תוך כדי תנועה, ומחליט לאן לפנות בכל צומת רק כשהוא מגיע אליו (איור 3B)?

איור 3

כיצד תאִי גריד "מתכננים" את המסלול? על ידי חקר תאִי הגריד המדענים מקווים לגלות אם בעלי חיים מנווטים (A) על ידי תכנון מראש של כל הנתיב שלהם מנקודה א' לנקודה ב', או (B) שהם מחליטים במקום תוך כדי תנועה בכל צומת לאורך הנתיב. איור: איריס גת.



איור 3

כיום החוקרים בוחנים גם האם המוח משתמש בתאִי גריד עבור דברים אחרים שהוא צריך לאמוד, אותם אנו מכנים **מִדָּדִים** [8]. מדענים משערים שתאִי הגריד משמשים לסוגים רבים של מדדים, כמו זכירה של מבנים חברתיים והבנת "המרחקים החברתיים" בתוכם. באופן כללי, המדענים מדמים את תאִי הגריד כרשת עצבית המבצעת חישובים במוח. אנו מקווים

מִדָּדִים (Metrics)

אמצעים המספקים מידע כמותי על משתנה כלשהו (מרחק, במקרה שלנו).

קוגניציה (Cognition)

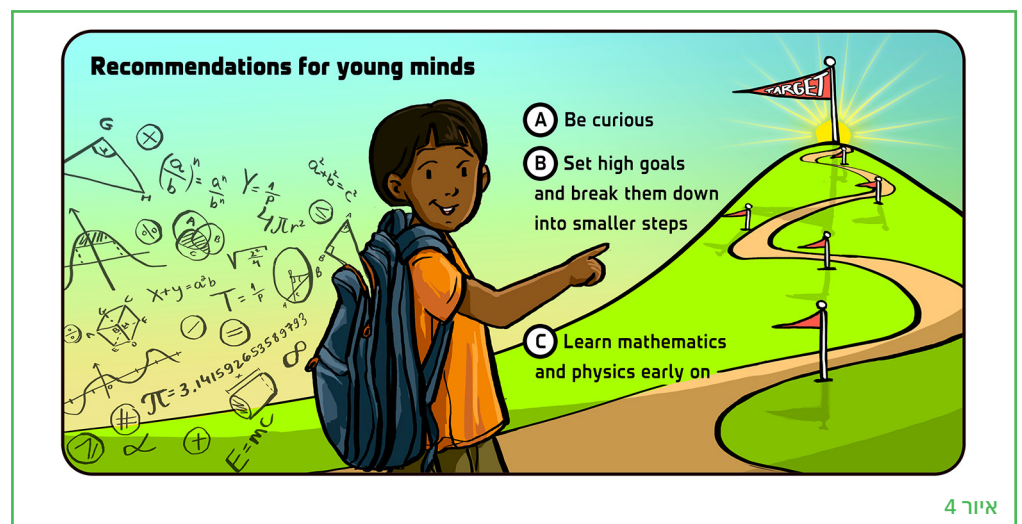
תהליכים מנטליים, כמו חשיבה וזכירה, המשמשים לרכישת ידע ולהבנה.

המלצות למוחות צעירים

כדי להיות מדענים טובים בימינו, התכונה החשובה ביותר היא הסקרנות (איור 4). אם אתם חשים דחף להבין תופעה, רעיון או תחום מסוים – אפשרו לסקרנות ולתשוקה שלכם להנחות אתכם, והשקיעו את מיטב יכולתכם כדי להבין את שורשי העניין. אל תהיו מוטרדים מדאגות כמו להרוויח הרבה כסף או לנסות להבין מראש מה יהיה שימושי בעתיד שלכם. בעיניי חשוב להיות שאפתנים, להציב לעצמכם מטרות משמעותיות, ולרצות בכנות לחולל שינוי שישפיע לטובה על האנושות. שאפו לעשות משהו גדול ומשמעותי, ואם תגלו שזה לא אפשרי כרגע, חלקו את הסוגיה שאתם מתמקדים בה לצעדים קטנים, והתמודדו עם כל אחד מהם בבוא העת. לדעתי סקרנות ושאפתנות הם תכונות שאפשר לטפח, ולכן חשוב להתמודד עם אתגרים ועם בעיות משמעותיות כדי להתפתח.

איור 4

שלוש המלצות למוחות צעירים. (A) היו סקרנים. (B) הציבו לעצמכם מטרות משמעותיות וחלקו אותן לצעדים קטנים. (C) למדו מתמטיקה ופיזיקה בשלב מוקדם בחיכם. איור: איריס גת.



איור 4

אם ברצונכם לפתח קריירה בתחום מדעי המוח, אני ממליץ לכם לבנות בסיס חזק בידע של פיזיקה ושל מתמטיקה. עם הזמן הדיסציפלינות הללו נהיות יותר ויותר חיוניות למדעי המוח, והרבה יותר קל ללמוד אותן בגיל צעיר מאשר בהמשך הקריירה. תצטרכו ללמוד גם מעט ביולוגיה, פסיכולוגיה ונושאים אחרים, אך קל יותר ללמוד אותם בשלב מאוחר יותר. הרבה דברים השתנו מאז שהתחלתי את הקריירה שלי במדעי המוח בשנות ה-80 של המאה שעברה, ואני חושב שבמהלך 40 השנים הבאות יתרחשו עוד הרבה שינויים. זה כנראה נכון לא רק עבור מדעי המוח, אלא עבור כל התחומים המדעיים. לדעתי השינויים המדעיים גורמים לקריירה המדעית להיות הרפתקה מרגשת ומתגמלת!

חומרים נוספים

1. ה-GPS שבמוח אומר לכם איפה אתם ומהיכן באתם - Scientific American.

2. כך המוסקרים גילו את תאי הגריד – מכון קבלי (Kavli) למערכות מדעי המוח.

תודות

ברצוננו להודות לאיריס גת עבור האיורים. העבודה זכתה לתמיכה של מענק Synergy E.I.M-ול Yoram Burak מהמועצה האירופאית למחקר ('KILONEURONS', הסכם מענק מס' 951319), למענק התוכנית של המרכז למצוינות למיי-ברייט מוסר ול-E.I.M-ול ממועצת המחקר של נורבגיה (מענק מס' 223262), קרן קבלי (Kavli) (מיי-ברייט מוסר ו-E.I.M-ול), ותרומה ישירה למיי-ברייט מוסר ול-E.I.M-ול ממשדד החינוך ומחקר של נורבגיה.

מקורות

1. Hafting, T., Fyhn, M., Molden, S., Moser, M. B., and Moser, E. I. 2005. Microstructure of a spatial map in the entorhinal cortex. *Nature* 436:801–6. doi: 10.1038/nature03721
2. Moser, E. I., Kropff, E., and Moser, M. B. 2008. Place cells, grid cells, and the brain's spatial representation system. *Annu. Rev. Neurosci.* 31:69–89. doi: 10.1146/annurev.neuro.31.061307.090723
3. Jun, J. J., Steinmetz, N. A., Siegle, J. H., Denman, D. J., Bauza, M., Barbarits, B., et al. 2017. Fully integrated silicon probes for high-density recording of neural activity. *Nature* 551:232–6. doi: 10.1038/nature24636
4. Steinmetz, N. A., Aydin, C., Lebedeva, A., Okun, M., Pachitariu, M., Bauza, M., et al. 2021. Neuropixels 2.0: A miniaturized high-density probe for stable, long-term brain recordings. *Science* 372(6539):eabf4588. doi: 10.1126/science.abf4588
5. Zong, W., Wu, R., Li, M., Hu, Y., Li, Y., Li, J., et al. 2017. Fast high-resolution for brain imaging in freely behaving mice. *Nat. Methods* 14:713–9. doi: 10.1038/nmeth.4305
6. Zong, W., Obenhaus, H. A., Skytøen, E. R., Eneqvist, H., de Jong, N. L., Vale, R., et al. 2022. Large-scale two-photon calcium imaging in freely moving mice. *Cell* 185:1240–56. doi: 10.1016/j.cell.2022.02.017
7. Gardner, R. J., Hermansen, E., Pachitariu, M., Burak, Y., Baas, N. A., Dunn, B. A., et al. 2022. Toroidal topology of population activity in grid cells. *Nature* 602:123–8. doi: 10.1038/s41586-021-04268-7
8. Moser, E. I., Roudi, Y., Witter, M. P., Kentros, C., Bonhoeffer, T., and Moser, M. B. 2014. Grid cells and cortical representation. *Nat. Rev. Neurosci.* 15:466–81. doi: 10.1038/nrn3766

פורסם אונליין: 19 ביוני 2025

נערך על ידי: Bob Knight

מנחים מדעיים : Alexandra Decker | Eitan Schechtman-Drayman

ציטוט: Moser EI | Segev N (2025) האם תאי גרד יכולים לעזור לנו להבין את המוח? Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2023.1151734-he

תורגם והותאם מ: Moser EI and Segev N (2024) Can Grid Cells Help us Understand the Brain? Front. Young Minds 11:1151734. doi: 10.3389/frym.2023.1151734

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

זכויות יוצרים © 2023 Moser I Segev. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). 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

DEERFIELD ELEMENTARY, גיל: 9–10

אנחנו 33 תלמידים שלומדים בכיתה ד' באירוןין, קליפורניה. הכיתה שלנו מלוכדת מאוד ומתפקדת כמשפחה גדולה ומאוחדת. אנחנו אוהבים חשיבה ביקורתית, תחרות, שיתוף פעולה, יצירה ומשחקים משותפים.

OZZY, גיל: 11

אני אוהב מאוד גיאוגרפיה ותחבורה. אני אוהב לנסוע ברכבות ובמטוסים, וגם לצפות בהם. אני אוהב ללמוד קצת מהרבה שפות (לא עד רמת הדיבור השוטף). העולם מעניין מאוד, והמטרה שלי היא ללמוד ככל שמתאפשר לי. אני גם שחיין ומוזיקאי – אני מנגן בפסנתר ובקלרינט.

THEO, גיל: 11

קוראים לי Theo, ואני בן 11, תלמיד כיתה ה'. אני אוהב קריאה, מתמטיקה, והזדמנויות לעזור לאנשים ולחיות. אני מקווה להיות שחקן שחמט מקצועי. אני הולך לבית ספר ביתי בבוסטון, מסצ'וסטס, שבארצות הברית. יש שם מעט מאוד ילדים, וכל ילד מקבל תשומת לב לימודית רבה. התחביבים שלי כוללים שחמט, קריאה, מתמטיקה, תכנות ומשחקי וידאו.

הכותבים

EDVARD I. MOSER

פרופסור אֶדְוָרְד מוֹסֶר הוא מדען מוח נורבגי. הוא גדל בעיירת חוף קטנה ונידחת בנורבגיה. הוא למד מתמטיקה וסטטיסטיקה באוניברסיטת אוסלו וקיבל תואר בפסיכולוגיה בשנת 1990. לאחר מכן המשיך פרופסור מוֹסֶר את לימודיו לתואר שני באוסלו, אצל פרופסור Andersen. Per מוסר חקר פעילות



מוחית בהיפוקמפוס – אזור במוח המעורב בתפיסת המרחב – וסיים את הדוקטורט שלו בנירופיזיולוגיה ב-1995. בשנה שלאחר מכן, לאחר תקופה קצרה שבו היה פוסט-דוקטורנט אצל מדען המוח הבריטי Richard Morris באוניברסיטת אדינבורו, סקוטלנד ואצל פרופ' John O'Keefe, בקולג' יוניברסיטי בלונדון, הוא חזר לנורבגיה כדי להצטרף לפקולטה של האוניברסיטה הנורבגית למדע וטכנולוגיה בטרונדהיים (NTNU), נורבגיה, בתפקיד של פרופסור לפסיכולוגיה ביולוגית. יחד עם פרופסור מיי-בריט מוסר הוא גילה את תאי הגרید שבקליפת המוח האנטורית, כמו גם סוגי תאים נוספים המכונים תאי גבול ותאי כיוון ראש. פרופסור מוסר היה מנהל שותף ומייסד של מכון קבלי (Kavli) למדעי המוח ב-NTNU בשנת 2007 ושל המרכז לחישוב עצבי בשנת 2013. כיום אדוורד מוסר ומיי-בריט מוסר הם המנהלים המדעיים של מכון קבלי (Kavli), שבו הם חוקרים את מערכת הניווט במוח במעבדתם. במהלך הקריירה שלו זכה פרופ' מוסר בפרסים יוקרתיים רבים, ביניהם הפרס למדענים צעירים של האקדמיה המלכותית הנורבגית למדעים (1999), פרס Louis-Jeantet לרפואה (2011), פרס מדעי המוח Perl-UNC (2012), ופרס נובל לפיזיולוגיה או רפואה (2014). לפרופ' מוסר יש שתי בנות, Isabel Maria ו-Ailin Marlene.

*edvard.moser@ntnu.no



NOA SEGEV

נועה שגב היא כתבת מדעית ומנהלת פרויקטים בפרונטירז – מדע לצעירים. נועה השלימה את לימודי התואר הראשון שלה בפיזיקה באוניברסיטה העברית בירושלים, ואת התואר השני שלה בהנדסת אנרגיה מתחדשת בטכניון – מכון טכנולוגי לישראל. מאז 2019 היא מראיית זכות וזוכי פרס נובל, וכתבת איתם את המאמרים המתפרסמים באוסף הנובל של פרונטירז – מדע לצעירים. מטרתה של נועה היא להנגיש לכולם את המדע שעומד בבסיס התגליות שהובילו לזכויות בפרס נובל, ולסייע לכלות ולחנתי פרס נובל לחלוק עם הכלל תובנות רבות-ערך, פרי ניסיונם המקצועי והאישי.

*noasegev@gmail.com

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



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK



קרן משפחת
שעשוע
Shashua
Family Foundation