



## כיצד אנו יכולים לרמות את המוח לראות קשתות ופרצופים?

Christoph Guger<sup>1,2\*</sup>, Christoph Kapeller<sup>1</sup>, Hiroshi Ogawa<sup>3</sup>, Satoru Hiroshima<sup>3</sup>,  
Kyousuke Kamada<sup>3</sup>

<sup>1</sup>גוגר טכנולוגיות OG, גרץ, אוסטריה

<sup>2</sup>ג'י טק הנדסה רפואית, GmbH, שינדלברג, אוסטריה

<sup>3</sup>המחלקה לניאופיורגיה, האוניברסיטה הרפואית של אסאהיקווה, אסאהיקווה, יפן

### סוקרים צעירים

**CARLA**  
גיל: 13



**DAVID**  
גיל: 8



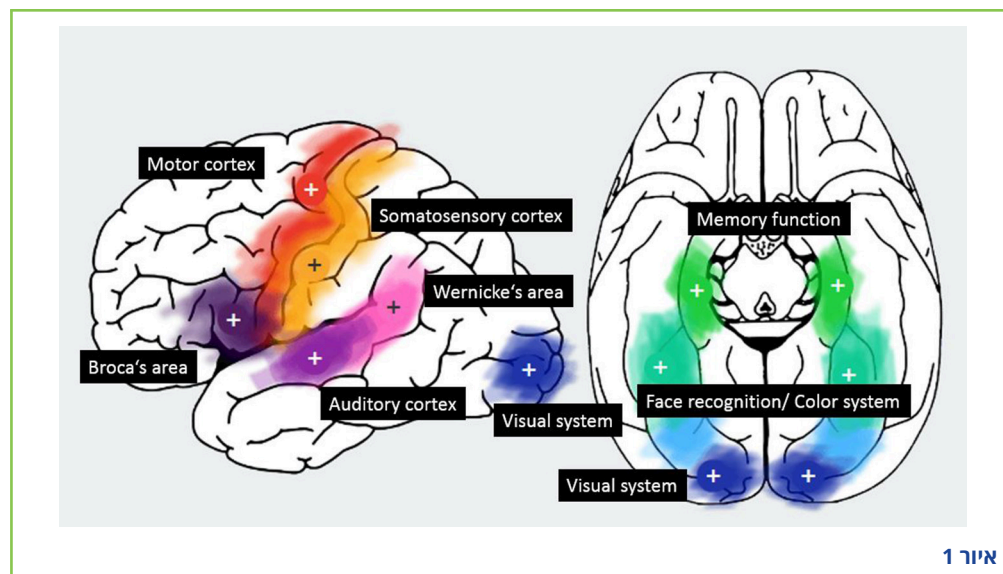
**NOAH**  
גיל: 13



כיצד אזורים שונים במוח פועלים יחד במטרה לסייע לנו לראות, לזוז, להבין ולעשות דברים אחרים? במשך שנים רבות ידענו שאזורים שונים במוח מבצעים מטלות שונות שחשובות לראייה. חלק מאזורי המוח אחראים על ראיית פרצופים; צבעים; קווים; תנועות או חלקים אחרים של העולם. אולם מיפוי אזורי מוח שונים באופן מפורט הוא מאתגר מאוד, במיוחד מאחר שהמוח של כל אחד שונה מעט מן האחר. לעיתים, מנתחי מוח צריכים למקם אלקטרודות בתוך גולגלתו של המטופל – על פני השטח של המוח – כדי לקבל מפה מפורטת יותר. מאמר זה מתאר מחקר שבוצע על-ידי קבוצה של מנתחי מוח, מדענים ומהנדסים. חקרנו את הפעילות המוחית של מטופל בזמן שהוא הסתכל על פריטים שונים. זיהינו שני אזורים מוחיים שהיו פעילים כשהמטופל עיבד פרצופים או צבעים. אם גירינו את האזורים, המטופל דיווח שהוא רואה פרצופים או צבעים, אפילו אם הוא הסתכל על משהו אחר! תוצאות המחקר הזה מסייעות לנו להראות כיצד אזורי שונים במוח מבצעים מטלות שונות, והוא עשוי להוביל לניתוחים מוחיים בטוחים ומדויקים יותר.

## איור 1

אזורי מוח חשובים.  
מרבית האזורים החשובים  
במוח, אשר מסומנים באיור  
עם סימן "+" במרכזם.



איור 1

## כיצד רופאים ומדענים מוצאים אזורים במוח שמבצעים תפקודים מסוימים?

מוח האדם אחראי על תפקודים שונים, ואזורי מוח מסוימים אחראים על מטלות מסוימות, כפי שאפשר לראות באיור 1. לדוגמה, אזור במוח שנקרא **קליפת המוח** המוטורית (תנועתית) שולט על תנועותיהם של האצבעות; הידיים; הרגליים; הזרועות ואיברי גוף נוספים. קליפת המוח המוטורית מכילה רקמה מוחית רבה שמקושרת לתנועות של האצבעות, להן אנו זקוקים כדי לכתוב; להחזיק מקדחה או לתפור באמצעות מחט. מנגד, אין לנו שליטה מדויקת מאוד על שרירי הרגליים שלנו, ולכן קליפת המוח המוטורית יכולה לשלוט בתנועות הרגליים בלי להקצות לכך רקמה מוחית רבה. אזור מוחי חשוב נוסף הוא קליפת המוח הסומטו-סנסורית שאחראית על חוש המגע. ללא מגע היה קשה מאוד לדעת כמה לחֶזֶק בורג, או להחזיק פריטים עדינים כמו ענבים או בקבוק קולה. אנשים עשויים בטעות למעוך את הענב או לשבור את בקבוק הקולה אם אינם מקבלים משוב מהמוח על כמות הכוח שידיהם מייצרות. קליפת המוח השמיעתית אחראית על שמיעה, והמידע הזה מועבר לאזור שנקרא אזור ורניקה כדי ליצור הגיון במה שאתם שומעים. אם המורה שלכם שואלת אתכם "האם עשיתם את שיעורי הבית שלכם?" הצלילים עוברים מהאוזן אל המוח, היכן שקליפת המוח השמיעתית מעבירה את המידע לאזור ורניקה. אזור ורניקה אחראי על הַבְנַת השאלה, ואז המוח שלכם יכול לנסח את התשובה: "כן". ניסוי המילים מתבצע על-ידי אזור אחר במוח שנקרא אזור ברוקה. לבסוף, המוח שלכם משתמש בקליפת המוח המוטורית כדי להזיז את השפתיים, הלשון והגרונן שלכם במטרה לאפשר לכם לומר למורה שלכם "כן". אזורי מוח אחרים אחראים על עיבוד של דברים שאתם רואים; זיהוי פרצופים וצבעים והזיכרון שמאפשר לכם לזכור דברים.

אזורי המוח שאחראים על המטלות המורכבות האלה נמצאים באזורים מעט שונים אצל כל אדם. אנו יכולים לומר היכן אפשר למצוא אזורי מוח באופן כללי – לדוגמה, אזור הראייה הראשוני נמצא באחורי הראש – אולם הרבה יותר קשה לרופאים ולמדענים למפות אזורים שונים במוח באופן מדויק, כמו באזור של מילימטר אחד. במקרים מסוימים כאשר רופאים זקוקים למפות מדויקות של המוח כדי לבצע ניתוח מוחי, מנתח מוח משתיל **אלקטרודות** על פני השטח של מוחו של המטופל במטרה לרשום את הפעילות. לאחר מכן, הרופאים מבצעים ניסויים קטנים על מטופלים כדי למצוא את אזורי המוח המסוימים שמבצעים מטלות שונות.

### קליפת המוח (Cortex)

המשטח החיצוני של המוח.

### אלקטרודה (Electrode)

דיסק קטן עשוי פלטינה המשמש לרישום פעילות מוחית.

## איור 2

במטופל הושטלו אלקטרודות ישירות לתוך קליפת המוח (הנקודות השחורות שמסומנות על המוח בצד שמאל של האיור), והוא ראה 20 תמונות שונות מכל סוג, בצבע או בשחור-לבן, במשך 200 מילישניות כל אחת. בין תמונה אחת לאחרת הייתה הפסקה של 600-800 מילישניות. התמונות היו של איברי גוף; פרצופים; ספרות; תווי היראגאנה; תווי קנג'י; ציורי קווים או פריטים. באותו הזמן רשמנו את הפעילות המוחית של המטופל כדי לראות אלה אזורים מוחיים הגיבו לתמונות שהאדם ראה.

### מילישנייה (Millisecond)

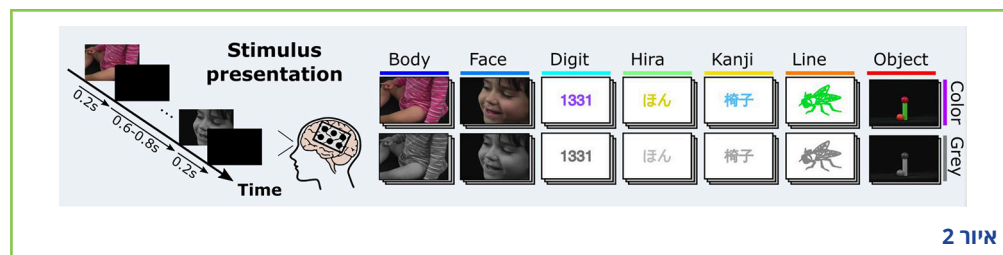
1/1,000 השנייה.

### רשת אלקטרודות (Electrode grids)

כמה אלקטרודות שמסודרות בצורה של ריבוע.

### מיפוי גמא (High-gamma mapping)

דרך לזהות את מרבית המרכזים החשובים במוח.



איור 2

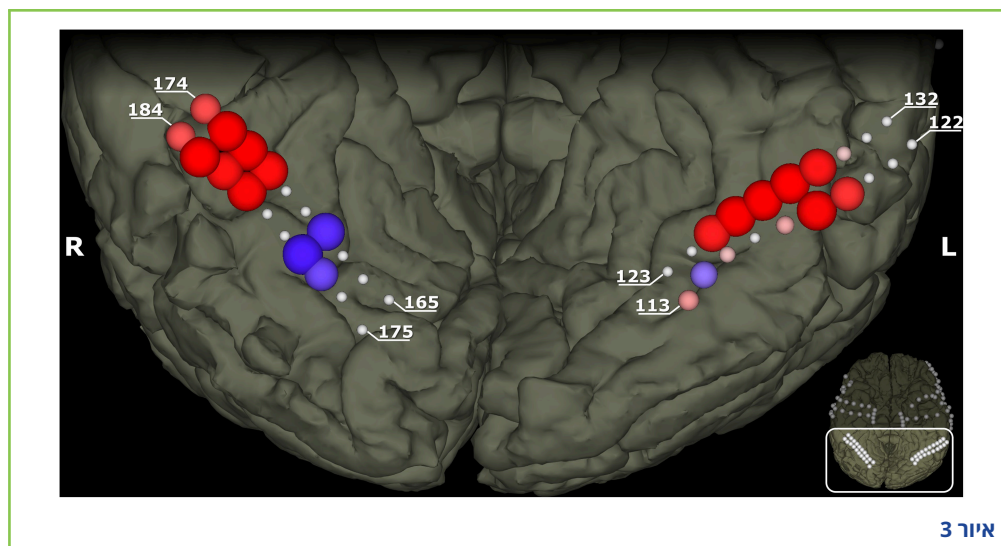
איור 2 מציג דוגמה אחת של ניסוי שכזה שבוצע כדי למצוא את האזורים בקליפת המוח אשר אחראים על יצירת תמונות של פרצופים; איברי גוף; ספרות; תווי היראגאנה (שבהם משתמשים בפיץ); תווי קנג'י (שגם בהם משתמשים בפיץ); פריטים קווים ופריטים אחרים. אנו הראינו למטופל את התמונות האלה בצבע ובשחור-לבן. המטופל התמקד בכל תמונה לזמן קצר מאוד, 200 מילישניות (מילישנייה אחת היא 1/1000 השנייה). אחרי 600-800 מילישניות מוצגת התמונה הבאה. בין התמונות מסך המחשב פשוט שחור. הראינו למטופל 20 תמונות שונות מכל סוג.

בזמן שהמטופל ראה את התמונות האלה, רשמנו את הפעילות המוחית עם דיסקים קטנים עשויים פלטינה, אשר נקראים אלקטרודות, שמוקמו על-ידי מנתח מוח על פני השטח של מוחו של המטופל. לאלקטרודות האלה יש קוטר טיפוסי של בין 1 ל-4 מילימטרים – קטן מאוד. הגודל הקטן הזה של האלקטרודות מאפשר לפעילות מקליפת המוח להירשם באופן מדויק מאוד, מה שמספק את המפה הטובה ביותר של המוח עבור המנתח והצוות הרפואי. האלקטרודות חוברו למגבר מיוחד באמצעות חוט קטן. המכשיר הזה הגביר גלי מוח קטנים מאוד ושלה את הנתונים למחשב להמשך ניתוחם. כדי לצפות באזורים גדולים במוח ולזהות תפקודים שונים רבים, מנתחי מוח עשויים להשתיל בין 16 ל-256 אלקטרודות. האלקטרודות מסודרות לרוב בריבועים ולכן הן מכונות **Electrode grids**, כלומר "**רשת אלקטרודות**". "רשת האלקטרודות" הזו מונחת על גבי אזורי המוח שהמנתח צריך למפות כדי לסייע לכל מטופל.

איור 3 מציג מה למדנו מחקר מוחו של המטופל בעודו מסתכל על תמונות של פרצופים, איברי גוף ופריטים אחרים. במוחו של המטופל הושטלו 256 אלקטרודות בכל רחבי המוח, אולם רק האלקטרודות בחלק התחתון של המוח, באזור שנקרא the fusiform face area, היו פעילות כאשר המטופל הסתכל על התמונות. איור 3 מראה שרשת אלקטרודות אחת עם 20 אלקטרודות מוקמה על צידו הימני של המוח, ורשת אלקטרודות אחרת מוקמה על צידו השמאלי של המוח. לכל **אלקטרודה** היה מספר מסוים אשר אפשר לנו לזהות היכן היא מוקמה. עיגולים אדומים מצביעים על אזורים בקליפת המוח אשר מזהים פרצופים, ועיגולים כחולים מראים אזורים בקליפת המוח שמזהים צבעים. אלקטרודות שלא הגיבו לפרצופים או לצבעים מוצגות פשוט כעיגולים לבנים קטנים. עיגולים גדולים יותר מצביעים על כך שהאלקטרודה הייתה חשובה יותר מאלקטרודות שמסומנות בעיגולים קטנים. לדוגמה, בעת זיהוי פנים אלקטרודה 181 הייתה חשובה יותר מאשר 184, והרבה יותר חשובה מאשר 175. באופן מעניין, שני צידי המוח היו מעורבים בזיהוי של פנים או צבעים. כדי לחשב את העיגולים הקטנים השתמשנו בפרוצדורה מורכבת שנקראת **מיפוי גמא**, אשר מסתכלת על גלי מוח קטנים מאוד [1]. העובדה שגלי מוח קטנים כל כך היא הסיבה לכך שאלקטרודות צריכות להיות מושתלות. אנו יכולים ללמוד הרבה על המוח מאלקטרודות שממוקמות מחוץ לראש, אולם הגולגולת, הדם והעור גורמים למיפוי של המוח להיות קשה מאוד באמצעות מיפוי גמא.

### איור 3

התמונות האלה מציגות את החלק התחתון של המוח עם צדדיו הימני והשמאלי. החלק הימני התחתון בתמונה מציג היכן הושתלו מרבית האלקטרודות (נקודות לבנות). התמונה הראשית מספקת מבט קרוב יותר של האזור שבתיבה הלבנה שמראה 20 אלקטרודות בכל צד של המוח. לכל אלקטרודה יש מספר מסוים שנע מ-184 ל-165 מצד ימין של המוח (R), ומ-113 ל-132 מצד שמאל של המוח (L). אזורי מוח שמגיבים לפנים מוצגים בעיגול אדום, ועיגולים גדולים יותר מייצגים את העובדה שהאזור היה פעיל יותר כשהמטופל הסתכל על פרצופים. באופן דומה, עיגולים כחולים מראים את אזורי המוח שמגיבים לצבע. הנקודות הלבנות בתמונה הראשית מציגות אזורים במוח שלא הגיבו לפרצופים או לצבעים.



## מדוע אנו צריכים את תוצאות מיפוי המוח האלה?

העיגולים האדומים והכחולים חשובים מאוד עבור מיפוי מוחי. מנתח המוח יכול להשתמש במפה הזו כדי לזהות אלה אזורים מוחיים אחראים על מטלות שונות. לדוגמה, אם האזורים במוחו של המטופל שמגיבים לפרצופים היו מוקרים במהלך ניתוח, הוא כבר לא היה מסוגל לזהות פרצופים. המטופל לא היה מזהה את אימו, את אביו, את אחיותיו, את המורה שלו או אנשים אחרים.

באופן רחב יותר, מדוע מטופלים צריכים לעבור ניתוח מוח כדי להסיר חלק מהמוח? סיבה אחת היא הסרת גידול במוח. אם גידולים במוח אינם מוסרים הם עשויים לגדול ולהזיק לאזורים אחרים במוח, ובסופו של דבר להיות קטלניים. סיבה נוספת לבצע ניתוח מוח היא הסרת אזור במוח שגורם להתקפים אפילפטיים. למרות שאנשים עם אפילפסיה יכולים להשתמש בתרופות או בשיטות אחרות כדי להפחית את ההתקפים שלהם, חלק מהאנשים אינם מגיבים טוב לטיפול תרופתי ועשויים לחוות התקפים באופן תדיר.

שיטות חדשות עבור מיפוי מוחי מדויק ומפורט יותר עשויות להפחית שני סוגי סיכונים של ניתוח מוח. ראשית, מנתח המוח עשוי להסיר בטעות רקמת מוח רבה מדי. כפי שאפשר לראות באיור 3, הסרת מספר מילימטרים בלבד של רקמת מוח עשויה לפגוע באופן בלתי הפיך ביכולתם של המטופלים לזהות פרצופים או צבעים. שנית, מנתח המוח עשוי להסיר רקמת מוח מעטה מדי. במקרה כזה מטופלים עשויים שלא להירפא מהגידול או מההתקפים שלהם.

## כיצד אנו יכולים לייצר אשליות באמצעות גירוי מוחי?

השתמשנו עם אותו המטופל גם בשיטה שנקראת גירוי חשמלי של קליפת המוח. משמעות הדבר היא שגירוינו את המוח עם זרם חשמלי חלש, גבוה מספיק בדיוק כדי לייצר תגובה של המוח. שיטה זו יכולה לסייע לרופאים לזהות אזורים מוחיים שבסבירות גבוהה יוצרים התקפים, והיא יכולה גם לסייע לנו ללמוד על התפקודים של אזורים שונים במוח.

### התקפים (Seizures)

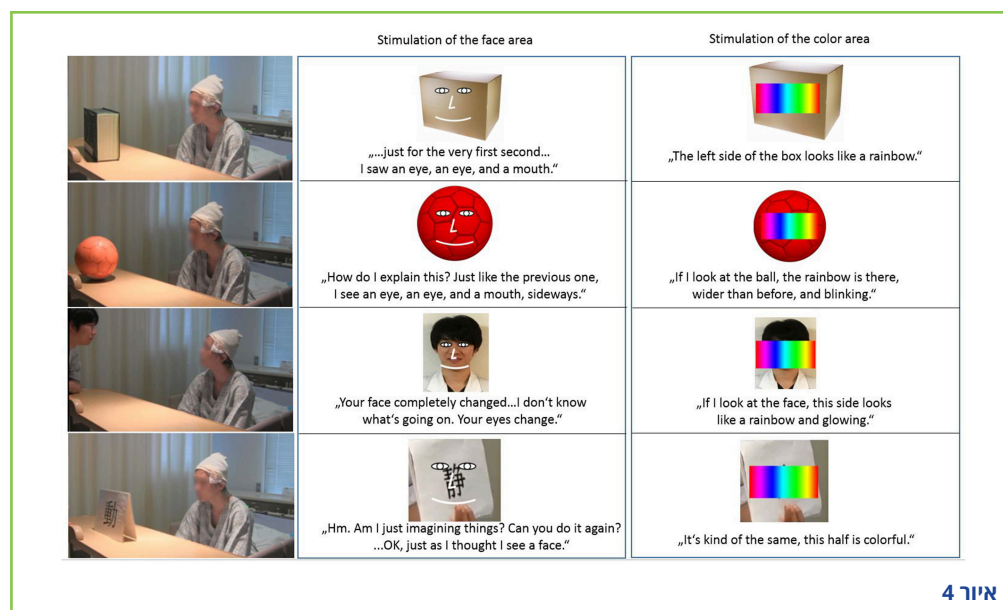
מצב שבו המוח פעיל באופן בלתי נשלט ומייצר תנועות בלתי רצוניות של הגוף.

### אפילפסיה (Epilepsy)

מחלה שבה המוח פעיל מדי.

## איור 4

בזמן שהמטופל הסתכל על קופסה שחורה; כדורסל; Dr. Ogawa או על פיסת נייר עם תווי קנג'י, הנסיין גירה את האזורים במוחו באמצעות זרם חשמלי חלש מאוד. כאשר הנסיין גירה את אלקטרודות 181-182, המטופל דיווח שהוא רואה פרצוף כאשר למעשה הוא הסתכל על הכדור והקופסה השחורה; הכדור והנייר. המטופל גם דיווח שעיניו ופיו של Dr. Ogawa השתנו. כאשר הזרם נשלח דרך אלקטרודות 177-178, המטופל דיווח שהוא רואה קשת בענן כשלמעשה הסתכל על הקופסה השחורה; הכדור; פניו של Dr. Ogawa והנייר.



איור 4

ערכנו ניסוי נוסף שבו המטופל ראה קופסה שחורה; כדור; פנים של Dr. Ogawa, או נייר עם תווי קנג'י. בזמן שהמטופל הסתכל על הדברים האלה, גירנו את אזור הפנים במוח, בין אלקטרודות 182 ו-181. איור 4 מציג מה המטופל אמר שהוא ראה בזמן שהוא הסתכל על פריטים שונים. הגירוי הזה גרם למטופל לראות אשלות של פרצופים! המטופל דיווח שהוא רואה פרצופים אפילו כשהוא הסתכל על הקופסה השחורה, על הכדור ועל הנייר. חשבנו שזה מצחיק שהמטופל אמר שהוא רואה פרצוף של זומְבֵי כשהוא ראה את פניו של Dr. Ogawa. האשליה הזו לא נראתה כמו פנים מציאותיים, אולם המטופל ידע שמדובר בפרצוף.

לאחר מכן, הפעלנו את האזורים בקליפת המוח שאחראים על צבע באמצעות גירוי אלקטרודות 177-178. איור 4 מציג את התוצאות. הגירוי החשמלי הזה הפיק קשתות בענן בזמן שהמטופל הסתכל על הקופסה השחורה, הנייר או הפנים של Dr. Ogawa.

## מדוע חקר המוח חשוב?

כפי שציינו קודם, העבודה שמפורטת במאמר זה בוצעה קודם כל עבור מטרות רפואיות. המטופל כבר החליט לעבור ניתוח מוח, ואנו עבדנו עם הצוות הרפואי כדי לסייע ולספק כלי טוב לביצוע משימת ניתוח לא פשוטה ללא טעויות. אנו שמחים לומר שהניתוח של המטופל היה מוצלח.

עבודה זו יכולה גם לסייע למטופלים על-ידי הנהגת ממשקי מוח-מחשב טובים יותר. אנשים שהם משותקים לגמרי השתמשו בממשקי מוח-מחשב כדי לסייע להם לאיית; לגלוש באינטרנט; לייצר אומנות או לשלוט במכשירים. אם נוכל ליצור מפות טובות יותר של המוח, נוכל גם ליצור ממשקי מוח-מחשב שיהיו מהירים יותר, מדויקים יותר וגמישים יותר.

עבודה זו חשובה גם מסיבות מדעיות. הראינו שאזורים מסוימים בקליפת המוח מסייעים לנו לראות פנים ואינם מעורבים בראיית צבעים, ולהיפך. הראינו שאפשר לייצר פנים או קשתות

בענן באמצעות גירוי אזורים מסוימים מאוד במוח. יתרה מזו, אשליות של פנים ושל קשתות בענן הופיעו על גבי התמונות שהמטופל ראה. לעובדה זו יש השלכות חשובות לגבי השאלה כיצד אזורים שונים במוח פועלים יחד ומסייעים לנו לראות ולבצע מטלות שונות.

## מאמר המקור

Schalk, G., Kapeller, C., Guger, C., Ogawa, H., Hiroshima, S., Lafer-Sousa, R., et al. 2017. Facephenes and rainbows: causal evidence for functional and anatomical specificity of face and color processing in the human brain. *PNAS* 114:12285–90. doi: 10.1073/pnas.1713447114

## מקורות

1. Kapeller, C., Ogawa, H., Schalk, G., Kunii, N., Coon, W. G., Scharinger, J., et al. 2018. Real-time detection and discrimination of visual perception using electrocorticographic signals. *J. Neural Eng.* 15:036001. doi: 10.1088/1741-2552/aaa9f6

פורסם אונליין: 29 באוקטובר 2020

נערך על ידי: Fanli Jia, Seton Hall University, United States

**ציטוט:** Guger C, Kapeller C, Ogawa H, Hiroshima S and Kamada K (2020) כיצד אנו יכולים לרמות את המוח לראות קשתות ופרצופים? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2019.00016-he

**תורגם והותאם:** Guger C, Kapeller C, Ogawa H, Hiroshima S and Kamada K (2019) How Can We Trick the Brain Into Seeing Rainbows and Faces? *Front. Young Minds* 7:16. doi: 10.3389/frym.2019.00016

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

**COPYRIGHT** © 2019 © Guger, Kapeller, Ogawa, Hiroshima and Kamada 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

### CARLA, גיל: 13

אני תלמידת כיתה ז בהידאלגו, מקסיקו. מתמטיקה, מדעים וספרדית הם המקצועות האהובים עליי. אני נהנית מאוד מקריאה, מרישום ומצויר. כשאגדל אני רוצה להיות ארכיטקטית.



### DAVID, גיל: 8

אני David. אני תלמיד כיתה ג ואני גר בהידאלגו, מקסיקו. אני אוהב לרוץ, לשחק משחקים ולקרוא. כשאגדל אעבוד כמהנדס מכונות!



### NOAH, גיל: 13

אני כבר במחצית בית ספר תיכון והמקצוע האהוב עליי הוא ארוחת צהריים, וקצת אחריו מוזיקה ומדעים. כשאגדל אני רוצה להיות אסטרופיזיקאי. אני אוהב לקרוא בזמני הפנוי. אני עושה פארקור, קרוספיט והכשרת צוערים של חיל האוויר מחוץ למסגרת בית הספר, ואני כותב ספר על לוחמי SAS אוסטרליים. אני אוהב לאכול, במיוחד אנצ'לדה ובייקון, אבל לא באותו הזמן.



## הכותבים

### CHRISTOPH GUGER

אני מגיע מעיירה קטנה בהרים של אוסטריה, כמה שעות דרומית לגרמניה. אני אוהב לטפס, לעשות סקי ולעסוק בסוגי ספורט אחרים בהרים. קיבלתי את הדוקטורט שלי בהנדסה ביורפואית מהאוניברסיטה הטכנית של גרץ (TUG). הקמתי את ג'י טק הנדסה רפואית GmbH ומאז אני המנכ"ל שם. אני חוקר התפתחות ממשקי מוח-מחשב עבור אנשים שונים, כולל מטופלים עם אפילפסיה וגידולים במוח. אני גם מקיים כמה פרויקטים בינלאומיים של מחקר עם אנשים ממדינות שונות, אשר מסייעים לנו לערוך את המחקר שמתואר במאמר הזה.



### CHRISTOPH KAPELLER

למדתי הנדסה ביורפואית באוניברסיטה הטכנולוגית של גראץ, והשלמתי את התואר הראשון שלי בשנת 2010 ואת התואר השני ב-2012. כיום אני עובד כמדען חוקר בג'י טק הנדסה רפואית GmbH באוסטריה. בשנת 2017 השלמתי את הדוקטורט שלי במדעי המחשב באוניברסיטת Johannes Kepler, לינץ. תחומי העניין המחקרי שלי כוללים חקירה של טכנולוגיות מיפוי חדשות לשם מיקום וקטלוג של תפקודים מוחיים. נוסף על כך אני מחפש דרכים חדשות לתקשר באמצעות ממשקי מוח-מחשב חודרניים ובלתי חודרניים. \*guger@gttec.at



### HIROSHI OGAWA

השלמתי את לימודי הרפואה שלי באוניברסיטה הרפואית של אסאהיקווה ביפן בשנת 2010. אחרי שנתיים של התמחות קלינית בבית החולים האוניברסיטאי הוקאידו שבספּרו, יפן חזרתי לאוניברסיטה הרפואית של אסאהיקווה והתמיתי לפרופסור במחלקה לניוירורגיה. עבודת המחקר שלי כוללת מיפוי פונקציונלי פסיבי של המוח באמצעות high gamma activity ECoG. קיבלתי את הדוקטורט שלי מהאוניברסיטה הרפואית של אסאהיקווה בשנת 2017. לאחר מכן עברתי לבית החולים האוניברסיטאי הוקאידו שבספּרו, יפן כרופא ראשי במחלקה לניוירורגיה.





### SATORU HIROSHIMA

השלמתי את לימודי הרפואה שלי באוניברסיטה הרפואית של אסאהיקווה ביפן בשנת 2000. אחרי שנתיים של הכשרה קלינית באוניברסיטה הרפואית של אסאהיקווה ובאוניברסיטת קיוסיו-שביפן, עבדתי במשך ארבע שנים בכמה בתי חולים ביפן. לאחר מכן חזרתי לאוניברסיטה הרפואית של אסאהיקווה והתמנתי לפרופסור במחלקה לניורוכירורגיה. קיבלתי את הדוקטורט שלי מהאוניברסיטה הרפואית של אסאהיקווה בשנת 2013. אני מומחה לתפקודים מוחיים באמצעות טכנולוגיה של מיפוי מוחי. כעת אני מעורב בטיפול אפילפסיה כמנתח מוח פונקציונלי.



### KYOUSUKE KAMADA

השלמתי את הדוקטורט שלי ברפואה בנושא זמני רלקסציה של מטבוליטים בספקטרוסקופיית MR בשנת 1995. הקריירה המקצועית שלי כוללת תקופות מחקר באוניברסיטאות הוקאידו שביפן, Erlangen-Nürnberg (נירנברג) שבגרמניה, אוניברסיטת ג'ורג'טאון שבארצות הברית ואוניברסיטת טוקיו שביפן, בנושאים של מדעי המוח והנדסה ביורפואית. אני פרופסור וראש המחלקה לניורוכירורגיה באוניברסיטה הרפואית של אסאהיקווה, יפן, מאז 2010. נושאי המחקר הנוכחי שלי כוללים מיפוי מוח תפקודי וממשקי מוח-מחשב. אני מומחה בתהליכי מיפוי high-gamma פסיביים בזמן אמת. אני מעריך תפקודים חושיים, תפקודים מוטוריים ותפקודים שקשורים לשפה, כמו גם רשתות אפילפטיות

Hebrew version  
provided by

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

