

## MEG לילדים: הקשבה למוח בעזרת מכשירי SQUID מגנטיים

**Jon Brock, Paul Sowman**

אוניברסיטת Macquarie, סידני, אוסטרליה

### סוקרת צעירה

ESSIE

גיל: 9



המוח שלכם בנוי ממיליארדי תאי עצב שמפטטים אחד עם השני. שיטת רישום מגנטי של המוח, שנקראת מַגְנֵטוֹאֶנְצֶפָלוֹגְרַפְיָה (ובלועזית Magnetoencephalography, MEG או MEG בקיצור), מאפשרת לנו להקשיב לשיחות שמתרחשות בין תאי העצב באמצעות מדידת השדה המגנטי של המוח.

בתוך המוח שלכם ישנם 80 מיליארד (מיליארד = אלף מיליון, או 1,000,000,000) תאי עצב שנקראים גם נוירונים – תאי מוח קטנטנים שעובדים כולם יחד ומעצבים את האישיות שלכם. תאי העצב “מדברים” זה עם זה באמצעות קבלה של הודעות חשמליות ושליחתן. כל הודעה כזו יוצרת שדה מגנטי קטן. אם מספיק תאי עצב “מדברים” בו בזמן, אנו יכולים להקשיב לשיחות ביניהם באמצעות מדידת השדה המגנטי שסביב לראש שלכם (איור 1). אנו קוראים לשיטה הזו MEG [1].

### בידוד מגנטי

בחיי היומיום שלנו אנו מוקפים על-ידי שדות מגנטיים שמגיעים ממחשבים, מטלפונים ניידים ואפילו מכדור הארץ עצמו. השדות המגנטיים של המוח שלנו הם זעירים בהשוואה לשדות המגנטיים האחרים. להקשיב לתאי העצב שלכם זה קצת כמו לנסות לשמוע את צעדיה של נמלה באמצע קונצרט רוק!

**איור 1**

ילדה צעירה שעוברת רישום מגנטי של הפעילות המוחית שלה באמצעות MEG.



איור 1

**איור 2**

מהנדסים בונים את חדר הבידוד המגנטי עבור מכשיר ה-MEG במעבדה שלנו.



איור 2

מסיבה זו, מכשירי MEG צריכים להיות ממוקמים בחדר עם קירות מתכתיים, שחוסמים את כניסתם של השדות המגנטיים האחרים (איור 2).

**מכשירי SQUID מגניבים**

הגיבורים האמיתיים של מכשירי ה-MEG הם חוטי סליל שנקראים SQUID (קיצור של Super-Conducting Quantum Interference Device), בתרגום חופשי: מכשיר מוליך-על להתאבכות קוונטית). חוטי ה-SQUID משמשים כמגנטומטר רגיש - גלאי שמאתר את השדה המגנטי של המוח שלכם.

חוטי ה-SQUID רגישים מאוד אולם הם עובדים רק אם הטמפרטורה היא נמוכה להפליא - בסביבות 270 מעלות צלזיוס מתחת לאפס! הסיבה לכך היא שרק בטמפרטורות כאלה החוטים הופכים למוליכי-על (כלומר ההתנגדות שלהם למעבר זרם צונחת לאפס), ואז הם נהיים רגישים במיוחד לשדות מגנטיים. כדי לשמור על ה-SQUIDs כל כך קרים אנו מכסים אותם בהליום נוזלי, שהוא הנוזל הקר ביותר על פני כדור הארץ.

### איור 3

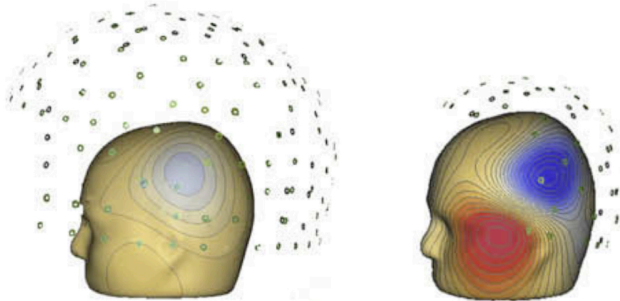
המכונות האלה דוחסות את גז ההליום ומקררות אותו עד שהוא מתעבה ונהפך שוב לנוזל.



איור 3

### איור 4

ראש של ילד בקסדת MEG של מבוגרים (משמאל) ובקסדת MEG של ילדים (מימין). הנקודות הירוקות בתמונה מציינות את חוטי ה-SQUID שעל הקסדה. במקרה של קסדת המבוגרים (משמאל), החוטים כל כך רחוקים מהראש של הילד עד שאינם מצליחים לקלוט בצורה טובה את האותות המגנטיים מהמוח. באמצעות קסדה מיוחדת קטנה יותר (מימין), חוטי ה-SQUID ממוקמים קרוב הרבה יותר למוח של הילד, ואז אפשר לקלוט את האותות המגנטיים בצורה טובה.



איור 4

במהלך הזמן, ההליום הנוזלי מתחמם בהדרגה, מתאדה והופך לגז שמתפשט באוויר. במעבדה שלנו אנו כולאים כמה שיותר מגז ההליום ומעבים אותו באמצעות דחיסה וקירור במכונות מיוחדות חזרה למצב נוזלי (איור 3). לאחר מכן אנו עושים בו שימוש חוזר במכשיר ה-MEG, ומוודאים שה-SQUIDS שלנו נשארים קרים מאוד!

## MEG לילדים

במכונת ה-MEG ישנם מאות חוטי SQUID שמסודרים על-גבי קסדה. קסדת ה-MEG הרגילה מעוצבת עבור מבוגרים ולכן היא גדולה מדי עבור מרבית הילדים. במקרים כאלה, חוטי ה-SQUID רחוקים מדי מהמוח של הילד ואז קשה לקלוט את האותות המגנטיים מהמוח שלו.

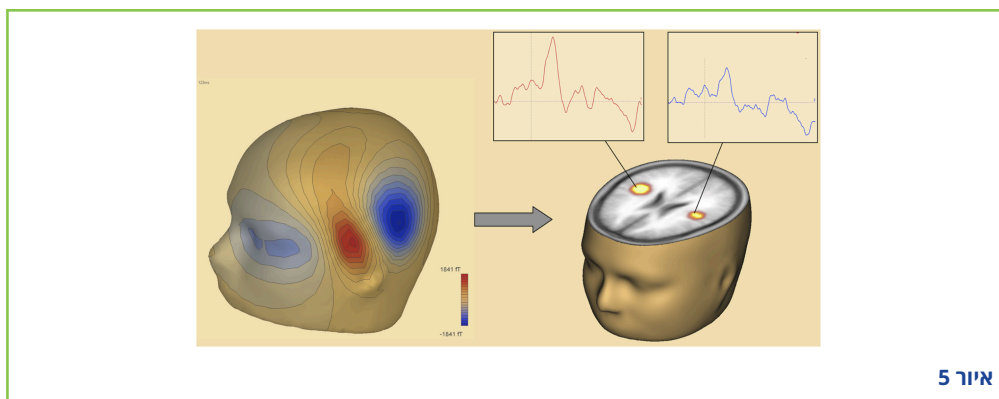
למרבה המזל, כיום יש לנו מכשיר MEG עם קסדה קטנה יותר שמתאימה לילדים. המכשיר הזה מאפשר לנו לקבל תמונה טובה בהרבה של מה שקורה במוח שלכם (איור 4) [2].

## מה קורה במוח שלכם?

לאחר שרישומי ה-MEG מסתיימים אנו משתמשים במחשב כדי לנסות להבין מה קורה בתוך המוח שלכם.

## איור 5

השדות החשמליים שנרשמים דרך ה-MEG (משמאל), ושחזור ממוחשב של הפעילות המוחית שיצרה אותם (מימין). המחשב מנתח את רישומי השדות המגנטיים שמגיעים ממכשיר ה-MEG ומפענח מאיזה חלק במוח הם מגיעים, במקרה זה מחלק שנקרא קליפת המוח השמיעתית וממוקם משני צדי המוח (משמאל בתמונה). לאחר מכן, המחשב משחזר בקירוב את האותות המוחיים שיצרו את אותה הפעילות המגנטית אשר נרשמה מחוץ לגולגולת. במילים אחרות, המחשב אומר לנו מה היינו מודדים אם היינו ממקמים גלאים בתוך המוח, במקרה הזה בקליפת המוח השמיעתית (מימין בתמונה).



איור 5

המחשב מנחש מה עשוי היה לקרות במוח שלכם בזמן הסריקה, ובהתאם לניחוש הזה הוא בונה חיקוי ממוחשב של הפעילות התואמת שהייתה אמורה להימדד על-ידי ה-SQUIDs באותו הזמן. המחשב משווה את הניחוש הזה לפעילות שנרשמה בפועל, וממשיך לתקן ולכוונן את הניחושים עד שהוא מתקרב ככל האפשר למה שה-SQUIDs באמת מדדו.

לאחר מכן המחשב אומר לנו, בהתבסס על הניחוש המוצלח ביותר שאליו הגיע בשלב הקודם, מה היינו מודדים אם יכולנו למקם גלאים ממש בתוך המוח שלכם! (איור 5).

## מה MEG יכול לספר לנו?

הקשבה לתאי העצב במוח שלכם אינה משימה פשוטה. אולם מכשיר ה-MEG יכול לעזור לנו לענות על כמה שאלות מעניינות מאוד, למשל – כיצד המוח שלכם מפרש ומבין את הדברים שאתם שומעים, רואים וממשישים? כיצד תאי העצב באזורים שונים במוח שלכם "מדברים" זה עם זה? כיצד השיחות האלה משתנות כשמתבגרים?

MEG יכול לעזור לנו להבין מצבים שונים של פעילות מוחית כמו למשל אפילפסיה, אשר מתרחשת כאשר כל תאי העצב מתחילים "לצעוק" בבת אחת. במעבדה שלנו אנו חוקרים ילדים שמתקשים בדיבור. אנו משתמשים ב-MEG כדי לראות מה קורה במוחות שלהם כאשר הם מנסים לומר מילה כלשהי. אנו חוקרים גם ילדים עם אוטיזם, שחווים קשיים בתקשורת עם אנשים אחרים. מדענים חושבים שהקושי הזה עשוי להיות קשור בהבדלים באופן שבו תאי העצב שלהם "מדברים" זה עם זה, בהשוואה לתקשורת בין תאי העצב אצל אנשים שאינם אוטיסטים.

לסיכום, MEG הוא כלי מדעי נהדר שעוזר לנו להבין את המוחות של ילדים. הכל הודות לאותם חוטי SQUID מגניבים ביותר ורגישותם הגבוהה לשדות המגנטיים הזעירים שנפלטים מהמוח שלכם.

## מקורות

1. Barnes, G., Hillebrand, A., and Hirata, M. 2010. Magnetoencephalogram. Scholarpedia 5:3172. doi: 10.4249/scholarpedia.3172

2. Tesan, G., Johnson, B. W., Reid, M., Thornton, R., and Crain, S. 2010. Measurement of neuromagnetic brain function in pre-school children with custom sized MEG. J Vis Exp 36:e1693. doi: 10.3791/1693

**פורסם אונליין:** 11 בינואר 2019

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

**ציטוט:** Brock J and Sowman P (2019) MEG לילדים: הקשבה למוח בעזרת מכשיר SQUID מגנטי. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2014.00010-he

#### תורגם והוטאם:

Brock, J., and Sowman, P. (2014). MEG for kids: listening to your brain with super-cool SQUIDS. Front. Young Minds. 2:10. doi: 10.3389/frym.2014.00010

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

© Brock and Sowman 2014. 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

### ESSIE, גיל: 9

נולדתי בפלורידה ואז עברתי לאינדיאנה. הפעילות האהובה עליי ביותר היא קריאה. אני גם אוהבת לרקוד ולנגן על פסנתר. אני נהנית לרקוד לצלילי "מפצח האגוזים". אבא שלי הוא פיזיקאי של דימות תהודה מגנטית (MRI). אני חושבת שהמוח האנושי הוא מרתק. אני מוכנה לחקור עוד על המוח.

### הכותבים

#### JON BROCK

העבודה העיקרית שלי היא להיות האבא של ילד קטן בשם אליוט. הוא חושב שזה יכול להיות מגניב להסתכל לתוך האף ולראות את המוח. לרוע המזל זה לא עובד, אז במקום זה אני יכול להשתמש בשיטה לדימות מוחי שנקראת MEG. אני מתעניין באופן שבו המוחות שלנו מצליחים לפרש בצורה הגיונית אוספים של קולות ושל תמונות ואיך לחלק מהילדים, כמו למשל לילדים עם אוטיזם, יש מוחות שעשויים לעבוד בצורה קצת שונה מהמוחות של ילדים אחרים.

#### PAUL SOWMAN

אני מדען שעובד בסידיני, אוסטרליה. אני מתעניין מאוד באופן שבו פועלת תנועה אנושית, בפרט כיצד מערכת העצבים שולטת על הפה שלנו. האם אי פעם תהיתם מדוע אינכם שוברים את השיניים שלכם



כשאתם נוגסים בטעות במשהו קשיח? או מדוע חלק מהילדים לא מסוגלים לדבר באופן שוטף? או מדוע חלק מהאנשים שוחקים את שיניהם בזמן השינה? אלה הם הדברים שאני מבלה את זמני בניסיון לפענח.

Hebrew version  
provided by

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

