



## שימוש במגנטים לגירוי המוח מסייע לאנשים בדיכאון

Manreena Kaur<sup>1,2\*</sup>, Karyn E. Richardson<sup>1,2</sup>, Paul B. Fitzgerald<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>מרכז המחקר הפסיכיאטרי מונש אלפרד, בית הספר הקליני המרכזי באוניברסיטת מונש, מלבורן, ויקטוריה, אוסטרליה

<sup>2</sup>מרכז Epworth לחדשנות בבריאות הנפש, Epworth בריאות, מלבורן, ויקטוריה, אוסטרליה

### סוקרים צעירים

MATTHEW  
FLINDERS  
ANGELICAN  
COLLEGE

גיל: 14-15



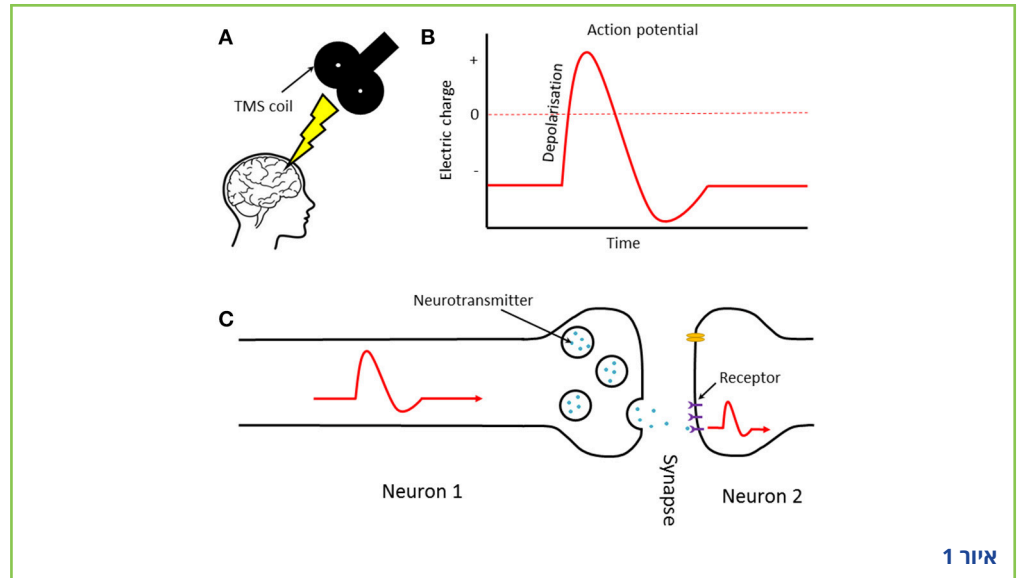
דיכאון הוא מחלה נפשית נפוצה ומגבילה שיכולה להיות קשה לטיפול ולהימשך זמן רב. אפשרויות טיפול טיפוסיות בדיכאון הן תרופות נוגדות דיכאון וטיפולים פסיכולוגיים, שהם יעילים עבור אנשים מסוימים אבל לא עבור כולם. הגורמים שנמצאים בבסיס הדיכאון אינם מובנים עדיין, אולם אחת הבעיות העיקריות קשורה בתקשורת בלתי תקינה של תאי מוח זה עם זה. גרייה מוחית מגנטית (TMS) היא שיטה שיכולה לסייע לשיפור התקשורת בין תאים במוח, ושיטה זו משפרת מצב של דיכאון אצל אנשים רבים שמצבם לא משתפר באמצעות תרופות נוגדות דיכאון. אולם הטיפול הזה לעיתים קרובות אינו זמין למטופלים רבים עם דיכאון שעשויים להיתרם ממנו, מאחר שהוא יקר ודורש מהמטופלים זמן רב. חוקרים עובדים כיום על הנגשת הטיפול הזה כך שאנשים רבים נוספים עם דיכאון יוכלו להיתרם ממנו.

### תאים במוח צריכים לתקשר זה עם זה

המוח האנושי מורכב ממיליארדי תאים שנקראים תאי עצב (נוירונים). ישנם בממוצע 100 מיליארד תאי עצב במוח שלנו [1]! האם אתם תוהים כיצד כל תאי העצב האלה נכנסים לתוך הראש שלכם? הסיבה לכך היא שהם קטנים מאוד (פחות מ-0.5 מילימטר בקוטרם), וארוזים

**איור 1**

(A) כאשר פולס TMS (גרייה מוחית מגנטית) מופעל במוח, מיוצרים פוטנציאל פועלה בתוך תאי העצב שמתחת לגולגולת. (B) כאשר מתרחש פוטנציאל פועלה, תא העצב הטעון חשמלית הופך להיות טעון חיובית, תהליך שנקרא דה-פולריזציה. (C) כאשר פוטנציאל פועלה מתקדם לאורך תא העצב, תא העצב משחרר מוליכים עצביים לתוך הסינפסה, החלל שבין תאי העצב. המוליכים העצביים נלקחים על-ידי תא עצב שני ומעוררים פוטנציאל פועלה באותו תא העצב.



איור 1

יחד באופן דחוס מאוד. ישנם הרבה סוגים שונים של תאי עצב ולכולם יש תפקידים שונים. כדי לבצע את תפקידיהם בצורה טובה הם צריכים לעבוד יחד כצוות ולתקשר אחד עם השני. זה כמו בביצוע של מטלה קבוצתית בבית הספר, שבה כל התלמידים בקבוצה נדרשים לבצע מטלות שונות כדי להשלים את הפרויקט. אם מישהו או מישהי אינם מבצעים את עבודתם, זה ישפיע על שאר הקבוצה! תאי עצב מתקשרים זה עם זה דרך "איתות כימי", תהליך שבו הם מחליפים כימיקלים שנקראים "מוליכים עצביים". כך זה מתרחש: "פוטנציאל פועלה" הוא אות חשמלי שמתקדם דרך תא העצב ומגרה אותו לשחרר את המוליכים העצביים שלו לתוך רווח שנמצא בין שני תאים ונקרא "סינפסה". לאחר מכן, תא העצב בצד השני של הסינפסה לוקח את המוליכים העצביים, שבתורם מייצרים פוטנציאל פועלה שמתקדם דרך תא העצב הזה. התהליך הזה ממשיך להתרחש בכמה תאי עצב שמחוברים זה לזה. הביטו באיור 1C כדי לראות כיצד תאי עצב מתקשרים זה עם זה. יכולתנו להפנות קשב לדברים בסביבה, לזכור מה שלמדנו וחוינו, לקבל החלטות ביומיום ולנהל את רגשותינו תלויה בטיב פעולת תאי העצב יחד כקבוצה. כאשר תאי עצב לא יכולים לבצע את עבודתם כראוי, ישנו אפקט דומינו שמתרחש בתאי עצב אחרים, וכתוצאה מכך נפגעים תפקודי מוח חשובים. זה מה שקורה במוח כשאנשים חווים מחלה נפשית.

**כיצד זה מרגיש לחוות דיכאון?**

דיכאון הוא אחת המחלות הנפשיות השכיחות ביותר [2]. 4.4% מאוכלוסיית העולם סובלת מדיכאון. זוהי כמות מבהילה של 322 מיליוני בני אדם, שהיא קרובה בגודלה לגודלה של אוכלוסיית ארצות הברית! עבור מרבית האנשים, דיכאון מתחיל כשהם צעירים, לפני גיל 30, ומאחר שדיכאון נמשך בדרך כלל זמן רב, אנשים רבים סובלים ממנו חלק גדול מחייהם [3]. אנשים עם דיכאון חווים תקופות ארוכות שבהן הם מרגישים עצובים מאוד ו/או מאבדים את יכולתם לחוות הנאה. לעיתים קרובות הם מתארים רגשות של ריקנות, חוסר ערך, אשמה, אובדן תקווה או חוסר עניין בפעילויות רבות שבעבר היו נהנים מהן. הרגשות האלה לעיתים קרובות מלווים בתסמינים אחרים כמו למשל קושי לחשוב באופן בהיר או לבצע מטלות יומיומיות, קשיי שינה בלילה, תחושות של תשישות במהלך היום ותיאבון מופחת. דיכאון הוא הגורם המוביל

**מוליכים עצביים (Neurotransmitters)**

קבוצה של שליחים כימיים שמחלפים בין תאי עצב בזמן שהם מתקשרים זה עם זה.

**פוטנציאל פועלה (Action potential)**

האות החשמלי ש"מטייל" דרך תא העצב ומשנה את המטען החשמלי שלו.

**סינפסה (Synapse)**

הרווח שבין שני תאי עצב, שבו מחלפים מוליכים עצביים בתהליך התקשורת שבין שני תאי העצב.

לחוסר תפקוד בעולם, ואנשים רבים שסובלים ממנו אינם מסוגלים לתפקד טוב מספיק כדי לעבוד, ללמוד או לשמור על קשרים עם משפחותיהם וחבריהם.

## כיצד אנו יכולים לשפר את התקשורת בין תאי העצב כדי לסייע לאנשים בדיכאון?

מדענים אינם מבינים לחלוטין את כל השינויים המוחיים המורכבים שגורמים לדיכאון. אנו יודעים שישנם כמה גורמים שממלאים תפקיד בדיכאון. שניים מהגורמים האלה הם פעילות בלתי רגילה של סוגים שונים רבים של מוליכים עצביים, ויכולת מופחתת של תאי עצב לתקן את עצמם במצב של תפקוד לקוי [4]. יחד, הגורמים האלה גורמים לתקשורת לא טובה בין תאי עצב באזורים רבים במוח.

תרופות נוגדות דיכאון יכולות לסייע לאנשים עם דיכאון באמצעות שיפור התקשורת בין תאי העצב. בעוד שנוגדי דיכאון מסייעים לאנשים רבים עם דיכאון, לפחות חצי מהמטופלים אינם מסוגלים להשיג החלמה מלאה מהדיכאון שלהם או לתחזק אותה באמצעות נוגדי דיכאון [3]. בעיה נוספת עם נוגדי דיכאון היא שהם גורמים לתופעות לוואי בלתי רצויות כמו למשל עלייה במשקל, אשר יכולות להוביל לבעיות בריאותיות אחרות. תופעות הלוואי האלה מתרחשות מאחר שתרופות שבולעים נספגות דרך המעיין, ולכן משפיעות על תאים שונים בגוף ולא רק על תאים במוח. טיפול פסיכולוגי נמצא גם הוא בשימוש נרחב כטיפול בדיכאון. הוא כולל מטופלים שפוגשים פסיכיאטרים או פסיכולוגים אשר מנחים אותם ללמוד כיצד לחשוב על רגשות הדיכאון שלהם בצורה אחרת. באמצעות אימון עצמי לשינוי אופני החשיבה על הרגשות שלנו, אנו יכולים לארגן את תאי העצב באזורים מסוימים במוח כך שהם יתקשרו טוב יותר זה עם זה [4]. הבעיה עם טיפול פסיכולוגי היא שהוא לא פועל טוב עבור כל המטופלים, ויכול לארוך חודשים רבים לפני שתסמיני הדיכאון מטופלים. לכן, הטיפולים שאנו משתמשים בהם באופן טיפוסית כנגד דיכאון הם מוגבלים, וחשוב מאוד לחקרים למצוא טיפולים חדשים ויעילים יותר.

## שימוש בשדה מגנטי לשינוי פעילותם של תאי העצב

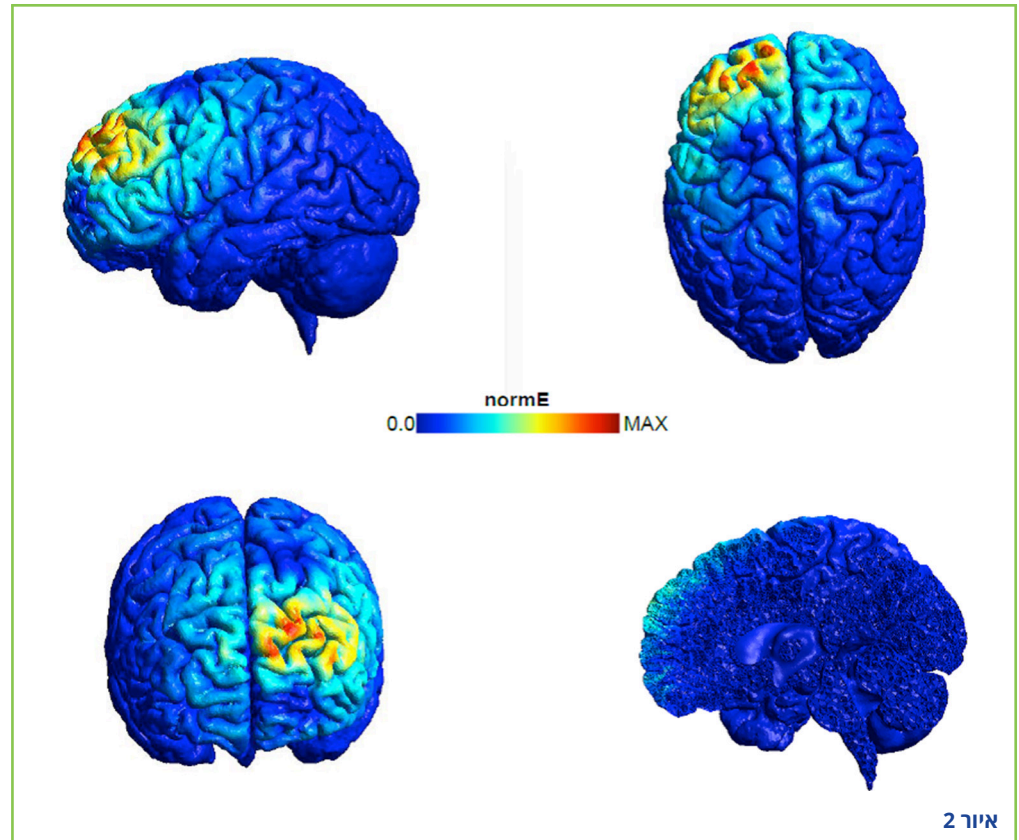
כפי שתואר בשנת 1831 על-ידי פיזיקאי מפורסם בשם מייקל פאראדיי, הפעלה של שדה מגנטי בחומר שמוליך חשמל תגרום ליצירת זרם חשמלי בחומר [5]. האם אתם זוכרים שאות של פוטנציאל פעולה הוא אות חשמלי שמתקדם בתא העצב? משמעות הדבר היא שתאי עצב טעונים חשמלית ויכולים להוליך חשמל! לכן, הפעלת שדה מגנטי תגרום להולכת זרם חשמלי דרך תאי העצב, וזה ישנה את הפעילות שלהם. כדי לשנות את פעילותם של תאי העצב השדה החשמלי צריך להיות חזק מספיק כדי ליצור זרם חשמלי בתאי העצב כמו גם בסינפסות שביניהם [1]. כאשר המטען החשמלי חזק מספיק, תא העצב יהפוך ללא מקוטב (depolarized), כלומר הוא יהפוך להיות חיובי יותר. הביטוי באיור 1B שמראה את השינוי במטען החשמלי במהלך התרחשות פוטנציאל פעולה. כאשר תא עצב עובר דה-פולריזציה, נוצר פוטנציאל פעולה. כאשר פוטנציאל הפעולה מגיע לסופו של תא העצב, הוא מגרה את שחרורם של המוליכים העצביים. לאחר מכן המוליכים העצביים מתחברים ל"קולטנים" שבתא העצב הבא בצידה השני של הסינפסה, והקולטנים האלה לוקחים את המוליכים העצביים אל תוך תא העצב הקולט. זה גורם לדה-פולריזציה באותו תא העצב, ומייצר פוטנציאל פעולה. איור 1 מדגים את התהליכים האלה. כעת, האם אתם יכולים לדמיין כיצד הפעלת זרם חשמלי

### דה-פולריזציה (Depolarization)

כאשר מטענו החשמלי של תא עצב נעשה חיובי, מה שמרחש במהלך היווצרות פוטנציאל פעולה.

## איור 2

דיאגרמה של פעילות חשמלית שיוצרה במוח כאשר TMS הופעל על קליפת המוח הקדם-מצחית. כל תמונה מראה את המוח מזווית אחרת. צבעים קרים יותר מצביעים על גדילה של מטען שלילי, וצבעים חמים יותר מצביעים על גדילה של מטען חיובי. התמונות האלה מראות בבירור כמה מהמוח מגורה על-ידי TMS שמופעל על הקרקפת.



איור 2

על תאי עצב על פני השטח של המוח יכולה לגרום לאפקט דומינו של תקשורת לכל תאי העצב האחרים שמחוברים אליו באמצעות סינפסות?

## גירוי חשמלי של המוח באמצעות מגנטים יכול לשפר דיכאון

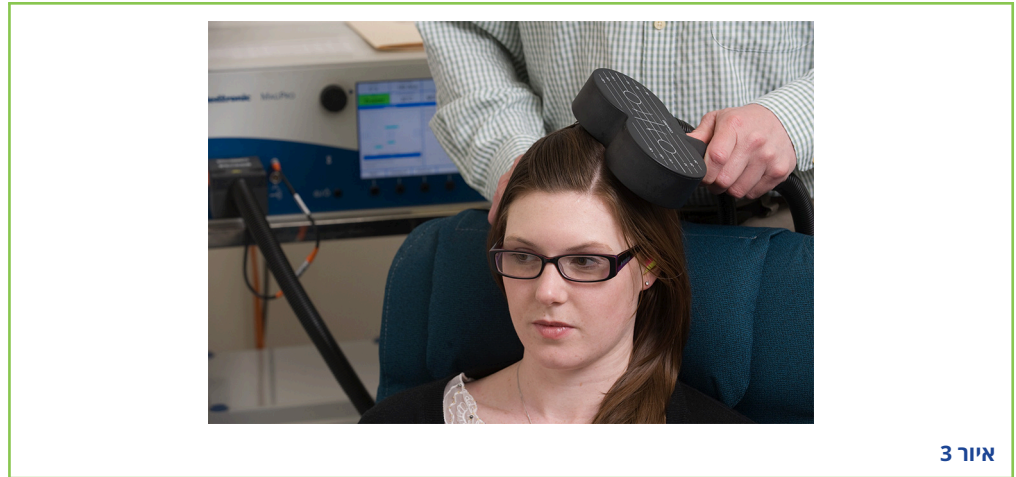
בשנת 1985 הומצא מכשיר שיכול לשנות את הפעילות של תאי עצב באמצעות הפעלת שדה מגנטי על גבי הקרקפת, שיטה שנקראת **גרייה מוחית מגנטית** (Transcranial magnetic stimulation - TMS) [5]. בשיטה זו שדה מגנטי עובר דרך הגולגולת במטרה לגרות את תאי העצב שמתחת לגולגולת. כאשר TMS הומצא לראשונה, חוקרים היו נרגשים מאוד להשתמש בו כדי להבין אלה אזורים במוח מחוברים לאזורים שונים בגוף. לדוגמה, הם למדו שהפעלת TMS במקומות מסוימים על הקרקפת גרמה לידו של האדם לקפצץ! כך התגלה האזור במוח שאחראי על שליטה בתנועות שריר היד! העניין בדבר יכולתו של TMS לטפל בדיכאון גדל בשנות ה-90, כאשר נערכו המחקרים הראשונים שהשתמשו בסריקה מוחית כדי להסתכל על תמונות של המוח במצב של דיכאון. המחקרים האלה הראו שהצד השמאלי של קליפת המוח הקדם-מצחית, אחד מאזורי המוח, היה פחות פעיל במצב של דיכאון, מה שהוביל חוקרים לשאול אם הם יכולים להשתמש ב-TMS כדי להגביר את פעילות תאי העצב באזור זה במוח. הממצאים הראשוניים של TMS שהופעל על קליפת המוח הקדם-מצחית עבור טיפול בדיכאון הראו שיפור בתסמיני הדיכאון, מה שהיה מרגש מאוד! הביטוי באיור 2 כדי לראות את תבנית הפעילות החשמלית בזמן ש-TMS הופעל על קליפת המוח הקדם-מצחית.

### גרייה מוחית מגנטית (TMS) Transcranial magnetic stimulation

שיטה שבה מופעל פולס מגנטי על הקרקפת והוא מתקדם דרך הגולגולת עד למוח, שם הוא משַׁרְה זרם חשמלי בתאי העצב.

**איור 3**

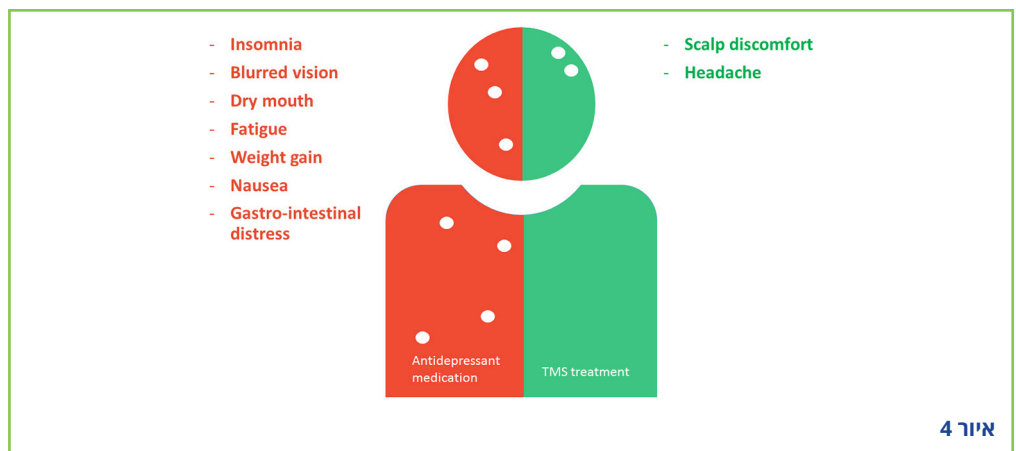
מטופלת מקבלת גירוי TMS.



**איור 3**

**איור 4**

השוואה בין תופעות לוואי שאנשים חווים עם תרופות נוגדות דיכאון לעומת עם טיפול TMS. אתם יכולים לראות שתוצאות טיפול ה-TMS מובילות לפחות תופעות לוואי מאשר תרופות נוגדות דיכאון.



**איור 4**

במשך 20 השנים האחרונות נערכו מחקרים רבים על שימוש ב-TMS לטיפול בדיכאון. באופן טיפוסי, טיפול TMS נמשך 20 דקות, 5 ימים בשבוע במשך 4 שבועות. באיור 3 אתם יכולים לראות תמונה של מטופלת שמקבלת גירוי TMS. TMS יחסית בטוח לשימוש. תופעות הלוואי השכיחות הן עדינות כמו כאב ראש חלש, ותופעות לוואי קשות הן נדירות מאוד. כפי שאתם יכולים לראות באיור 4, בהשוואה לתרופות נוגדות דיכאון ישנן מעט תופעות לוואי שנצפו כתוצאה משימוש ב-TMS, ותופעות הלוואי האלה מתרחשות רק באזור הקרקפת ולא בגוף כולו. כמה מחקרים זהירים מאוד על אוכלוסיית מטופלים גדולה הראו שהפעלת TMS על קליפת המוח הקדם-מצחית השמאלית היא יעילה עבור טיפול בדיכאון אצל אנשים שלא חווים שיפור באמצעות נוגדי דיכאון. נמצא גם ש-TMS משפר כישורי חשיבה שבאופן רגיל מושפעים במצב של דיכאון. התוצאות החיוביות האלה הובילו לאישור של טיפול TMS כנגד דיכאון על-ידי כמה גופים ממשלתיים ברחבי העולם. אולם כמו טיפולי דיכאון אחרים, TMS לא עובד לכולם – הוא עובד עבור כמחצית מהמטופלים שעבורם נוגדי דיכאון לא עובדים. בכל שנה טיפול TMS מספק תקווה מחודשת ושינויים חיוביים בחייהם של אלפי אנשים. הנה דוגמה למה שאמר אחד המטופלים שלנו שקיבל טיפול TMS כנגד דיכאון במרכז המחקר הפסיכיאטרי מונש אלפרד (אוסטרליה): “נכנסתי ויצאתי מבית החולים במשך חודשים וניסיתי כל נוגד דיכאון שיש... ואז הפסיכיאטר שלי הציע TMS ואחרי הסשן הראשון כבר הרגשתי הרבה יותר טוב. בפעם הראשונה במשך שנים יכולתי לחשוב בבהירות ולקבל החלטות רציונאליות. הרגשתי על גג העולם, כאילו שזה הציל לי את החיים”.

## עמיד טיפול ה-TMS כנגד דיכאון

מאחר שטיפול TMS צריך להיות מבוצע על-ידי מומחים רפואיים והוא מצריך זמן רב, הטיפול יקר ולא כל המטופלים יכולים להרשות אותו לעצמם. מטרתנו כיום היא להפוך את טיפול ה-TMS לנגיש יותר, כך שיותר מטופלים יוכלו להיתרם ממנו. אנו מסייעים להפוך את ה-TMS לנגיש על-ידי חקירת דרכים לקיצור משך הטיפול ב-TMS, ולקדם את הסבסוד של חלק מעלויות הטיפול על-ידי ביטוח בריאות או טיפולים רפואיים שמספקים על-ידי הממשלה. הגברת התקווה של מטופלים שסובלים מדיכאון, בפרט אלה שאין להם אפשרויות טיפול אחרות, גורמת לתחום של חקר ה-TMS להיות חשוב ובעל ערך רב.

## תודות

אנו רוצים להודות ל-Aron T. Hill עבור יצירת איור 3, פוטנציאל השדה החשמלי של TMS בחלק השמאלי של קליפת המוח הקדם-מצחית.

## מקורות

1. Wickens, A. 2009. *Introduction to Biopsychology*. Harlow: Pearson Education.
2. World Health Organization. 2017. *Depression and Other Common Mental Disorders: Global Health Estimates*. Geneva: World Health Organization.
3. McIntyre, R. S., Filteau, M. J., Martin, L., Patry, S., Carvalho, A., Cha, D. S., et al. 2014. Treatment-resistant depression: definitions, review of the evidence, and algorithmic approach. *J. Affect. Disord.* 156:1–7. doi: 10.1016/j.jad.2013.10.043
4. Dean, J., and Keshavan, M. 2017. The neurobiology of depression: an integrated view. *Asian J. Psychiatr.* 27:101–11. doi: 10.1016/j.ajp.2017.01.025
5. Fitzgerald, P. B., and Daskalakis, Z. J. 2013. *Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Treatment for Depressive Disorders: A Practical Guide*. Berlin; Heidelberg: Springer Science & Business Media.

פורסם אונליין: 22 באוקטובר 2020

נערך על ידי: Daniel F. Hermens, Sunshine Coast Mind and Neuroscience Thompson Institute, University of the Sunshine Coast, Australia

**ציטוט:** Kaur M, Richardson KE and Fitzgerald PB (2020) שימוש במגנטים לגירוי המוח מסייע לאנשים בדיכאון. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2019.00026-he

**תורגם והותאם:** Kaur M, Richardson KE and Fitzgerald PB (2019) Using Magnets to Stimulate the Brain Helps People With Depression. *Front. Young Minds* 7:26. doi: 10.3389/frym.2019.00026

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

**COPYRIGHT** © 2019 © 2020 Kaur, Richardson and Fitzgerald. 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 (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

### 15-14 גיל: MATTHEW FLINDERS ANGLICAN COLLEGE

הסוקרים הצעירים של Matthew Flinders Anglican College הם מדענים ממולחים שנהנים לדבר על אתגרים. הם חבורה משתפת פעולה של מוחות צעירים, עם עניין משותף במדע, במוזיקה ובספורט. הסוקרים הצעירים האלה נהנים באופן עמוק להיות חלק מ-Frontiers for Young Minds ונרגשים להיות מעורבים באופן שבו המדע מתקשר ומעוצב.

## הכותבים

### MANREENA KAUR

כחלק ממלגת המחקר שלי במרכז המחקר הפסיכיאטרי מונש אלפרד, המחקר שלי מתמקד בחקירת טיפולים באמצעות שיטות גירוי מוחי כנגד דיכאון וסקיזופרניה, במיוחד עבור אנשים צעירים. תמיד הייתי מסוקרנת מהאופן שבו הנוף, המוח והנפש עובדים, ואני מסורה לשיפור חייהם של אנשים עם מחלות נפשיות באמצעות סיוע בסיפוק אפשרויות טיפול נוספות עבורם. כשאני עוסקת במדע אני אוהבת להקשיב למוזיקה חדשה ולחקור אותה, לטייל סביב לעולם ולבלות עם חבריי ומשפחתי! \*manreena.kaur@monash.edu

### KARYN E. RICHARDSON

אני חוקרת ופסיכולוגית עם תשוקה להבנת האופן שבו המוח האנושי פועל ומשפיע על ההתנהגות שלנו. עבודתי על כמה מחקרים באמצעות גירוי מוחי כטיפול בדיכאון, ואני מתעניינת בחקירת האופן שבו אנו יכולים להשתמש בגירוי מוחי כדי לסייע לאנשים שחוו שבץ מוחי. בזמני הפנוי אני נהנית לבלות עם משפחתי מחוץ לבית.

### PAUL B. FITZGERALD

אני פרופסור לפסיכיאטריה במרפאת Epworth ובמרכז המחקר הפסיכיאטרי מונש אלפרד. דרך עבודתי כפסיכיאטר ראיתי צורך עמוק בטיפולים יעילים יותר עבור אנשים עם מחלות נפשיות. מאז הקדשתי את הקריירה שלי להבנת האופן שבו המוח פועל, ולפיתוח טיפולים חדשים שמבוססים על גירוי מוחי עבור אנשים עם מחלות נפשיות. אני גם עובד במטרה להפוך את הטיפולים האלה נגישים יותר למטופלים. העניין שלי בטיפולים של גרייה מוחית חשמלית ומגנטית עשוי להיות קשור או שלא לעובדה שבשנות ה-20 המוקדמות של חיי הוכתי על-ידי ברק.



Hebrew version  
provided by

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

