



## חיידקי מעיים שמחים, מוח שמח: ציר המיקרוביוטה-מעיים-מוח

Juan M. Lima-Ojeda<sup>1,2\*</sup>, Rainer Rupprecht<sup>1</sup>, Thomas C. Baghai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה לפסיכיאטריה ופסיכותרפיה, אוניברסיטת רגנסבורג, רגנסבורג, גרמניה  
<sup>2</sup>המרכז למדעי המוח, מכון הליסינקי למדעי החיים, אוניברסיטת הליסינקי, הליסינקי, פינלנד

### סוקרים צעירים

AMELIE  
גיל: 10



ARMAN  
גיל: 10



ARMIN  
גיל: 10



בכדור הארץ אנו פוגשים מספר מדהים של יצורים שחיים יחד. כל יצור הוא ייחודי. כולם מתקשרים זה עם זה, ללא גבולות, והופכים את העולם הזה, העולם שלנו, למקום יפהפה לחיות בו. חיידקים הם אורגניזמים קטנטנים שנמצאים כמעט בכל מקום, כולל על הגוף שלנו. חיידקי המעיים מתקשרים באופן הדוק עם המוח. תקשורת תקינה בין חיידקי המעיים לבין המוח חשובה עבור הבריאות הנפשית. נסיבות שפוגעות בחיידקי המעיים שלנו עלולות לפגוע גם במוח. יתרה מזאת, לחץ נפשי יכול לפגוע בחיידקים שחיים במעיים שלכם. אנו צריכים לדאוג לחיידקי המעיים שלנו. דיאטה מאוזנת שכוללת דגים, ירקות, פירות ומים יכולה לסייע לחיידקי המעיים שלנו להיות בריאים. חיידקי מעיים בריאים ישפיעו באופן חיובי על המוח ועל מצב הרוח שלנו. "חיידקי מעיים שמחים" יסייעו לנו לחוות "מוחות שמחים".

## חיידקים: אורגניזמים קטנטנים שחיים בתוך הגוף ועליו

ככל הנראה שמעתם על חיידקים. חיידקים הם יצורים קטנטנים שקשה לראות ללא מיקרוסקופ. הם חיים כמעט בכל מקום. חיידקים נמצאים במה שאנו אוכלים ונוגעים בו. הם חיים בתוך הגוף שלנו ועליו. אפשר למצוא חיידקים שחיים במעיים או על העור. מיליונים רבים מהם מאכלסים את הגוף שלנו. בגופנו ישנם יותר חיידקים מאשר תאים אנושיים.

באופן רגיל אנו מקשרים בין חיידקים לבין מחלות. אנו אומרים שחיידקים הם מסוכנים רק אם הם גורמים למחלה. אולם מרבית החיידקים בגוף שלנו מועילים לבריאותנו. מרבית הזמן הגוף מסוגל לשלוט ב"חיידקים רעים". כשגופנו לא מצליח לשלוט בהם, הכרחי ללכת לרופא. רופאים יעריכו אם אנו צריכים טיפול כדי לשלוט בחיידקים, או לא. ישנן תרופות שיכולות להרוג חיידקים או למנוע מהם לגדול. התרופות האלה נקראות אנטיביוטיקה. חשוב לדעת שאנטיביוטיקה הורגת גם חיידקים רעים וגם חיידקים טובים. לכן, חשוב לקחת אנטיביוטיקה רק אם זה הכרחי ממש, כדי לשמור על החיידקים הטובים בחיים.

במהלך חייו אנו רוכשים חיידקים. בכל חלק בגוף האדם יש סוגים שונים של חיידקים. חיידקים שחיים בפה שונים מאלה שחיים בשיער. חיידקים מגיעים לגוף שלנו מוקדם מאוד. לדוגמה, כשאנו נולדים אנו רוכשים את החיידקים הראשונים שלנו דרך מגע עם העור של האימהות שלנו. נוסף על כך כשאנו ילודים צעירים אנו מקבלים כמות משמעותית של חיידקים מהמזון שאנו אוכלים. חלב שד הוא אחד המקורות הראשונים של החיידקים הטובים שלנו.

## מיקרוביוטה של המעיים: גן עדן עבור חיידקים בגוף

המיקרוביוטה האנושית היא מילה שאנו משתמשים בה שמתייחסת לכל אוכלוסיית החיידקים ושאר האורגניזמים שחיים בתוך גוף האדם ועליו. מערכת העיכול היא חלק מהגוף שבו חיה אוכלוסיית החיידקים הגדולה ביותר: בסביבות 100 מיליארד חיידקים חיים שם [1]. הפה, הוושט, הקיבה והמעיים בונים את מערכת העיכול. חיידקים ואורגניזמים אחרים שחיים במערכת העיכול נקראים מיקרוביוטה של המעיים. במאמר זה אנו נתמקד בחיידקים של הקיבה והמעיים.

בכל פעם שאנו אוכלים או שותים משהו, זה עובר דרך מערכת העיכול. זה המקום שבו מתרחש עיכול המזון. עיכול הוא תהליך שבו אנזימים וחומצות ממירים מזון לחתיכות קטנות מאוד שהמעיים יכולים לספוג. אנזימים הם מולקולות שמסייעות להמיר משהו למשהו אחר מהר מאוד. לדוגמה, במערכת העיכול אנזימים ממירים חתיכות מזון לפיסות קטנות. תאים של הקיבה והמעיים מייצרים את האנזימים והחומצות האלה. יחד עם תאי הקיבה והמעיים, חיידקי המעיים מסייעים לגוף עם עיכול מזון. באמצעות עיכול, הגוף האנושי מקבל את חומרי המזון שהוא צריך כדי לפעול ולגדול, כמו חלבונים, סוכרים, שומנים וויטמינים. חיידקים גם מסייעים לייצר חלק מחומרי המזון האלה. חיידקים מסוגלים להמיר מולקולות מזון לאנרגיה בגוף האדם. למעשה, חיידקי מעיים מייצרים בסביבות 10% מהאנרגיה שהגוף משתמש בה [2]. בגוף האדם המערכת האנדוקרינית מנהלת את האנרגיה שהגוף צריך. תאים אנדוקריניים מייצרים הורמונים, שהם מולקולות המאפשרות לתאים האנדוקריניים לתקשר עם תאים אחרים בגוף. דרך התקשורת הזו המערכת האנדוקרינית יודעת אם קבוצת התאים זקוקה ליותר אנרגיה

### מיקרוביוטה (Microbiota)

מיקרואורגניזמים שחיים בסביבה מסוימת. לדוגמה, המיקרוביוטה האנושית היא קבוצת המיקרואורגניזמים שחיים בתוך גוף האדם ועליו.

### מערכת העיכול (Gastronomical tract)

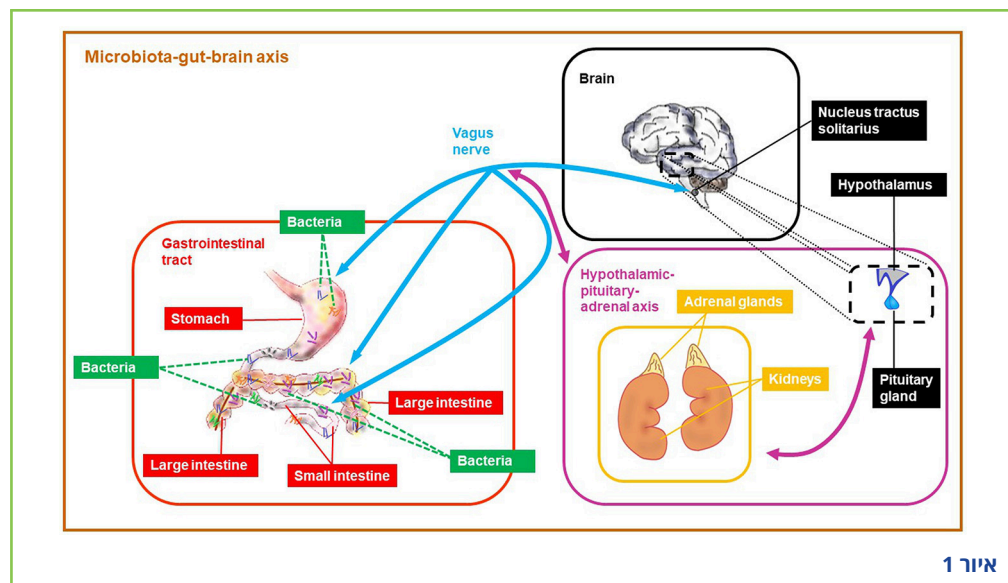
איבר שכולל את הפה, הוושט, הקיבה והמעיים. זה המקום שבו מתרחש עיכול המזון, וביתם של הרבה מאוד חיידקים.

### הורמונים (Hormones)

מולקולות שמאפשרות לתאים האנדוקריניים לתקשר עם תאים אחרים בגוף. הם חשובים לניהול האנרגיה שהגוף צריך.

**איור 1**

ציר המיקרוביוטה-מעיים-מוח (MGB) שמקשר בין חיידקי המעיים למוח. זהו ציר דו-כיווני שמשמש בעצב התועה כקשר מרכזי. האיור הזה כלל את ציר ה-HPA (היפותלמוס-אדרנל - hypothalamic-pituitary-adrenal axis) ואת קשריו עם ציר ה-MGB.



איור 1

או אם יש לה יותר מדי אנרגיה. אצל בני אדם מערכת החיסון מגינה על הגוף מפני מחלות. נוכחות של חיידקים בתוך גוף האדם ועליו מסייעת לנו לקיים מערכת חיסון חזקה יותר. מערכת החיסון לומדת מהחיידקים כיצד להגן על הגוף כנגד מחלות. כאשר הגוף בא במגע עם חיידקים, הוא מגביר את מנגנוני ההגנה שלו. זה מסייע להפחית את החיידקים הרעים ולשפר את הסביבה עבור חיידקים טובים, מה שגורם למערכת העיכול הבריאה להיות גן עדן עבור החיידקים הטובים.

**ציר המיקרוביוטה-מעיים-מוח: קשר בין חיידקי המעיים והמוח**

**ציר המיקרוביוטה-מעיים-מוח (MGB)** הוא קשר בין חיידקי המעיים למוח (איור 1). זה כמו קו טלפון ישיר בין חיידקי המעיים והמוח. ציר ה-MGB הוא מערכת חיסון נוירו-אנדוקרינית. משמעות הדבר היא שהיא מקשרת בין מערכת העצבים, המערכת האנדוקרינית ומערכת החיסון (איור 2).

המוח הוא חלק ממערכת העצבים. הוא מרכז הבקרה הראשי של הגוף. המוח מורה לשרירים שלנו לזוז. הוא מפרש את כל הדברים שאנו חשים. המוח הוא המקור של המחשבות ומצבי הרוח שלנו. מדענים מחלקים את מערכת העצבים לשתי תת-מערכות: מערכת העצבים המרכזית שכוללת את המוח ואת עמוד השדרה, ומערכת העצבים ההיקפית שכוללת את כל קשרי העצבים מחוץ למוח ולעמוד השדרה.

מערכת העיכול מחוברת למוח דרך עצב חשוב שמכונה **העצב התועה**. העצב התועה הוא כמו כבל שמחבר בין הלב, מערכת העיכול והריאות לבין המוח. העצב התועה מקשר לאזור במוח שנקרא **היפותלמוס**, שהוא אזור במוח ששולט ברעב וברגשות. ציר ה-MGB משתמש בעצב התועה כקו טלפון ראשי. התקשורת הזו עוברת בשני הכיוונים, כלומר מיקרוביוטת המעיים יכולה לתקשר עם המוח דרך העצב התועה, אולם גם המוח יכול לתקשר עם מיקרוביוטת המעיים דרך אותו הציר.

**ציר**

**מיקרוביוטה-מעיים-מוח (MGB axis - microbiota-gut-brain axis)**

חיבור דו-כיווני בין חיידקי המעיים והמוח. זוהי חוליה מקשרת בין מערכת העצבים, המערכת האנדוקרינית ומערכת החיסון.

**העצב התועה (Vagus nerve)**

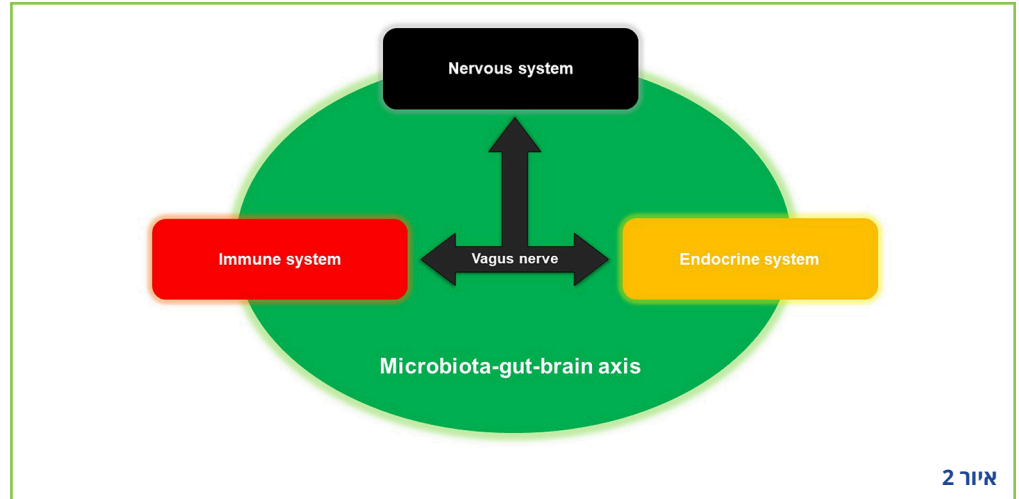
עצב ארוך שמקשר בין הלב, מערכת העיכול והריאות לבין המוח.

**היפותלמוס (Hypothalamus)**

אזור במוח ששולט ברגשות ובתפקודים כמו רעב וצמא.

**איור 2**

ציר המיקרוביוטה-מעיים-מוח (MGB) שמחבר בין מערכת העצבים, המערכת האנדוקרינית ומערכת החיסון. התקשרות בין המערכות האלה מתאפשרת בעיקר דרך העצב התועה.



איור 2

**מיקרוביוטת המעיים וויסות רגשי: חיידיקים שמחים, מוח שמח**

מאחר שההיפותלמוס שולט ברגשות, הוא גם מבנה חשוב במוח עבור ויסות של לחץ (סטריס). סטריס הוא תגובה של הגוף שלנו למשהו שמתרחש בסביבה. דוגמאות לדברים יומיומיים שמייצרים סטריס הם פעילויות כמו אימוני ספורט, הליכה לבית הספר ושיבה בחדר בחינה. בגוף האדם, מערכת העצבים וציר אחר שנקרא **ציר ההיפתלמוס-יותרת המוח-אדרנל** (HPA) הם המערכות העיקריות שמגיבות לסטריס. ציר ה-HPA כולל את הבלוטות שמייצרות חומר שנקרא **קורטיזול**, שהוא הורמון שמכין את הגוף להתמודד עם מצבי לחץ. ההורמון הזה אומר לתאי הגוף שהם צריכים לייצר מספיק אנרגיה כדי להתמודד עם המצב המלחיץ. חלק מהנסיבות הסביבתיות שמדאיגות אותנו או גורמות לנו להיות עצובים יכולות לגרום לתגובת סטריס בגוף שנמשכת כמה שבועות, חודשים או אפילו שנים. הסטריס ארוך הטווח הזה יכול לשנות את התפקוד התקין של ציר ה-HPA. משמעות הדבר היא שאחרי מצבי דאגה ארוכי טווח גוף האדם יכול לחוות בעיות בוויסות תגובותיו לסטריס. ברמת ציר ה-MGB, סטריס ארוך טווח יכול להזיק לחיידיקים שחיים במעיים. זה קורה מאחר שציר ה-HPA גם מקושר לציר ה-MGB. מאחר שתקשורת דרך הציר יכולה להתרחש לכל כיוון, גורמי סטריס שמשפיעים על המוח יכולים גם לפגוע במעיים ובחיידיקים שחיים בהם. נסיבות חיים קשות יכולות להיות מספיקות כדי להפחית את המגוון (כמות הסוגים השונים) של חיידיקי המעיים, ולהגדיל את מספר החיידיקים הרעים במעיים. השינויים האלה במיקרוביוטה של המעיים יכולים לגרום גם לשינויים במוח – להעלות את הסיכון לחוות לקויות מוחיות כמו דיכאון. דיכאון הוא לקות מוחית שמשפיעה על רגשותיו של האדם. אנשים עם דיכאון מרגישים עצובים ואשמים במשך זמן רב. אולם איננו יודעים בדיוק מהם המנגנונים שמייצרים דיכאון. ייתכן שהשינויים בגוף שגורמים לדיכאון מערבים את השתתפותן של שלוש מערכות שמרכיבות את ציר ה-MGB: מערכת העצבים, המערכת האנדוקרינית ומערכת החיסון. יחד עם סטריס רגשי, תזונה לקויה ושימוש רב באנטיביוטיקה הם מהווים את גורמי הסיכון שעשויים לשנות את ציר ה-MGB ולהעלות את הסיכון לפתח דיכאון.

**ציר היפותלמוס-יותרת המוח-אדרנל (HPA axis - hypothalamic-pituitary- adrenal axis)**

מערכת שכוללת את ההיפותלמוס, בלוטת יותרת המוח ובלוטת האדרנל. היא מקשרת בין מערכת העצבים למערכת האנדוקרינית. היא שולטת בתגובה של הגוף שלנו לסטריס.

**קורטיזול (Cortisol)**

הורמון שמוצר על-ידי ציר ה-HPA אשר מכין את הגוף להתמודד עם מצבי לחץ – מגדיל את רמת הסוכר בדם, מדכא את מערכת החיסון ומקדם הנעה של שומנים וחלבונים.

## איך לדאוג למיקרוביוטת המעיים: שימו לב למה שאתם אוכלים

תקשורת תקינה בין חיידקי המעיים והמוח חשובה כדי לחוות בריאות נפשית טובה. ציר ה-MGB גורם לתקשורת הזו להתאפשר. מדענים עדיין מנסים להבין כיצד הציר הזה עובד בדיוק, אולם ברור שיש קשר בין מוח בריא לבין תפקודו של ציר ה-MGB.

דיאטה היא ככל הנראה האסטרטגיה החשובה ביותר עבור שמירה על ציר MGB בריא. דיאטה מאוזנת שכוללת דגים, ירקות, דגנים, פירות ומים חשובה לשמירה גם על מתפקד וגם על מצב רוח טוב. לאוכל שאנו צורכים יש השפעה ישירה על החיידקים שלנו ועל הבית שלהם – הגוף שלנו.

מטופלים שסובלים מדיכאון עשויים להיתרם מהמחקר הזה על ציר ה-MGB. מטופלים אלה עשויים להיות מסוגלים לשפר את מצבם באמצעות דיאטה בריאה. ההרגלים שלנו, כמו דיאטה, ללא ספק משפיעים על מצב הרוח שלנו כך שאנו צריכים לדאוג לדיאטות שלנו. אכלו טוב והיו מאושרים!

## תרומת המחברת

JL-O, TB RR הם מחברים שווי תרומה של מאמר המקור. JL-O כתב את הטיטוה הראשונה של כתב היד הזה. כל המחברים תרמו לסקירת כתב היד, קראו ואישרו את הגרסה הסופית.

## מימון

JL-O נתמך על-ידי מלגת מחקר Feodor Lynen מקרן Alexander von Humboldt. מאמר המקור נתמך על-ידי משרד החינוך והמחקר הפדרלי הגרמני (BMBF), מענק מחקר מספר 01EE1401B שהוענק ל-TB RR ול-JL-O.

## מאמר המקור

Lima-Ojeda, J. M., Rupprecht, R., and Baghai, T. C. 2017. "I am I and my bacterial circumstances": linking gut microbiome, neurodevelopment, and depression. *Front. Psychiatry* 8:153. doi: 10.3389/fpsy.2017.00153

## מקורות

1. Pacheco, A. R., and Sperandio, V. 2015. Enteric pathogens exploit the microbiota-generated nutritional environment of the gut. *Microbiol. Spectr.* 3. doi: 10.1128/microbiolspec.MBP-0001-2014
2. Elson, C. O., and Alexander, K. L. 2015. Host-microbiota interactions in the intestine. *Dig. Dis.* 33:131–6. doi: 10.1159/000369534

פורסם אונליין: 29 באוקטובר 2020

**נערך על ידי:** Viduranga Y. Waisundara, Australian College of Business and Technology- Kandy Campus, Sri Lanka

**ציטוט:** Lima-Ojeda JM, Rupprecht R and Baghai TC (2020) חיידקי מעיים שמחים, מוח שמח: ציר המיקרוביוטה-מעיים-מוח. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2019.00015-he

**תורגם והותאם:** Lima-Ojeda JM, Rupprecht R and Baghai TC (2019) Happy Gut Bacteria, Happy Brain: The Microbiota-Gut-Brain Axis. Front. Young Minds 7:15. doi: 10.3389/frym.2019.00015

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

**COPYRIGHT** © 2019 © Lima-Ojeda, Rupprecht and Baghai 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 (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

### AMELIE, גיל: 10

אני מרותקת ממדע ובפרט מהגוף האנושי והאופן שבו הוא עובד. לאחרונה איירתי ספר מדע לילדים. אני גם אוהבת לטייל והטיולים האהובים עליי היו טיפוס בהרי Rila בבולגריה, וכן האכלה ושטיפה של פילים במרכז שיקום לפילים בתאילנד.

### ARMAN, גיל: 10

הי, שמי ארמן ואני גר בקנדה. אני בן 10 בכיתה ה'. אני יכול לדבר שלוש שפות באופן שוטף: אנגלית, צרפתית ופרסית. אני נהנה לנגן בגיטרה, לשחק כדורסל ולגו. אני אוהב לקרוא את ה"הוביט" של J. R. R Tolkien "הארי פוטר והילד המקולל" של J. K. Rowling ו"שר הטבעות" של J. R. R Tolkien. אימא שלי היא מדענית ואני אוהב מדע, במיוחד ביולוגיה. אני אוהב לקרוא וללמוד על האופן שבו תאים בגוף שלנו פועלים במצב בריא ובמצב של מחלה.

### ARMIN, גיל: 10

הי, שמי ארמין ואני בן 10. אני גר בקנדה ולומד בכיתה ה'. בזמני הפנוי אני אוהב לנגן בפסנתר, לקרוא ספרים ולעשות ספורט. אני יכול לדבר שלוש שפות: אנגלית, צרפתית ופרסית. חשבתי שזה יהיה ממש מגניב להיות סוקר ומעורב בפרסום מדעי. אני מתעניין בסקירת מאמרים עבור Frontiers for Young Minds מאחר שאני רוצה ללמוד על האופן שבו המוח שלנו פועל; כיצד התאים שלנו מתקשרים זה עם זה וכיצד אנו נעשים חולים.



## הכותבים

### JUAN M. LIMA-OJEDA

אני הופא ומדען שעובד באוניברסיטת הלסינקי. תחום העבודה של הוא פסיכיאטריה. אני מנסה להבין גם את הגורמים וגם את המנגנונים שמייצרים מחלות נפשיות כמו למשל דיכאון, חרדה וסכיזופרניה, במטרה לשפר את אפשרויות הטיפול עבור מטופלים. אני אוהב לחוות תרבויות שונות ולהנות מהמגוון של העולם הזה. יתרה מזאת, אני אוהב לבלות עם המשפחה שלי. \*juan.limaojeda@helsinki.fi

### RAINER RUPPRECHT

אני ראש מחלקת פסיכיאטריה ופסיכותרפיה באוניברסיטת רגנסבורג, גרמניה. אני מתעניין בטיפולים חדשים עבור חולים שסובלים מדיכאון ומחרדה. אני גם מוזיקאי ואוהב לנגן מוזיקה קאמרית.

### THOMAS C. BAGHAI

אני מנהל השירותים הרפואיים של מכונים רפואיים ב-District of Upper Palatinate (Oberpfalz) בבוואריה, גרמניה. אני גם חוקר ראשי בקבוצת מחקר של מדעי המוח הקליניים ומחקר דיכאון באוניברסיטת רגנסבורג. תחום העניין העיקרי שלי הוא לשפר את הטיפולים במטופלים שסובלים ממחלות נפשיות כמו דיכאון וחרדה. נוסף על כך אני מתעניין באינטראקציות המרובות שבין דיכאון למחלות לב. כשאני עובד אני אוהב לטייל, לטפס, לרכוב על אופניים בהרים ולרכוב על סוסים.



Hebrew version  
provided by

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

