

## איך בלוטות יותרת הפליה עוזרות להתמודד עם לחץ

Gerard Ruiz-Babot<sup>1\*</sup> | Miriam Veiras Becerra<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>בית החולים לילדים של בוסטון, בית הספר לרפואה של הרווארד, בוסטון, מסצ'וסטס, ארצות הברית  
<sup>2</sup>מרכז ג'נדרה, ספרינגפילד, מסצ'וסטס, ארצות הברית

### סוקרים צעירים

CHI LOK  
גיל: 11



FURQAN  
גיל: 10



JASPER  
גיל: 11



LIAM  
גיל: 12



קרה לכם פעם שהרגשתם לחוצים או לא רגועים לפני מבחן קשה בבית הספר? במצבים כאלה מתחילות לפעול בלוטות קטנות שיושבות בחלק העליון של הכליות ונקראות בלוטות יותרת הפליה. התפקיד העיקרי של הבלוטות האלו הוא לייצר הורמונים – מולקולות האחראיות לתפקודים רבים בגוף. אחד ההורמונים שבלוטות יותרת הכליה מייצרות נקרא קורטיזול והוא עוזר לנו להתמודד עם מצבי לחץ. יש אנשים שהגוף שלהם לא מצליח לייצר קורטיזול. לאנשים האלה יש מחלה בשם "מחלת אַדיסון" (Addison's disease), והם צריכים לקבל קורטיזול במשך כל החיים. במאמר הזה נלמד מֶהן בלוטות יותרת הכליה, איך הן עוזרות לנו לשמור על גוף בריא ואיך אנשים עם מחלת אדיסון מתמודדים איתה.

### מהי מחלת אַדיסון?

תומס אַדיסון היה רופא בריטי. במהלך עבודתו בבית החולים Guy בלונדון, הוא היה הראשון שהבחין בכך שכמה מהמטופלים שלו חסרי מנוחה, חיוורים, עם חולשה הולכת וגדלה בשרירים ומתקשים להתרכז. בשנת 1855 הוא תיאר את תצפיותיו בכתב-עת ביו-רפואי,

## מחלת אדיסון

### (Addison's Disease)

מצב רפואי לא נפוץ שמשפיע על בלוטת יותרת הפלגיה. הוא מתרחש כאשר הגוף לא מייצר רמות מספקות של הורמונים מסוימים.

## בלוטות יותרת הפלגיה

### (Adrenal Glands)

איברים הממוקמים על גבי הכליות. הם מייצרים הורמונים שדרושים לשמירה על בריאות הגוף, ביניהם את ההורמון קורטיזול.

## הורמונים

### (Hormones)

חומרים שמוצרים בתאים ייעודיים בגוף ומשתחררים לזרם הדם. ההורמונים מעבירים "מסרים" ברחבי הגוף שעוזרים לו לתפקד כראוי.

## קורטיזול

### (Cortisol)

הורמון שמוסרת מגוון רחב של תהליכים בגוף, כולל חילוף חומרים, התגובה של מערכת החיסון ותגובת הגוף ללחץ.

## איור 1

לבני אדם בריאים יש רמות קורטיזול גבוהות בדם כשהם מתעוררים. במהלך היום, רמות הקורטיזול יורדות לאט, ואחרי שהולכים לישון, רמות הקורטיזול נמוכות מאוד. בזמן השינה, רמות הקורטיזול עולות כדי להגיע שוב לרמות הגבוהות שצריך בבוקר כדי להתחיל יום חדש (נוצר

באמצעות [BioRender.com](https://www.biorender.com)).

Cortisol levels = רמות

הקורטיזול;

Healthy people = אנשים

בריאים;

Day = יום;

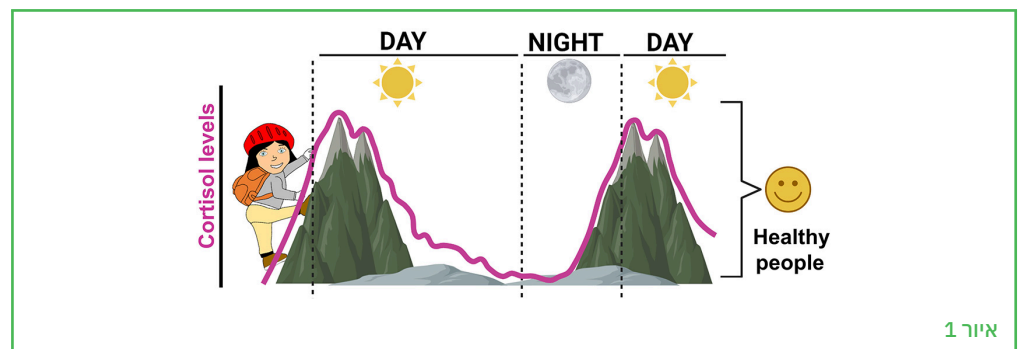
Night = לילה.

ומאז התסמונת הזאת נקראת **מחלת אדיסון**. לפעמים, מחלת אדיסון מופיעה מהר מאוד, אבל לרוב היא מתפתחת לאט, ורק אחרי מספר חודשים אפשר להבחין בתסמינים [1]. אדיסון הבין שהמטופלים שלו לא מרגישים טוב בגלל תפקוד לקוי של איברים בשם **בלוטות יותרת הפלגיה**.

## בלוטות יותרת הפלגיה מייצרות קורטיזול

בלוטות יותרת הכליה הן שני איברים קטנים בצורת משולש שנמצאים בחלק העליון של הכליות. לכל בעלי החיים יש בלוטות כאלה. בבני אדם, בלוטות יותרת הכליה הן בערך בגודל של בוטן. בבעלי חיים קטנים יותר, כמו חולדות, בלוטות יותרת הכליה הן בגודל של אפונה. התפקיד העיקרי של התאים בבלוטות יותרת הכליה הוא לייצר **הורמונים**. הורמונים הם חומרים שמייצרות מספר בלוטות שונות בגוף, כולל בלוטות יותרת הכליה, והם שולטים בתפקודים חיוניים רבים של הגוף. אחד ההורמונים שמייצרות בלוטות יותרת הכליה נקרא **קורטיזול**.

הקורטיזול שולט במספר תפקודים חיוניים, כולל ויסות הדרך שבה הגוף מפיק אנרגיה מהחומרים המזינים שבמזון. הקורטיזול גם עוזר לנו להילחם בחיידקים ובנגיפים כדי להישאר בריאים ושולט בזרימת הדם בוורידים ובעורקים, במיוחד כשאנחנו חולים. עוד תפקיד חיוני של הקורטיזול הוא לעזור לנו להתמודד עם מצבים מאתגרים ומלחיצים שבהם אנחנו מתוחים או מוצפים רגשית [2]. בנוסף לכל אלה, הקורטיזול עוזר לגוף להחליט מתי הגיע הזמן לישון ומתי הגיע הזמן להתעורר. בבוקר, כשאנחנו הכי פעילים, רמות הקורטיזול הן הגבוהות ביותר. ככל שעובר היום, רמות הקורטיזול יורדות בהדרגה, ומגיעות לרמה הנמוכה ביותר באמצע הלילה, אחרי שאנחנו הולכים לישון. במהלך הלילה, הגוף משחרר את רמות הקורטיזול שלו, כמו שטוענים את הסוללה בטלפון סלולרי (איור 1). התהליך הזה מכין את הגוף להתחיל עוד יום חדש עם מצבורים חדשים של אנרגיה.



איור 1

איך הגוף יודע מתי יש צורך בקורטיזול? כדי לייצר את כמות הקורטיזול הנכונה, מספר איברים פועלים יחד ויוצרים את מה שנקרא **ציר ההיפותלמוס-בלוטת יותרת המוח-בלוטת יותרת הפלגיה (ציר ה-HPA)** (איור 2).

## איור 2

ציר ההיפּוֹתֶלְמוֹס-בִּלְוֹטָה יוֹתֶרֶת הַמוֹחַ-בִּלְוֹטָה יוֹתֶרֶת הַכֶּלֶיָה (ציר ה-HPA) מורכב מקבוצת איברים השולטים בשחרור הקורטיזול לתוך הדם. כאשר המוח מזהה צורך בקורטיזול, ההיפּוֹתֶלְמוֹס שולח מסר לבלוטת יותרת המוח שבעקבותיו היא מייצרת הורמון אַדְרֵנוֹקוֹרְטִיקוֹטְרוֹפִי. ההורמון הזה מגיע דרך הדם אל בלוטת יותרת הכליה ו"אומר" להן לשחרר קורטיזול. הקורטיזול שמשחרר מבלוטת יותרת הכליה עובר בכל הגוף דרך הדם (נוצר באמצעות BioRender.com).

Cortisol = קורטיזול;  
Adrenal gland = בלוטת יותרת הכליה;  
ACTH = הורמון אַדְרֵנוֹקוֹרְטִיקוֹטְרוֹפִי;  
Pituitary gland = בלוטת יותרת המוח;  
Hypothalamus = היפּוֹתֶלְמוֹס.

**ציר ההיפּוֹתֶלְמוֹס-בִּלְוֹטָה יוֹתֶרֶת הַמוֹחַ-בִּלְוֹטָה יוֹתֶרֶת הַכֶּלֶיָה (ציר ה-HPA) (Hypothalamic-pituitary-adrenal Axis)**

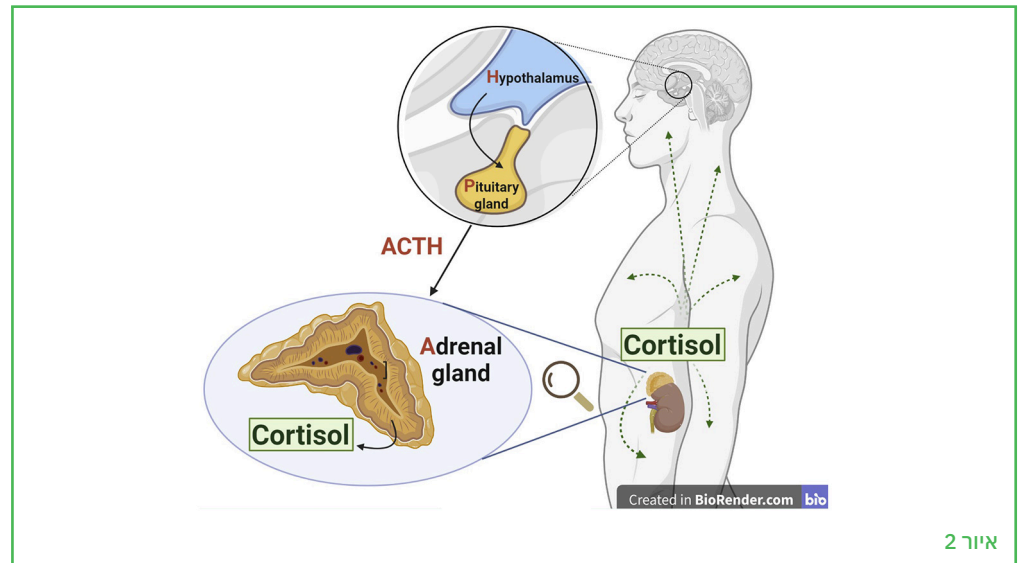
מונח שמתאר את האינטראקציה בין שלושה איברים בגוף – ההיפּוֹתֶלְמוֹס, בלוטת יותרת המוח ובלוטת יותרת הכליה. הציר ממלא תפקיד חשוב במצבים של לחץ.

## ההורמון

**הַאֲדְרֵנוֹקוֹרְטִיקוֹטְרוֹפִי (ACTH)**

**(Adrenocorticotrophic Hormone)**

ההורמון המיוצר על ידי בלוטת יותרת המוח. תפקידו העיקרי הוא לשלוח מסר לבלוטת יותרת הכליה, ולומר להן לייצר קורטיזול.



## איך פועל ציר ההיפּוֹתֶלְמוֹס-בִּלְוֹטָה יוֹתֶרֶת הַמוֹחַ-בִּלְוֹטָה יוֹתֶרֶת הַכֶּלֶיָה?

ציר ההיפּוֹתֶלְמוֹס-בִּלְוֹטָה יוֹתֶרֶת הַמוֹחַ-בִּלְוֹטָה יוֹתֶרֶת הַכֶּלֶיָה, שנקרא גם ציר ה-HPA, מתחיל לפעול כשהגוף צריך קורטיזול. כשהצורך הזה עולה, החלק הקדמי של המוח מתקשר עם אזור אחר במוח בשם ההיפּוֹתֶלְמוֹס, ששולח מסר נוסף לאיבר זעיר בגודל אפונה שנקרא בלוטת יותרת המוח. בלוטת יותרת המוח מייצרת הורמון בשם ההורמון האַדְרֵנוֹקוֹרְטִיקוֹטְרוֹפִי (ACTH), שעובר בדם עד שהוא מוצא את בלוטת יותרת הכליה ונקשר אליהן. בתגובה להיקשרות, בלוטת יותרת הכליה מפרישות קורטיזול לדם. עכשיו הגוף מוכן לפעולה (איור 2)!

הנה דוגמה שתעזור להבין איך ציר ה-HPA פועל במצב של לחץ. תארו לעצמכם שהמורה קבעה תאריך למבחן חשוב. ככל שהתאריך מתקרב, ההיפּוֹתֶלְמוֹס שלכם מגביר את פעולתו, ויחד עם בלוטת יותרת המוח, שולח מסר לבלוטת יותרת הכליה להתעורר ולהתחיל לייצר קורטיזול. כשהקורטיזול עובר בכלי הדם שלכם, הוא משפיע על הכבד, על השרירים ועל תאי השומן ונותן לכם אנרגיה נוספת שתעזור לכם להתמודד עם הלחץ שהמבחן מעורר. תוכלו ללמוד עוד על ציר ה-HPA ואיך הוא פועל כשאתם במצבי לחץ במאמר [4].

## מה קורה בגוף של חולים במחלת אדיסון?

עכשיו אתם יודעים כמה הקורטיזול חשוב, אבל חלקכם אולי תוהים אם כל האנשים מייצרים כמויות נכונות של קורטיזול. לצערנו, התשובה היא לא. לפעמים בלוטת יותרת הכליה מייצרות יותר מדי או מעט מדי קורטיזול. לאנשים שבלוטת יותרת הכליה שלהם מייצרות מעט קורטיזול, או לא מייצרות אותו בכלל, יכולים להיות מספר מצבים רפואיים ואחד מהם הוא המצב הרפואי שד"ר אדיסון תיארה. מחלת אדיסון נקראת גם "אי-ספיקת בלוטת יותרת הכליה" (או: תת-פעילות בלוטת יותרת הכליה), מכיוון שבלוטת יותרת הכליה מייצרות כמויות לא מספקות של הורמונים (איור 3). אי-ספיקת בלוטת יותרת הכליה היא לא מצב רפואי נפוץ והיא יכולה להיות מסכנת חיים. כפי שד"ר אדיסון אבחן, חולים עם אי-ספיקה

## מַשְׁבֵּר אֲדֵרְנָלִי (Adrenal Crisis)

מצב רפואי מסכן חיים שבו אין רמות מספקות של הורמונים מסוימים בגוף. מדובר במצב שדורש טיפול מיידי.

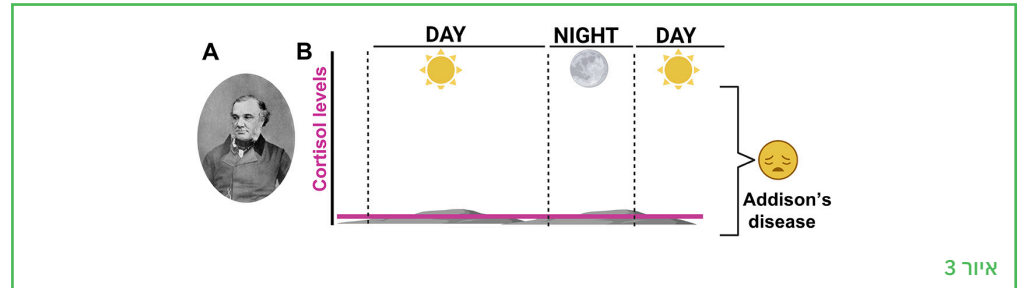
### איור 3

**רמות קורטיזול (A) תומס** אדיסון (1793–1860) היה רופא בריטי שתיאר לראשונה את המצב של אי-ספיקת בלוטות יתרת הכליה, שנקרא לימים "מחלת אדיסון". **(B)** בלוטות יתרת הכליה של אנשים עם מחלת אדיסון לא יכולות לייצר קורטיזול. שינוי לב שרמות הקורטיזול (הקו הירוק) אינן זהות לרמות שמוצגות באיור 1. אנשים עם מחלת אדיסון חייבים להיות מטופלים בתחליף הורמונלי, כדי לקבל את ההורמונים שבלוטות יתרת הכליה שלהם לא מייצרות (נוצר באמצעות [BioRender.com](https://www.biorender.com)).  
Cortisol levels = רמות הקורטיזול;  
Addison's disease = מחלת אדיסון;  
Day = יום;  
Night = לילה.

## טיפול הורמונלי חליפי (Hormone Replacement Therapy)

טיפול רפואי שבמסגרתו נותנים למטופלים הורמונים שחסרים בגופם כדי להשיבם לרמות תקינות. מדובר בטיפול שבו בדרך כלל צריך לקחת כדורים.

של בלוטות יתרת הכליה סובלים מעייפות כרונית, מחולשה בשרירים, מסחרחורות, מאובדן תיאבון ומירידה במשקל. בצורתה הקשה של המחלה, כאשר רמות הקורטיזול נמוכות מאוד, הגוף לא מצליח לתפקד כמו שצריך. במקרה כזה, החולים באי-ספיקת בלוטות יתרת הכליה עלולים לסבול מ**מַשְׁבֵּר אֲדֵרְנָלִי** – מצב שעלול להיות קטלני אם לא מטופלים בו.



איור 3

למרבה המזל, משברים אדרנליים לא קורים לעתים קרובות, אך כדי להימנע מהם, חולים עם מחלת אדיסון צריכים מעקב וטיפול צמוד לאורך כל חייהם.

## הטיפול במחלת אדיסון: עכשיו ובעתיד

איך הרופאים מטפלים בחולים עם אי-ספיקה של בלוטות יתרת הכליה? הרופאים משתמשים בטיפול שנקרא **טיפול הורמונלי חליפי**. במסגרת טיפול זה, החולים נוטלים שניים או שלושה כדורים ביום שמחליפים את הקורטיזול שאין להם. הכדורים האלה גורמים למטופלים להיות חזקים ובריאים יותר. לצערנו, הטיפול ההורמונלי החליפי לא עוזר לכל החולים להרגיש טוב יותר. לפעמים קשה להבין מהי כמות ההורמונים הנכונה לגוף, וחלק מהחולים סובלים מתופעות לוואי לא נעימות, כמו חוסר באנרגיה. כמו כן, כאשר החולים האלה חווים מצבי לחץ, הם צריכים ליטול עוד קורטיזול מכיוון שבלוטות יתרת הכליה שלהם לא יכולות לייצר את הכמות שהם צריכים כדי להתמודד עם הלחץ הזה.

לסיכום, בלוטות יתרת הכליה הן איברים חשובים שמייצרים הורמונים, כמו הקורטיזול. קורטיזול שולט בתפקודי גוף רבים, עוזר לנו להתמודד עם לחץ ושומר על בריאותינו ועל כוחנו. אנשים שסובלים מאי-ספיקת בלוטות יתרת הכליה, מצב שנקרא גם מחלת אדיסון, לא מייצרים מספיק הורמונים בבלוטות יתרת הכליה. הם בדרך כלל מקבלים טיפול הורמונלי חלופי, שיש לו מספר חסרונות. מדענים מחפשים דרכים חדשות לעזור לאנשים עם אי-ספיקת בלוטות יתרת הכליה, שכן הטיפול ההורמונלי החלופי אינו אידיאלי בכל המקרים. כפי שהסברנו, לחולים עם אי-ספיקת בלוטות יתרת הכליה אין תאים שמייצרים קורטיזול, או שהתאים לא פועלים כראוי. מדענים מנסים ליצור במעבדה תאים שמייצרים קורטיזול בדומה לתאים בריאים של בלוטות יתרת הכליה [5]. בעתיד, תאים אלה יוכלו להחליף את התאים הפגומים אצל מטופלים הסובלים מאי-ספיקת בלוטות יתרת הכליה, ולעזור להם לחיות חיים בריאים ומאושרים יותר [3].

## תודות

אנו מודים מאוד ל-David Breault ול-David Claxton על הערותיהם הבונות ועל סקירת המאמר הזה. GR-B מודה על תמיכת הקרן הבינלאומית להיפרפלזיה מולדת (IFCAH) ועל תמיכת מלגות מארי קירי העולמיות. (H2020-MSCA-IF-2018, 835533).

## מאמר המקור

Ruiz-Babot, G., Balyura, M., Hadjidemetriou, I., Ajodha, S. J., Taylor, D. R., Ghataore, L., et al. 2018. Modeling congenital adrenal hyperplasia and testing interventions for adrenal insufficiency using donor-specific reprogrammed cells. *Cell Rep.* 22:1236–49. doi: 10.1016/j.celrep.2018.01.003

## מקורות

1. Bishop, P. M. F. 1950. The history of the discovery of Addison's disease. *Proc. Royal Soc. Med.* 43:35–42. doi: 10.1177/003591575004300105
2. Ellis, S., Bhathe, V., Brennan, C., Moynes, E., Hellemans, K., and Landsman, S. 2021. How stress affects us. *Front. Young Minds.* 9:585831. doi: 10.3389/frym.2021.585831
3. Bezdek, K., and Telzer, E. 2017. Have no fear, the brain is here! how your brain responds to stress. *Front. Young Minds.* 5:71. doi: 10.3389/frym.2017.00071
4. Ruiz-Babot, G., Balyura, M., Hadjidemetriou, I., Ajodha, S. J., Taylor, D. R., Ghataore, L., et al. 2018. Modeling congenital adrenal hyperplasia and testing interventions for adrenal insufficiency using donor-specific reprogrammed cells. *Cell Rep.* 22:1236–49. doi: 10.1016/j.celrep.2018.01.003
5. Ruiz-Babot, G., Hadjidemetriou, I., King, P. J., and Guasti, L. 2015. New directions for the treatment of adrenal insufficiency. *Front. Endocrinol.* 6:70. doi: 10.3389/fendo.2015.00070

פורסם אונליין: 17 בדצמבר 2024

נערך על ידי: Bahtiyar Yilmaz

מנחים מדעיים: Sheikh Umar Ahmad | Ronald Yu

**ציטוט:** Ruiz-Babot G | Becerra MV (2024) איך בלגטות יותרת הכליה עוזרות להתמודד עם לחץ. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2022.683150-he

Ruiz-Babot G and Becerra MV (2022) The Power of Your Adrenal Glands: **תורגם והותאם מ:** to Help You Cope With Stress. *Front. Young Minds* 10:683150. doi: 10.3389/frym.2022.683150

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

**זכויות יוצרים** © Ruiz-Babot | Becerra 2024. 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

### CHI LOK, גיל: 11

שמי Chi Lok ואני בן 11. אני מתעניין באבטחת סייבר ובכתיבת קוד, ובזמני החופשי אני אוהב לקרוא.



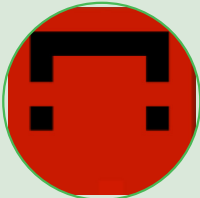
### FURQAN, גיל: 10

קוראים לי Furqan ואני בכיתה ג'. אני נהנה לבלות בחוץ ולעשות דברים מטרופים. אני תמיד אוהב לשמוע על מדע וללמוד ולחקור אותו, כי זה מה שמעניין אותי. התחביב החדש שלי הוא אכילה ואני נהנה לעסוק בו עם האחים שלי.



### JASPER, גיל: 11

Jasper בן 11, הוא חבר בארגון מְנֶסָה (Mensa) לאנשים בעלי אינטליגנציה גבוהה במיוחד והמקצועות האהובים עליו הם מתמטיקה ומדעים. הוא קרא את כל הספרים של ריק רירדון – פעמיים – מה שהצית את העניין שלו במיתולוגיה היוונית. הוא נשלח לייצג את בית הספר שלו בתחרות סקי לאומית, ובזמנו הפנוי הוא מטפס על צוקים.



### LIAM, גיל: 12

Liam הוא תלמיד שמאוד אוהב את בית הספר שלו. עד כה, המקצוע האהוב עליו הוא מתמטיקה. בבית, כשהוא לא מכין שיעורי בית, הוא מתעסק ללא הרף בשוק המניות ונהנה לנגן בכינור ובפסנתר – כך הוריו זוכים לקונצרטים בחינם. כילד קטן, הוא היה משוגע על חידות, בדיחות ושירי נושא של תוכניות טלוויזיה. לא הרבה השתנה. הוא לא יכול לדמיין את החיים בלי מתמטיקה, מוזיקה ופנאי.



## הכותבים

### GERARD RUIZ-BABOT

ד"ר Gerard Ruiz-Babot הוא חוקר פוסט-דוקטורנט באוניברסיטת קליניקום שבדרזדן (גרמניה). הוא השלים את התואר השני ואת הדוקטורט שלו ב-Universitat Autònoma de Barcelona (ספרד) וערך את מחקר הפוסט-דוקטורט באוניברסיטת קוויין מארי בלונדון (בריטניה) ובבית החולים לילדים של בוסטון במסגרת בית הספר לרפואה של הרווארד (ארצות הברית). הוא ביוכימאי בהכשרתו, ובימים אלו עוסק במחקר לפיתוח טיפול באמצעות תאי גזע לחולים עם הפרעות בבלוטות יותרת הכליה.

\*[gerard.ruiz-babot@uniklinikum-dresden.de](mailto:gerard.ruiz-babot@uniklinikum-dresden.de)





### MIRIAM VEIRAS BECERRA

Miriam Veiras Becerra היא פסיכולוגית בעלת הכשרה ספציפית בפסיכולוגיית בריאות, וכן בפסיכולוגיה של ילדים ושל מתבגרים. היא השלימה את התואר הראשון והשני שלה באוניברסיטת סנטיאגו דה קומפוסטלה (ספרד). בשנים האחרונות, Miriam עבדה בעמותה ללא מטרות רווח בבוסטון (ארצות הברית) כמטפלת במסגרת ביתית בילדים, מתבגרים ומשפחות. Miriam גרה כיום בדרזדן (גרמניה) ועובדת כיועצת בבית הספר הבינלאומי של דרזדן. \*[mveiras@gandaracenter.org](mailto:mveiras@gandaracenter.org)

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