



שעון הגוף: מעקב זמן עם מזון

Carolina M. Greco, Kevin B. Koronowski, Paolo Sassone-Corsi*

המחלקה לכימיה ביולוגית, המרכז לאפיגנטיקה ומטבוליזם, אוניברסיטת קליפורניה, אירווי, אירווי, קליפורניה, ארצות הברית

סוקרת צעירה

SIENNA

גיל: 15



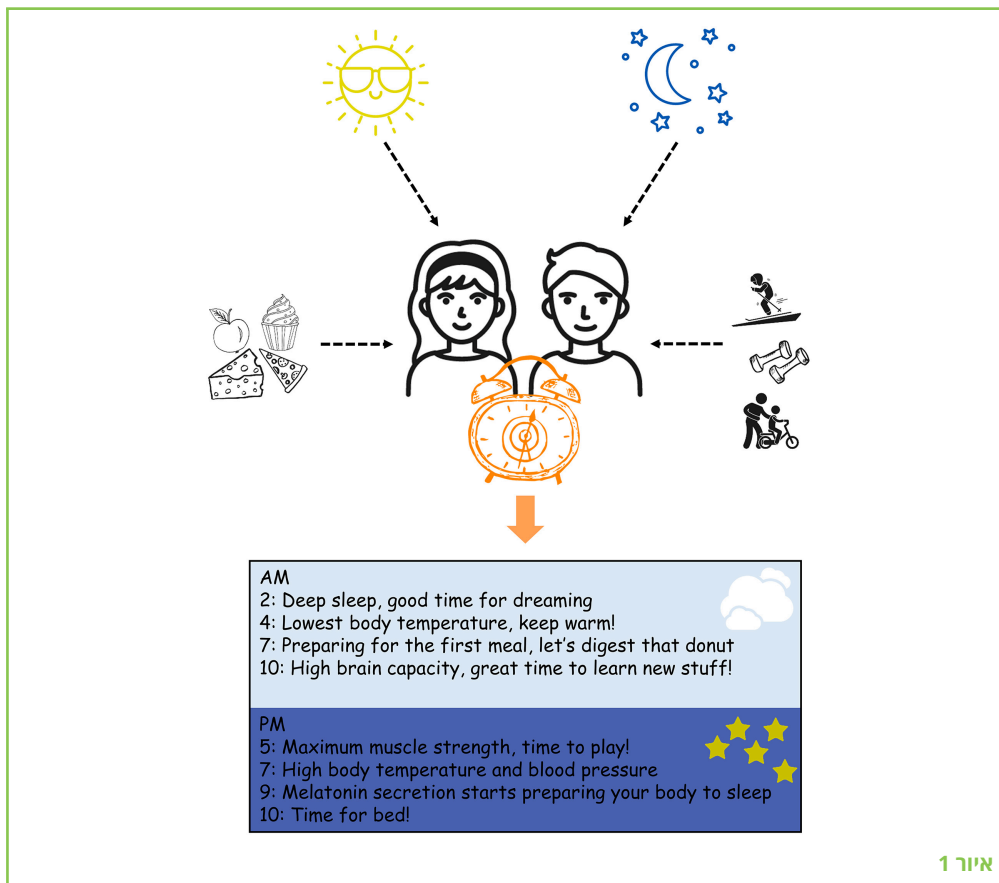
האם אי פעם שאלתם את עצמכם מדוע אתם מרגישים אנרגטיים במהלך היום ועייפים במהלך הלילה? מה אם נגיד לכם שישנו חלק בגוף שלכם ששולט בחשאי על הרגשות האלה ללא ידיעתכם? טוב, ישנו! זה נקרא השעון הביולוגי שלכם, או המקצב הצירקדי, והוא מתקתק בתוכם ממש עכשיו. מה שממש מדהים הוא שהשעון הביולוגי שלכם אוסף מידע מהעולם שבחוץ כמו למשל אור שמש ומזון, ומתאם את זמן הגוף שלכם עם הזמן החיצוני. הזמנים שבהם אתם בוחרים לאכול עשויים להניע את שעון הגוף שלכם קדימה ואחורה, ומה שאתם אוכלים יכול לחזק או להחליש את השעון שלכם. אכילה ושינה הן מצוינות, אולם השעון הביולוגי שלכם עושה הרבה יותר עבורכם. החדשות הטובות הן שכל מה שאתם צריכים זה להקשיב לו, והוא יסייע לשמור עליכם בריאים.

יש לכם שעון מתקתק בגוף

עכשיו שעת בוקר, אז אתם קמים, אולי אוכלים ארוחת בוקר, ועד שאתם מגיעים לבית הספר אתם כבר מרגישים ערים ואנרגטיים. עכשיו נקפוץ 12 שעות קדימה: כעת זו שעת ערב ואתם מרגישים עייפים ורדומים. האם ידעתם שהגוף שלכם שולט בחשאי על הרגשות האלה, ועל לוח הזמנים של השינה שלכם, ללא ידיעתכם? חשבו על זה: במהלך השבוע, ההורים שלכם מעירים אתכם בסביבות 7 בבוקר. אם יום אחד הם שוכחים, באיזו שעה תקומו? ככל הנראה בסביבות 7

איור 1

שעון הגוף שלכם. לכל צורות החיים – כולל אתכם – יש מערכת לשמירה על הזמן. מערכת שמירת הזמן נקראת שעון גוף או שעון ביולוגי. שעון הגוף נמצא בתקשורת מתמדת עם העולם החיצוני: אור השמש הוא ההודעה המרכזית שנשלחת לגוף שלכם, אולם מזון ופעילות גופנית גם מסייעים לשעון הגוף שלכם לשמור על הזמן. שעון שמתפקד טוב ישמור עליכם בריאים על-ידי ויסות הרבה מתפקודי הגוף.



איור 1

שעון גוף/שעון ביולוגי (Body Clock/biological Clock)

מערכת התזמון הפנימית שהיא חלק מכל אורגניזם חי.

מקצב צירקדי (Circadian Rhythm)

“צירקדי” מגיע מלטינית ומשמעותו “שקשור ליום”, מה שמתייחס למחזור של 24 שעות. המחזור האלה חוזרים כל יום, ומייצרים מקצב, כמו שינה וקיצה, שמתרחש כמעט באותם זמנים.

בבוקר! כיצד זה אפשרי? כיצד הגוף שלכם יודע שהשעה 7 בבוקר, ושאתם צריכים לקום? טוב, התשובה פשוטה. לכל אחד מאיתנו יש **שעון גוף**. השעון הזה שומר עלינו מתואמים עם לוח הזמנים הנכון כל יום. שעון הגוף שלנו נקרא גם **שעון ביולוגי**, והוא שולט במקצב הצירקדי שלנו, מאחר שהוא חוזר על עצמו כל 24 שעות [1]. אתם עשויים לחשוב “מדוע 24 שעות?”. ייתכן שזה בגלל שהמעבר מאור לחושך אומר לשעון הגוף שלכם מה השעה (איור 1). שעון הגוף שלכם לוקח את המידע הזה ומכוון אתכם לשעה הזו. בואו נגיד שמסיבה מוזרה כלשהי השמש לא היתה זורחת מחר, וכל היום היה חשוך. ממש כמו השעון בטלפון הנייד שלכם, שעון הגוף שלכם עדיין יכול לשמור על השעה הנכונה, גם ללא השינוי הזה מאור לחושך. משמעות הדבר היא ששעון הגוף שלכם עדיין יעיר אתכם בסביבות 7 בבוקר, גם אם חשוך לגמרי בחוץ. באופן מדהים, השינוי הזה מאור לחושך הוא רק דוגמה אחת לאות מהסביבה שאומר לשעון הגוף שלכם מה השעה. דברים כמו אכילה ופעילות גופנית גם שולחים הודעות לגוף שלכם כדי לסייע לכם לשמור על הזמן (איור 1) [2]. עובדות מעניינות נוספות על השעון שלכם מוצגות בתיבה 1.

תיבה 1. עובדות מעניינות.

1. אנו יודעים שיש לנו שעונים בגוף מאחר שחלק מהמדענים ערכו סדרות של ניסויים וגילו אותם. הם זכו בפרס נובל עבור התגלית הזו! מהו פרס נובל? זה כמו לזכות בפרס של סטודנט החודש, אבל במשך כל החיים.

2. אפילו הצואה שלכם יודעת מה השעה! יש לכם מיליארדי אורגניזמים זעירים בתוך המעיין שלכם, היכן שהצואה נוצרת. הם מסייעים לכם לקבל חומרי מזון לתוך הגוף שלכם. חלק מהמיקרואורגניזמים האלה גדלים בלילה, ואחרים גדלים במהלך היום.
3. לא רק לבני אדם יש שעוני גוף. כל צורות החיים התפתחו עם שעונים משלהן. דגים, ציפורים, עצים, תולעים, זבובים – לכולם יש סוג כלשהו של שעון. מהי החיה האהובה עליכם? גם לה יש שעון!
4. אנו חווים ג'ט לג בגלל שעון הגוף שלנו. האם אתם יודעים מהו ג'ט לג? אם אתם מטיילים לצד השני של העולם, כשאתם מגיעים לשם אתם מרגישים רדומים במהלך היום וערים במהלך הלילה. מדוע? מאחר ששעון הגוף שלכם זקוק לעד שבוע כדי לכוון את הזמן שלכם לזמן המקומי החדש.

כשאתם אוכלים, שעון הגוף שלכם אוכל

בואו נדבר על אכילה. במעבדה שלנו, אנו משתמשים בעכברים כדי לחקור כיצד מזון משנה את שעון הגוף. מזון שולח הודעות לגוף שלכם, ומסייע לו להישאר בזמן הנכון [3]. משמעות הדבר היא שבמהלך היום, ארוחות שולחות מידע ומאפשרות לשעון הגוף שלכם לדעת שזהו הזמן להדליק את "מצב האוכל". ברגע ששעון הגוף שלכם נכנס להילוך, הוא מסייע לכם לעכל ולבצע **חילוף חומרים** של המזון שלכם, באמצעות שימוש באנרגיה שאתם זקוקים לה, או אחסונה. כאשר **העיכול** מסתיים, שעון הגוף שלכם יכנס ל"מצב המתנה", שבו הוא נח וממתין לארוחה הבאה. במרבית הימים, אתם ככל הנראה אוכלים ארוחות וחטיפים באותם הזמנים פחות או יותר. אם כן, בזמנים האלה שעון הגוף שלכם יהיה במצב אוכל. אז, בשעות שבהן אינכם אוכלים (כמו במהלך הלילה), שעון הגוף שלכם יהיה מסוגל להיטען מחדש במצב המתנה. כעת, דמיינו שאתם הולכים למסיבת שינה בבית של חברכם הטוב ביותר, ואתם אוכלים גביע של גלידה באמצע הלילה. זה נשמע כיף, אולם השעון הביולוגי שלכם לא יהיה שמח כל כך. שעון הגוף שלכם אמור לנוח ולהיטען בזמן הזה. אם אתם מעירים אותו בלילה, למוחרת הוא יהיה עייף ויתקשה לבצע את עבודתו. זה בסדר אם זה קורה מדי פעם. אולם אם הייתם אוכלים את ארוחת הגלידה הלילית הזו כל יום במשך חודש, הייתם משנים את שעון הגוף שלכם למצב אוכל בלילה, מה שהיה מכניס אותו למצב המתנה במהלך היום – זמן שבו אתם אמורים להיות פעילים וערניים. אכילה בזמן הנכון ביום מאמנת את שעון הגוף שלכם להתחזק.

מה שאתם אוכלים, שעון הגוף שלכם אוכל

דמיינו שאתם נמצאים בארוחת הצוהריים, ומחליקים את המגש שלכם בתור. האם לקחתם את כריך העוף על לחמניית חיטה עם עדשים ירוקות, צלחת פירות וקרטון חלב? או, האם קניתם את כל החטיפים הטעימים והלא בריאים? אף על פי שזה עשוי להיות קשה להאמין, ארוחה טעימה שמכילה רק חטיפים לא בריאים יכולה לבלבל את שעון הגוף שלכם ולשנות את האופן שבו מערכת העיכול וחילוף החומרים שלכם עובדים (איור 2). [4]. בואו נאמר שאתם אוכלים חטיפים לא בריאים לארוחת בוקר, ארוחת צוהריים וארוחת ערב במשך חודש. במהלך הזמן הזה, שעון הגוף שלכם יתבלבל מאחר שהוא מותקף על-ידי כמויות סוכר ושומן שעלולות לפגוע בבריאות הכוללת שלכם. חומרי מזון לא בריאים יגידו לשעון שלכם להיכנס למצב מזון בשעה הלא נכונה, וכתוצאה מכך הזמנים של שעון הגוף שלכם גם יעברו למצב המתנה מוקדם מדי, ולא יהיו מוכנים לעכל את האוכל הבא שתאכלו. במקום להגיד "היי, בוא נשתמש במזון הזה כדי ליצור אנרגיה להמשך היום", שעון הגוף שלכם עשוי לומר "היי, בוא נאחסן את מרבית המזון הזה כשומן לזמן מאוחר יותר". זה קורה מאחר ששעון הגוף שלכם יכול לחוש את

חילוף חומרים (Metabolize)

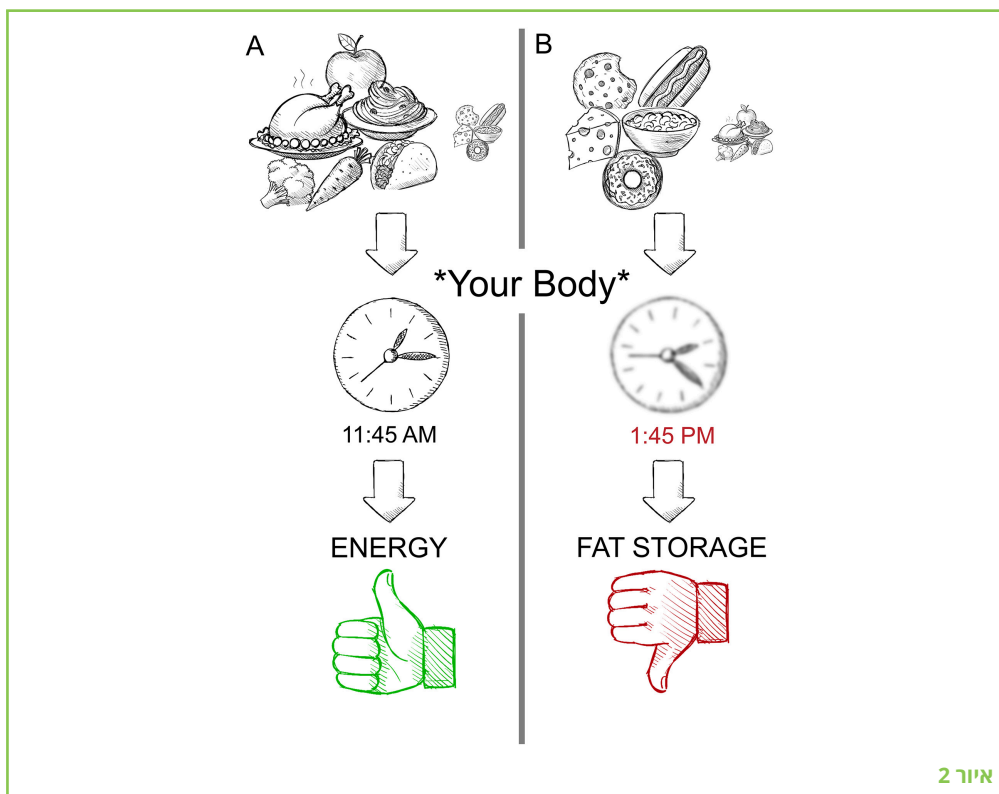
פירוק. חילוף חומרים (מטבוליזם) בנוי מתגובות בגוף שלכם שמתמירות את חומרי המזון לאנרגיה שהגוף שלכם צריך.

עיכול (Digestion)

האופן שבו הגוף שלכם מקבל את חומרי המזון והאנרגיה מהמזון שאתם אוכלים.

איור 2

המזון שאתם אוכלים משנה את הזמן של שעון הגוף שלכם. (A) דיאטה מאוזנת מסייעת לשעון הגוף שלכם להתכונן לעכל את המזון בזמן הנכון, לייצר אנרגיה כשאתם זקוקים לה ולאחסן אנרגיה כשאינכם זקוקים לה. (B) דיאטה לא מאוזנת עתירה בשומן ובסוכר יכולה לבלבל את שעון הגוף שלכם ולגרום לו לאחסן אנרגיה כשאתם זקוקים לה, ולייצר אנרגיה כשאינכם זקוקים לה.



איור 2

הסוגים והכמויות של חומרי המזון, כמו סוכר ושומן, מהארוחות שלכם. לכן, אתם יכולים לראות ששעון הגוף שלכם עושה הרבה יותר מאשר רק לסייע עם תזמון ארוחות – הוא גם מסייע לכם לעכל את המזון ולבצע חילוף חומרים לחומרי המזון מהארוחות שלכם. אולם אל תדאגו, השינויים המפחידים האלה הפיכים. אתם יכולים להחזיר את שעון הגוף שלכם חזרה לשעה הנכונה על-ידי אכילת ארוחות מאוזנות של דגנים מלאים, חלבונים, פירות וירקות. כששעון הגוף שלכם חזק וחכם, אתם עדיין יכולים לאכול חטיף לא בריא אחד או שניים בלי בעיות.

כמה שעונים יש בגוף שלכם?

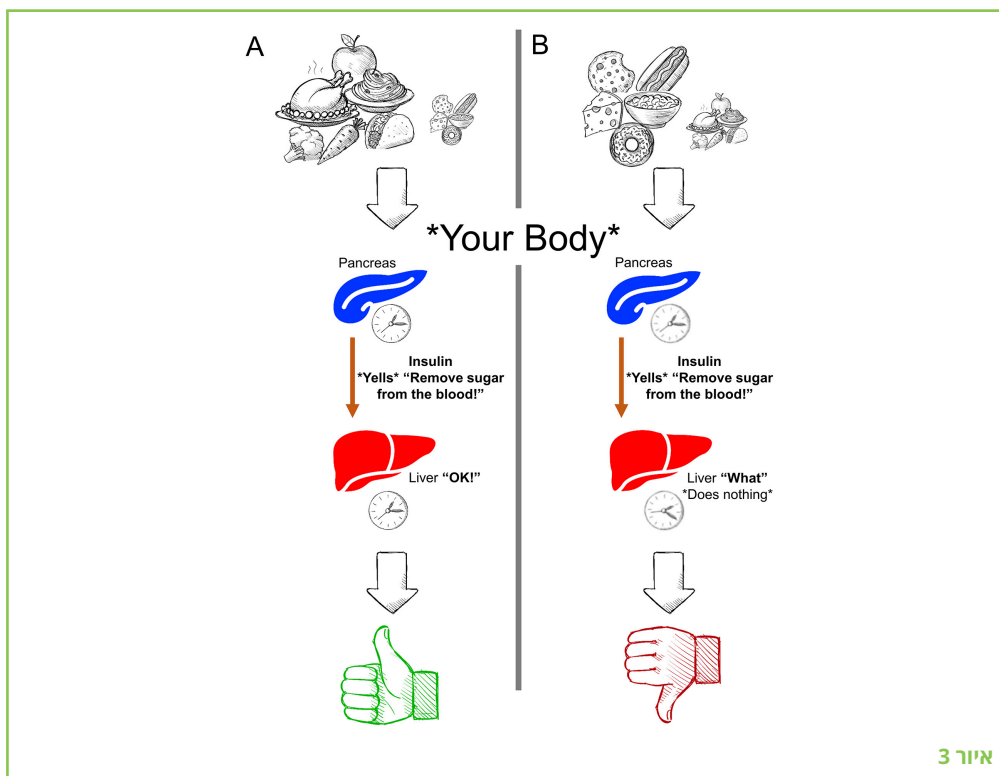
למעשה יש לכם הרבה שעונים שונים בראש ובגוף שלכם, אם אתם מסוגלים להאמין לזה! [5]. האיברים שלכם עושים כולם דברים שונים בשבילכם. השרירים שלכם מסייעים לכם לרוץ ולאסוף דברים; העצמות שלכם מחזיקות אתכם יחד; הקיבה והכבד שלכם מעכלים את המזון שלכם, והמוח שלכם עוזר לכם לחשוב. לכל אחד מאיברי הגוף האלה יש שעון משלהם, כך שהם יודעים מתי להיות פעילים ומתי לקחת הפסקה. השעונים האלה חשובים מאוד מאחר שהם מסייעים לאיברים שלכם לעבוד באופן מיטבי, וגם מסייעים להם לעבוד יחד בלוח הזמנים הנכון. באופן מדהים, כל שעון שולח אותות שאומרים לאיברים השכנים מה הזמן שלו (איור 3). מהם האותות האלה? הם יכולים להיות **הורמונים**, או מולקולות קטנות אחרות [2]. לדוגמה, כשאתם אוכלים, הלבב שלכם משחרר אינסולין, הורמון שמווסת את רמות הסוכר בדם שלכם. אינסולין אומר לכבד שלכם לקחת סוכר. כשאינכם אוכלים, רמות האינסולין יורדות, מה שאומר לכבד שלכם לייצר סוכר במקום זאת. זו השליחה והקבלה של אותות בזמנים שונים ביום שמאפשרת לשעוני הגוף שלכם לדבר זה עם זה ולעבוד יחד כדי לעכל חומרי מזון. כפי שציינו, דיאטה לא בריאה יכולה להתערב עם התקשורת הזו. אכילה לא בריאה יכולה לבלבל את האיברים שלכם

הורמונים (Hormones)

שליחים קטנים ש"מטיילים" מאיבר אחד לאחר ואומרים לגוף שלכם מה לעשות.

איור 3

שעוני גוף "מדברים" אחד עם השני. (A) ארוחות מאוזנות שנאכלות בזמנים הנכונים מסייעות לשעוני הגוף שלכם "לדבר" זה עם זה ולעבוד יחד כדי לעכל את המזון שלכם. משמעות הדבר היא שהאיברים יודעים מתי לעשות את העבודה שלהם. (B) ארוחות לא מאוזנות, עתירות בשומן/סוכר, מבלבלות את שעוני הגוף שלכם ומביאות אותם למצב שבו הם לא יודעים מתי לעשות את העבודה שלהם. משמעות הדבר היא שהם כבר לא יכולים לעכל את המזון שלכם כצוות.



כך שהם לא ידעו מי עושה מה ומתי. דיאטה בריאה ומאוזנת תשמור על שעוני הגוף שלכם "מדברים" זה עם זה ועובדים באופן תקין.

סיכום: שמרו על שעוני הגוף שלכם בכושר

נוסף על כך שהם מסייעים לכם לדעת מתי לישון, שעוני הגוף שלכם עושים הרבה, הרבה יותר! הם אומרים לגוף שלכם מתי להרגיש חזק; מתי הזמן להירגע; מתי להעלות את טמפרטורת הגוף שלכם; מתי לשנות את לחץ הדם שלכם, ומתי אתם צריכים רמות שונות של הורמונים (איור 1). אנו יודעים הרבה מהדברים האלה מתוך מחקרים על חיות, אולם למדנו שמזון גם משנה את המקצבים היומיים של בני אדם [6]. כדי לשמור על השעונים שלנו בריאים, כל מה שאנו צריכים לעשות זה להקשיב למה שהם אומרים לנו. אם זה מאוחר בלילה ואתם כבר לא יכולים לשמור על העיניים שלכם פקוחות, אתם צריכים לא לנסות להישאר ערים רק כדי לצפות בעוד סרטונים בערוץ היוטיוב המועדף עליכם. אתם עייפים וצריכים לנוח, אז תישנו. אם תלכו לעשות קניות מייד אחרי ארוחת הצוהריים ותראו ממתק טעים, אל תאכלו אותו עדיין. תקנו את הממתק ושמרו אותו לזמן מאוחר יותר שבו תרגישו רעבים שוב, כשהגוף שלכם ירצה חומרי מזון. שעוני הגוף שלכם חשובים מאוד, ומסייעים לכם לתפקד באופן מרבי ולהישאר בריאים בכל יום. כולנו צריכים לעשות את המירב כדי לסייע לשעוני הגוף שלנו לעבוד טוב!

תודות

אנו רוצים להודות לחברי מעבדת ססון-קורסי על דיון מועיל. CG נתמכה על-ידי מועצת המחקר האירופית (ERC MSCA-IF-2016 MetEpiClock 749869).

מקורות

1. Greco, C. M., and Sassone-Corsi, P. 2019. Circadian blueprint of metabolic pathways in the brain. *Nat. Rev. Neurosci.* 20:71–82. doi: 10.1038/s41583-018-0096-y
2. Dyar, K. A., Lutter, D., Artati, A., Ceglia, N. J., Liu, Y., Armenta, D., et al. 2018. Atlas of circadian metabolism reveals system-wide coordination and communication between clocks. *Cell.* 174:1571–85 e11. doi: 10.1016/j.cell.2018.08.042
3. Asher, G., and Sassone-Corsi, P. 2015. Time for food: the intimate interplay between nutrition, metabolism, and the circadian clock. *Cell.* 161:84–92. doi: 10.1016/j.cell.2015.03.015
4. Eckel-Mahan, K. L., Patel, V. R., de Mateo, S., Orozco-Solis, R., Ceglia, N. J., Sahar, S., et al. 2013. Reprogramming of the circadian clock by nutritional challenge. *Cell.* 155:1464–78. doi: 10.1016/j.cell.2013.11.034
5. Schibler, U., and Sassone-Corsi, P. 2002. A web of circadian pacemakers. *Cell.* 111:919–22. doi: 10.1016/s0092-8674(02)01225-4
6. Gill, S., and Panda, S. 2015. A smartphone app reveals erratic diurnal eating patterns in humans that can be modulated for health benefits. *Cell Metab.* 22:789–98. doi: 10.1016/j.cmet.2015.09.005

פורסם אונליין: 28 בינואר 2022

נערך על ידי: Suzanne Phelan

מנחה מדעי: Anna Alkozei

ציטוט: Greco CM, Koronowski KB and Sassone-Corsi P (2022) שעון הנוף: מעקב זמן עם מזון. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2019.00141-he

תורגם והותאם: Greco CM, Koronowski KB and Sassone-Corsi P (2019) The Body's Clock: Timekeeping With Food. *Front. Young Minds* 7:141. doi: 10.3389/frym.2019.00141

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

COPYRIGHT © 2019 © Greco, Koronowski and Sassone-Corsi. זהו מאמר בנישה 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

SIENNA, גיל: 15

אני בת 15 ואני עובדת בעבודתי הראשונה באוניברסיטת אריזונה. שם למדתי על פרונטייה – מדע לצעירים.



נשאלתי אם אני רוצה לסקור את המאמר הזה, וקיבלתי את ההזמנה כי חשבתי שזו דרך מצוינת לילדים ללמוד על מחקרים מדעיים. אני מוקירה את החוויה שמסייעת לי ללמוד ולהרחיב את המבט שלי על העולם.

הכותבים

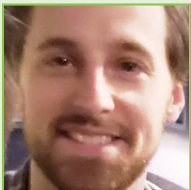
CAROLINA M. GRECO

Carolina M. Greco הצטרפה למעבדת ססון-קורסי לפני כ-3 שנים, אחרי קבלת הדוקטורט שלה מאוניברסיטת מילנו. תחום העניין העיקרי שלה הוא לחקור כיצד תהליכים מטבוליים משפיעים על מנגנוני תעתוק ומנגנונים אפיגנטיים. היא אוהבת לבלות בזמנה הפנוי עם שני החתולים שלה, גנדלף ומילה.



KEVIN B. KORONOWSKI

Kevin בטיכון, אימץ את תחום העניין של אחיו בכושר ותזונה. יחד, שניהם שיחקו הוקי קרח ורצו למקסם את הפטנציאל שלהם בספורט. הרעיון של קריירה בליגת ההוקי הלאומית כבר פג מזמן, אולם העניין של דוקטור Koronowski בתזונה ומטבוליזם נשאר איתו. Kevin מרותק מהמנגנונים שדרכם רמזים מהסביבה והתערבויות תזונתיות מווסתים את האפיגנום ומשפיעים על בריאות ועל מחלות אנושיות.



PAOLO SASSONE-CORSI

Paolo הוא פרופסור דונלד ברן וראש המרכז לאפיגנטיקה ומטבוליזם באוניברסיטת קליפורניה, אירוויין. המחקר שלו מתמקד בקשר שבין מקצבים צירקדים, אפיגנטיקה ומטבוליזם. הוא אוהב לבלות זמן במעבדה עם הקולגות שלו, להיות בחוץ ולעשות ספורט, ולטייל ליעדים אקזוטיים. *psc@uci.edu



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