



נים ולא נים – מה קורה כשילדים ומתבגרים לא ישנים?

Alex Gileles-Hillel^{1,2*} | Leila Yelov^{2,3}

¹יחידת ריאות ילדים ושינה, המרכז הרפואי האוניברסיטאי הדסה, ירושלים

²הפקולטה לרפואה, האוניברסיטה העברית בירושלים

³המחלקה לרפואה צבאית, מסלול 'צמרת', צה"ל

סוקרים צעירים

HILA
גיל: 14



YAIR
גיל: 13



שינה טובה חיונית לקיום אורח חיים בריא ההמלצות הרשמיות לגבי אורכה של שנת לילה הן 7-9 שעות שינה למבוגרים, ו-10-13 שעות שינה לילדים, כתלות בגיל. עם זה ילדים ובני נוער רבים אינם ישנים את כמות שעות השינה המומלצת ללילה – מצב דברים המוביל לבעיה כלל-עולמית של מחסור בשעות שינה. במאמר זה נסקור את הסיבות למחסור בשעות שינה בקרב ילדים ובני נוער. נדון בהשפעות של חוסר בשינה על החשיבה ועל הרגש, ונעמוד על היתרונות של שינה מספקת לשיפור מצב הרוח ולייעול התפקוד בלימודים בבית הספר. נבחן גם את התרומה של ביטול שעת אפס ואיחור שעת תחילת הלימודים להעלאת כמות שעות השינה, ולהפחתת ההשלכות השליליות של מחסור בשינה.

מהי כמות שעות השינה המומלצת ביממה, וכמה מאיתנו אכן ישנים לפיה?

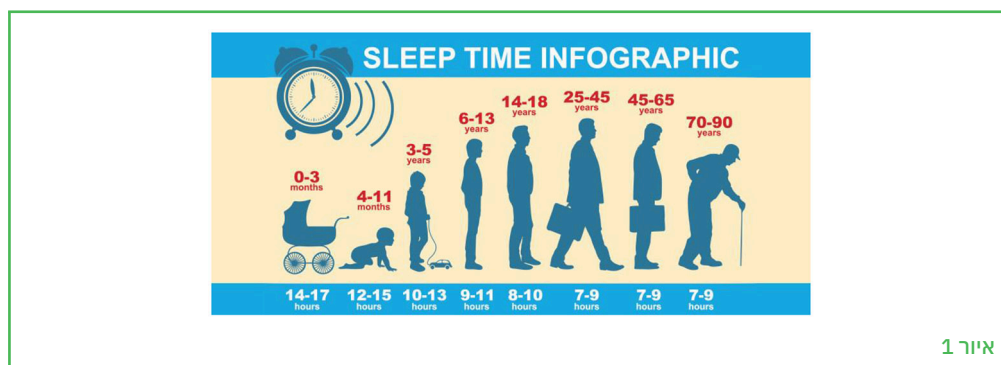
שינה היא מרכיב מרכזי וחיוני בשמירה על אורח חיים בריא. חשיבותה רבה בכל שכבות הגיל – מתינוק בעגלה, עבר בילד בגילי הגן ובית הספר היסודי, דרך המתבגר בתיכון, סטודנט בלימודים אקדמיים, ועד הורים עובדים וסבא וסבתא. שינה בכמות בלתי מספקת

משפיעה בטווחים הקצר והארוך – כולנו חשים עייפות ואי-נעימות כשאננו ישנים מספיק. מומחים מצאו כי מחסור בשעות שינה לאורך זמן מקושר לפגיעה בבריאות. שינה חיונית לתהליכי גדילה, לבריאות הפיזית והנפשית, לתפקוד השכלי והרגשי ולאזון מצב הרוח. חשיבותה הוכחה במחקרים רבים לאורך השנים, אך נראה כי מחסור בשינה עדיין מהווה בעיה כלל-עולמית, בפרט בגיל ההתבגרות.

שאלת היסוד היא כמה צריך לישון בכלל? איגודי השינה בארץ ובעולם מנסים לפענח את החידה הזו. הסיבה לכך שאין מספר מדויק של שעות שינה מומלצות היא שהתשובה לשאלה זו משתנה מילד לילד ומאדם לאדם. לפי ההגדרה הרשמית יש לישון מספיק כדי להרגיש רעננים וערניים במהלך היום. עבור רובנו, המשמעות היא לפחות 9 שעות שינה בלילה בגילי בית הספר היסודי, ו-8 שעות בלילה בגיל ההתבגרות [1]. ההמלצות הרשמיות קובעות כי כמות מספקת של שעות שינה ביממה לילדים ומתבגרים היא: 10-13 שעות בגילי 3-5 שנים; 9-12 שעות לילדים בגילי בית הספר היסודי (6-12 שנים), ו-8-10 שעות למתבגרים בגילי חטיבת הביניים והתיכון [2] (ראו איור 1).

איור 1

כמות שעות השינה המומלצת משתנה לאורך שנות חייו. עם העלייה בגיל הערות תופסת חלק הולך וגדל ביממה, וזמן השינה הנדרש מתקצר. קרדיט לאיור: ארגון השינה האמריקאי (American Sleep Association). מקרא: (ion) שעות = Hours חודשים = Months שנים = Years.



איור 1

סוגיה נוספת היא מתי כדאי ללכת לישון? ככלל, אין שעה מסוימת מומלצת. ההמלצה היא ללכת לישון כשעייפים, ובעיקר חשוב מאוד להקפיד על שעה עקבית עד כמה שניתן. מרבית הילדים הצעירים ילכו לישון סביב השעה 20 בערב, ויירדמו בתוך פחות מרבע שעה. מתבגרים לרוב יצטרכו פחות שעות שינה, אך גם הם ירוויחו אם יפרשו לישון סביב השעה 22 בלילה. האיזון הרצוי הוא מצד אחד לשמור על כמות מספקת של שעות שינה ומצד אחר לא לשכב במיטה בלי להירדם.

הלכה למעשה – האם ילדים ומתבגרים עומדים בהמלצות לשינה מספקת? מחקרים רבים הראו כי מתבגרים ישנים פחות ופחות עם העלייה בגיל. לדוגמה, 16% מקרב תלמידי כיתות ו' דיווחו כי הם ישנים פחות מ-8 שעות בלילה, כאשר השיעור עלה ל-75% בקרב תלמידי כיתות י"ב [1]. במסגרת מחקר שנערך בארה"ב בשנים 2016-2018, שבו נבחנו כמות שעות השינה בתינוקות, ילדים ומתבגרים בגילי 4 חודשים עד 17 שנים, נמצא כי כ-35% מהמשתתפים ישנו פחות מהמומלץ לגילם [3].

סיבות לחוסר שינה – למה איננו ישנים מספיק?

ראינו כי מחסור בשינה הוא תופעה כלל-עולמית. ישנן הרבה סיבות לכך [1,4], והן פרטניות ומשתנות מאדם לאדם. אולם כל אחד ואחת מאיתנו יכולים להתחבר לפחות לסיבה אחת או שתיים, ולנסות לשפרן כדי להצליח לישון יותר (ראו איור 2).

איור 2

הסיבות להפרעות שינה כרוניות. הפרעות אלה מכונות בלעז **אינסומניה**, והן באות לידי ביטוי בנדודי שינה ובשינה לא איכותית. הסיבות להן משתנות גם למחסור בשינה וכוללות: נטילת תרופות (Medication); מחלות כרוניות [בהן מיגרנה (Migraine) וכאבי ראש]; הפרעות פסיכיאטריות כמו דיכאון (Depression); צריכת מוצרים שומנים (Fatty food) ואכילת ארוחה גדולה לפני השינה; נטילת חומרים מעוררים דוגמת שתיית קפאין (Caffeine) או עישון טבק (Tobacco) בצורת סיגריות למשל, וכן הרגלים קלוקלים (Bad habits) של שימוש במקסיים ובמדיה האלקטרונית בסמוך לשינה (קרדיט לאיור: Yulia Baranych, נלקח מתוך מאגר התמונות החופשי המקוון iStock).

אינסומניה (Insomnia)

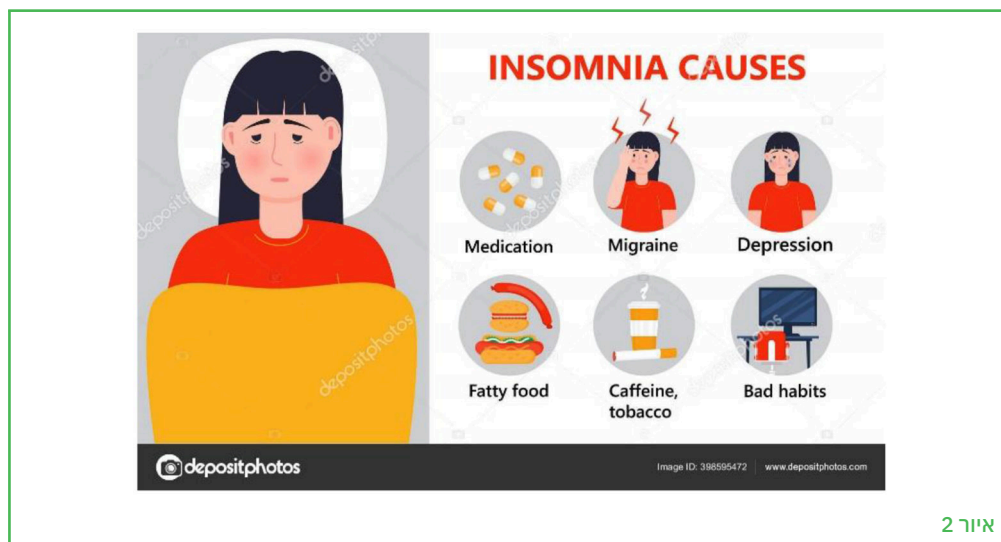
נדודי שינה. מצב המתאפיין בקשיי הירדמות או בשנת לילה בלתי רציפה ושאינה איכותית. אינסומניה גורמת לעייפות, ישנוניות יתר ותפקוד לקוי במהלך היום.

שעון ביולוגי (Biological clock)

מנגנון פנימי הממוקם בחלק המרכזי של המוח, משמש למדידת זמן. מנגנון זה מתזמן מגוון תהליכים בגוף – ביולוגיים, פיזיולוגיים והתנהגותיים. הוא מושפע מהאור והחושך, ופועל במחזוריות של כ-24 שעות.

בלוטת האצטרובל (Pineal gland)

בלוטה קטנה שגודלה כגריד אפונה, בעלת צורת אצטרובל, המצויה עמוק במרכז המוח. בלוטה זו מפרישה את ההורמון מלטונין (ראו להלן) במילון המונחים) בתגובה לשינויי האור והחושך.



גורמים ביולוגיים

כחלק מהשינויים החלים בגוף במהלך ההתבגרות, משתנה גם **השעון הביולוגי**, שקובע בין השאר את התזמון בין מחזור השינה לערות. באופן פיזיולוגי (בהיבט תפקוד איברי הגוף) אפשר לומר ש'השעון נדחה', כלומר חלה דחייה בתזמון התחלת השינה וסיומה. למה זה קורה? **בלוטת האצטרובל** במוח האנושי מפרישה מדי ערב באופן טבעי הורמון בשם **מלטונין**. המלטונין מכונה גם 'הורמון החושך', והוא זה שמאותת לגוף שעוד מעט כדאי ללכת לישון. מגיל ההתבגרות, הפרשת המלטונין מתאחרת יותר ויותר, ולכן מתבגרים נוטים ללכת לישון מאוחר יותר ולקום מאוחר יותר. חשיבות השעון הביולוגי באה לידי ביטוי בתופעה שכיחה המוכרת לרבים מאיתנו – **ג'יט לג** (בעברית, יעֶפֶת). זו הפרעת שינה זמנית הנובעת ממעבר מהיר בין אזורי זמן. לגוף האנושי נדרש כחצי יום להתרגל לכל שעה של פער באזור הזמן בין השעון בנקודת המוצא לשעון בנקודת היעד. כלומר, על פער של 6 שעות, נימצא בג'יט לג 3 ימים. עקב כך נהיה צרים בשעות שאינן מתאימות לחיים בחוץ לפי השעון המקומי, וזה מקשה מאוד על התפקוד.

כמה עצות לקראת חופשה שיכולות לסייע להתגבר על ג'יט לג:

- התאימו את שעות השינה לשעון החדש – כמה ימים לפני הטיסה מומלץ לאקר מעט את שעת השינה הרגילה (בטיסה מערבה), או להקדימה (בטיסה מזרחה).
- עם הגעתכם ליעד החדש, השתדלו להיחשף לאור יום בשעות המתאימות לשעון באזור היעד.
- זכרו שתופעה זו חולפת במהרה, ונסו ליהנות מהחופשה...

מחלות כרוניות

מיגרנות; אלרגיות ומחלת ריאות כמו אסתמה בלתי מאוזנת עלולות לפגוע ברצף השינה ולגרום לשינה שאינה מרעננת. במהלך ההתבגרות עולה שכיחותן של הפרעות חרדה ודיכאון והפרעות אכילה, ואלה עלולות לפגוע בתזמון השינה.

מְדִיָּה אלקטרונית

חשיפה למכשירים אלקטרוניים, לדוגמה טלוויזיה או טלפון חכם, המצויים בחדר השינה, פוגעת באיכות השינה ומובילה לישנוניות יתר במהלך היום. העיסוק במסכים דוחה את שעת השינה, והאור המופץ מהם משבש את תהליך הפרשת המלטונין בלילה. התוצאה היא שינה קצרה יותר ואיכותית פחות.

עבודה, בילויים ולימודים

חיי המתבגרים הופכים עמוסים יותר ויותר. יציאה לעבודה, פעילות בתנועות נוער, בילויים עם חברים, שיעורי בית ולמידה למבחנים לעיתים קרובות גוזלים שעות שינה ותורמים לתחושת לחץ. הלחץ בתורו עלול לפגוע באיכות השינה.

חומרים מעוררים

לצריכת קפאין השפעה מעוררת על הגוף, והיא עשויה להוביל לשינה בלתי מספקת ועקב כך לישנוניות יתר במהלך היום. מומלץ שלא לצרוך משקאות המכילים קפאין בהם שוקו; קפה; תה ומשקאות אנרגיה, כ-6 שעות לפחות לפני שעת השינה הרצויה.

תרופות

רבות מהן גורמות לבעיות שינה ולישנוניות יתר. עם התכשירים הללו נמנים תרופות ממריצות עם מרשם וללא מרשם כמו תרופות להתמודדות עם הפרעות קשב וריכוז; תרופות לטיפול במחלות כרוניות דוגמת תרופות נוגדות פרכוס; תכשירים נגד אלרגיות ומשככי כאבים. תזמון נכון של נטילת התרופות יכול לשפר את השינה.

השלכות של חוסר שינה – מה יקרה אם לא נישן?

יכול להיות שזה בסדר לא לישון? הרי כך אנו מספיקים יותר, ופחות זמן 'מתבזבז' על שעות השינה. נבחן יחד אילו השפעות עשויות להיות לבחירה המודעת או הבלתי מודעת שלנו לוותר על שעות שינה [1, 4] (ראו איור 3).

מצב רוח והתנהגות

כמות שינה בלתי מספקת במהלך השבוע מקושרת לעלייה בישנוניות ובתחושת עייפות במהלך היום; לתנודות חדות במצב הרוח במהלך היממה, ולתסמינים של חרדה ודיכאון. כמו כן, מצב זה מוביל להתגברות בשכיחות מחשבות אובדניות. שעות שינה בלתי מסודרות ומחסור בשינה מקושרים לעלייה בהתנהגויות המתאפיינות בנטילת סיכונים כמו שתיית אלכוהול, עישון סיגריות ושימוש בסמים. התנהגויות אלה בתורן עלולות לפגוע בתזמון השינה ובאיכותה. ישנוניות ביום עלולה להוביל לתאונות דרכים, לתאונות עבודה ולפציעות ספורט.

תפקוד קוגניטיבי ואקדמי

מתבגרים הסובלים ממחסור בשעות שינה מדווחים על ירידה בתפקוד הקוגניטיבי; קושי בשמירה על קשב וריכוז; מִסְחָחֹת רבה וכתוצאה מכך פגיעה בתפקוד האקדמי. התופעה שכיחה עד כדי כך שישנם ילדים המאובחנים עם הפרעת קשב למרות שהבעיה האמיתית

מלטונין (Melatonin)

מכונה גם 'הורמון החושך'. זהו הורמון המופרש מבלוטת האצטרובל במוח, ומווסת את תגובת הגוף לשינויים באור במהלך היממה. ממלא תפקיד חשוב בתהליכי השינה והערות ובתפקוד השעון הביולוגי.

ג'ט לג (Jet lag)

יעֶפֶת – הפרעת שינה הנובעת ממעבר מהיר בין אזורי זמן שונים. שכיחה בעיקר בטיסות למרחקים גדולים, אז נוצרת אי-התאמה זמנית בין השעון הביולוגי לשעון המקומי. התופעה מתבטאת בתחושות עייפות וישנוניות, ולרוב חולפת מעצמה כעבור כמה ימים.

קפאין (Caffeine)

חומר ממריץ המשפיע על מערכת העצבים המרכזית בגוף, ומעורר אותה. מצוי בטבע בצמחים למיניהם, ומוכר כסם הממריץ הנצרך ביותר בעולם. מאכלים ומשקאות רבים מכילים קפאין בהם שוקולד; קפה; קולה; משקאות אנרגיה ועוד.

תסמין (Symptom)

תלונת החולה עצמו לגבי מצבו הגופני/ הנפשי. לרוב מדובר בתופעה שהחולה יכול לחוש בה ולתארה במילים. תסמין מסוים יכול להיגרם על ידי מגוון תהליכים בגוף. למשל, תלונה של חולה על עייפות היא תסמין.

איור 3

היו ערים לתסמינים של חוסר שינה. עם ההשלכות המיוחסות למחסור בשעות שינה נמנים תסמינים אלה (משמאל למעלה נגד כיוון השעון): עייפות לאורך שעות היום; תנודות במצב הרוח; עלייה במשקל; חוסר ריכוז וכן מצבי חולי לעיתים קרובות יותר (שגם מגבירים את ההיעדרויות מבית הספר). יש לשים לב לאוסף זה של תסמינים אשר עשוי להעיד על כמות שינה בלתי מספקת [קרדיט לאיור: נלקח מתוך פוסט שהועלה לדף הפייסבוק של התאגיד ההודי HP (Hindustan Petroleum), עוסק בשמנים ובגזים טבעיים], לרגל יום השינה הבינלאומי 2023].



איור 3

שעימה הם מתמודדים היא מחסור בשעות שינה. הפגיעה בלימודים באה לידי ביטוי בירידה בציונים; עלייה בהיעדרויות מבית הספר וקושי בתפקוד במסגרות השונות. אלה רק חלק מתופעות הלוואי השליליות של כמות שינה בלתי מספקת על המוח.

השְׁמָנָה

בדומה למבוגרים, גם בקרב ילדים ומתבגרים מחסור בשינה מקושר להשְׁמָנָה. כאשר הגוף מצוי במצב של חֶסֶר בשינה חלים שינויים בתפקודו המְטָבולי (הקשור בחילוף חומרים) עם מעורבות של הורמונים שונים. שילוב זה מעלה את הִתְנַגְּדָת לַאיִנְסוּלִין, וגורם להפחתת תחושת השֶׁבֶע ולהגברת תחושת הרָעָב. כלומר, ככל שישנים פחות רעבים יותר, ובתגובה גם אוכלים יותר. מצב זה מגביר את הסיכון לתסמונת מטבולית – אוסף תסמינים בהם השמנה, כבד שומני ויתר לחץ דם, המהווים גורמי סיכון להתפתחות סוכרת ומחלות לב וכלי דם.

שינה ושעת החילת הלימודים – האם באמת משתלם לקום מאוחר יותר לבית הספר?

לאור חשיבות כמות מספקת של שעות שינה ושכיחות מחסור בשינה בילדים ובני נוער, נערכו מחקרים רבים בנושא התאמת שעת החילת הלימודים בבתי הספר. כמות הולכת ומתרחבת של בתי ספר בכל רחבי העולם מיישמים תוכניות של איחור שעת תחילת הלימודים. זאת במטרה להתאים את היום לשעון הביולוגי הדחוי, ולהתמודד עם ההשלכות השליליות של מחסור בשעות שינה. במדינות רבות בארה"ב חוקי חוקים הקובעים כי הלימודים בחטיבות הביניים ובבתי הספר התיכוניים לא יחלו לפני השעה 08:30 בבוקר [5]. בעקבות שינויים אלה, נמצא כי חלה עלייה בכמות שעות השינה של בני הנוער. חשוב מכך, שיפור בשינה הוביל לירידה בהשפעות השליליות של מחסור בשינה – לרבות התגברות מצב הרוח החיובי; הפחתה בהיעדרויות מבית הספר; ירידה במשקל; המעטת השימוש בקפאין;

תנגודת לאינסולין (Insulin resistance)

אינסולין הוא הורמון המופרש מהבלב לב דם, ומעביר את הסוכר לתאי הגוף כמקור אנרגיה. כשרמות הסוכר בדם עולות, אינסולין מופרש לאיזון. בתנגודת, התאים מפתחים עמידות להורמון. כתוצאה מכך, סוכר לא נכנס לתאים באופן מיטבי ומצטבר בדם, מה שעלול להוביל לעלייה ברמות הסוכר בגוף עד להתפתחות סוכרת.

שיפור בציונים ואפילו ירידה בכמות תאונות הדרכים שבהן מעורבים בני נוער [1, 5]. שינוי שעות בית הספר הוא כמובן מאתגר מבחינה מערכתית ודורש התאמות והשקעה. שאלה חשובה נוספת, אשר עליה אין עדיין תשובה בספרות המקצועית, היא בכמה זמן בדיוק כדאי לדחות את שעת תחילת הלימודים כדי להרוויח את ההשפעה החיובית לאורך זמן?

סיכום והמלצות

האם נראה בקרוב את ישראל מיישמת שעת התחלה מאוחרת יותר בבתי הספר? יכול להיות, אבל בינתיים כל אחד ואחת מכם צריכים לדאוג לשעות השינה האישיה, ולזכור שזה פועל כמו קסם – שעת שינה נוספת בלילה ומצב הרוח ישתפר, הציונים יעלו ותרגישו רעננים ובריאים יותר.

אם כן, מה ביכולתכם לעשות כדי לשפר את השינה?

- הפסיקו להשתמש במסכים כשעתיים לפני השינה (כן-כן, קחו איתכם ספר למיטה במקום לצפות בסדרה נוספת בנטפליקס).
- הימנעו מצריכת משקאות המכילים קפאין – אם שותים, הגבילו זאת עד השעה 16:00.
- עסקו בפעילות גופנית – צאו לרוץ או התאמנו בשחייה.
- אם אתם עדיין חווים בעיות בשינה – דברו עם ההורים או עם הרופא/ה שלכם.

לילה טוב, רצוף שינה מספקת ואיכותית!

מקורות

1. Gilels-Hillel, A., Sever, O., Kemer, L. 2020. *Position Paper – The Approach to Excessive Sleepiness in Adolescents*. Tel Aviv: Israel Sleep Research Society, Israel Medical Association.
2. Paruthi, S., Brooks, L. J., D'Ambrosio, C., Hall, W. A., Kotagal, S., Lloyd, R. M., et al. 2016. Recommended amount of sleep for pediatric populations: a consensus statement of the american academy of sleep medicine. *J. Clin. Sleep Med.* 12:785–6. doi: 10.5664/jcsm.5866
3. Wheaton, A. G., and Claussen, A. H. 2021. Short sleep duration among infants, children, and adolescents aged 4 months-17 years – United States, 2016-2018. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 70:1315–21. doi: 10.15585/mmwr.mm7038a1
4. Owens, J. A., and Weiss, M. R. 2017. Insufficient sleep in adolescents: causes and consequences. *Minerva Pediatr.* 69:326–36. doi: 10.23736/S0026-4946.17.04914-3
5. Alfonsi, V., Scarpelli, S., D'Atri, A., Stella, G., and De Gennaro, L. 2020. Later school start time: the impact of sleep on academic performance and health in the adolescent population. *Int J. Environ. Res. Public Health.* 17:2574. doi: 10.3390/ijerph17072574

פורסם אונליין: 30 בינואר 2024

נערך על ידי: Idan Segev

מנחים מדעיים: Tzipi Horowitz-Kraus

ציטוט: Gileles-Hillel A ו Yelov L (2024) נים ולא נים – מה קורה כשילדים ומתבגרים לא ישנים?
Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2023.1290877-he

תורגם והותאם מ: Gileles-Hillel A and Yelov L (2024) What Happens If You Do Not Get
Enough Sleep? Front. Young Minds 11:1290877. doi: 10.3389/frym.2023.1290877

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

זכויות יוצרים © 2024 © Gileles-Hillel ו Yelov 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

HILA, גיל: 14

אני לומדת בכיתה מצויינות בבית הספר חיים גורי בנתניה. בשעות אחר הצהריים אני אוהבת לעסוק באומנות, שחייה ולעיתים גם בריצה. בנוסף, אני מנגנת בפסנתר והמוזיקה היא חלק בלתי נפרד מחיי. אני מאוד אוהבת לטוס ולגלות מקומות חדשים.

YAIR, גיל: 13

אני לומד בכיתה סייבר בבית הספר אורט גוטמן בנתניה. אני מתאמן באתלטיקה ומתחרה בריצה מהירה (ספרינט) וקפיצה לרוחק.

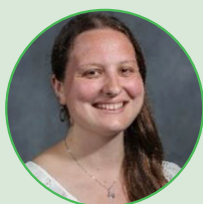
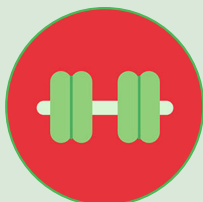
הכותבים

ALEX GILELES-HILLEL

ד"ר אלכס גיללס-הלל הוא רופא ילדים מומחה למחלות ריאה ושינה במרכז הרפואי האוניברסיטאי הדסה, ירושלים, ומרצה בכיר בפקולטה לרפואה באוניברסיטה העברית בירושלים. אלכס חוקר הפרעות שינה במגוון אמצעים וקיימים – במעבדה שלו הוא בוחן בעזרת תאים ועכברים כיצד הפרעות נשימה בזמן שינה פוגעות במערכות הגוף. במרפאה הוא מטפל בילדים ובמבוגרים המתמודדים עם הפרעות נשימה ושינה, וחוקר מה אפשר לעשות כדי לסייע להם. בבית הוא שומר בדקדק על המסורת של שנת צוהריים ביום שישי. *agileles@gmail.com

LEILA YELOV

ליילה היא סטודנטית לרפואה בשנה השישית באוניברסיטה העברית בירושלים. לומדת במסלול הצבאי 'צמרת', ובקרב תהיה רופאה בצבא. המחקר שלה, בהנחיית ד"ר אלכס גיללס-הלל, מתמקד בהפרעות



שינה בילדים. ליילה אוהבת לטייל במדינות שונות בעולם וביקרה כבר ב-29 מדינות בהן סין, איסלנד ומרוקו. בעבר הייתה ספורטאית בענף השחייה האומנותית, ועדיין עוקבת אחריו באדיקות.

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