

האם השרירים או המוח גורמים לתחושת עייפות אחרי אימון גופני?

Derek Zhang¹, Juana Li¹, Ryan Miller¹, Marina Batraka¹, Sophie Marie Anne Effing¹, Fahmida Hossain¹, Anne-Catherine Bernard^{2,3}, Mathieu Marillier^{2,3}, Nicolle J. Domnik^{1,4*}

¹המחלקה למדעי הביורפואה והמולקולות, אוניברסיטת קווינז, קינגסטון, אונטריו, קנדה

²המחלקה לרפואה, אוניברסיטת קווינז, קינגסטון, אונטריו, קנדה

³מעבדת INSERM U1042, HP2, אוניברסיטת האלפים של גרנובל, גרנובל, צרפת

⁴המחלקה לפיזיולוגיה ופרמקולוגיה, בית ספר שולייך לרפואה ולרפואת שיניים, אוניברסיטת ווסטרן, לונדון, אונטריו, קנדה

סקרת צעירה

MORGAN

גיל: 13

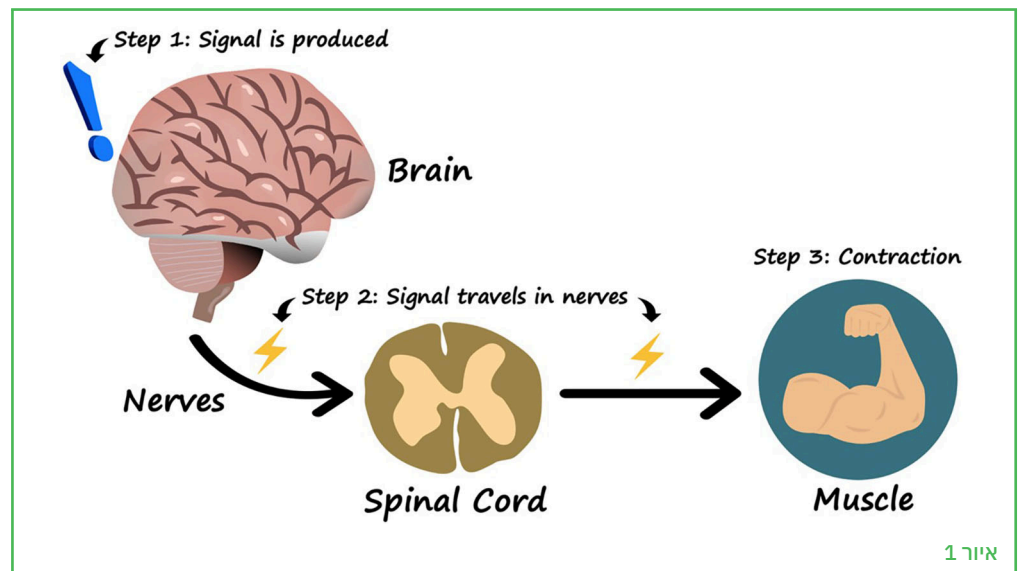


האם ידעתם ששריריכם יכולים להרגיש עייפים בלי להיות עייפים בפועל? מתברר שמוחכם חשוב בדיוק כמו השרירים שלכם כשמדובר בתשישות, או בעייפות גופנית. אתם יכולים לחוות עייפות היקפית, שהיא עייפות שנובעת מהשרירים, או עייפות מרכזית, אשר נובעת מהמוח וממערכת העצבים המרכזית. על ידי חקירת המוח והשרירים, מדענים יכולים לבחון מי מהם גורם לתשישותכם. אך כיצד? האם עלינו לבצע ניתוח מוח כדי לקבל תשובות? למרבה המזל, במקום זאת ניתן להשתמש בשיטות מיוחדות שמעורבות בגירוי העצבים והשרירים! במאמר זה, נמחיש כיצד מדענים קובעים אם העייפות שאתם חשים אחרי אימון גופני נגרמת על ידי עייפות מרכזית או היקפית, או אולי שתיהן, ונחקור את ההבדלים ביניהן.

כיצד מוחכם שולט בשריריכם?

האם אי פעם הרגשתם עייפים מאוד אחרי שיעור התעמלות ארוך? לאחר ביצוע פעילות גופנית מרובה, ייתכן שחשבתם כי שריריכם חלשים יותר מהרגיל. בעוד שאתם עשויים לחשוב כי שריריכם הם אלה שעייפים, מה אם זה למעשה מוחכם?

תנועה דורשת כיווץ של שרירים, אשר מצריך ממוחכם לתקשר עם השרירים האלה. הדבר נעשה בצורה של אות חשמלי שנישא מהמוח אל השריר על ידי סוג תא מיוחד שנקרא **ניורון**. ניורונים מבצעים דברים רבים, כשאחד מתפקידיהם החשובים הוא להנחות את שריריכם מה לעשות. ניורונים מבצעים זאת באמצעות ענף ארוך מאוד שנקרא **אקסון**, אשר מאפשר לניורונים להגיע למרחקים גדולים. אך ניורונים לא עוברים ישירות מהמוח אל השרירים. במקום זאת הם נושאים אותות חשמליים מהמוח דרך חוט השדרה (שם ישנו אוסף של ניורונים) ואז לשרירים (**איור 1**). כששריר מקבל את האות הזה, הוא נעשה פעיל ומתכווץ.



איור 1

ניורון (Neuron)

סוג תא שמרכיב חלק גדול ממוחנו ומתמחה בתקשורת של מידע לגבי גופנו אל מוחנו, או בשליחת מידע מהמוח לחלקים שונים בגוף.

אקסון (Axon)

הענף הארוך של ניורון שנושא אות.

איור 1

כיצד המוח שולט בשרירים.

ראשית, המוח מייצר אות כימי-חשמלי (ברקים צהובים). לאחר מכן, האות נשלח מהמוח אל חוט השדרה (חתך רוחב של חוט השדרה מוצג באיור). לבסוף, ניורונים מעבירים את האות לשריר-המטרה דרך האקסונים הארוכים שלהם. כאשר האות מגיע לשריר, הוא גורם לשריר להתכווץ.

תוכלו לתהות, באיזה אות המוח משתמש? וכיצד השרירים יודעים כמה לזוז? כשאתם מחליטים להזיז שריר, כימיקל טעון חיובית שנקרא סודיום (נת'רן) נע אל תוך הניורונים. תנועתו של המטען החיובי הזה אל תוך הניורון גורמת ל"שערים" זעירים לכל אורך האקסון להיפתח, מה שמאפשר אפילו לנתרן טעון חיובית נוסף להיכנס אל הניורון. כאשר שערים חדשים נפתחים בתגובה לנתרן, השערים שסביבם שהיו פתוחים קודם לכן, נסגרים. כך, המטען החשמלי-כימי החיובי מתקדם לכל אורך האקסון, דרך פעולה של פתיחת שערים וסגירתם. כשהמטען החשמלי-כימי הזה מגיע אל קרבת השריר, אות כימי משוחרר מהניורון, אשר גורם לשריר להתכווץ או לנוע. מידת העוצמה שבה השריר מתכווץ תלויה בכמה אותות מגיעים אליו, ובאיזו מהירות. אם אתם מרימים נוצה, המוח ישלח רק כמה אותות מאחר שאינכם צריכים הרבה כוח כדי להזיז משהו כל כך קל. אך, אם אתם מרימים לְבָנָה, אותות רבים יותר יישלחו במהירות גבוהה יותר מאחר שהלבנה כבדה יותר ודורשת יותר מאמץ!

זה מחזיר אותנו לשאלה המרכזית: אם הייתם רצים במשך זמן ארוך, ייתכן שרגליכם היו מרגישות עייפות, אך כיצד אנו יודעים מה גורם לעייפות הזו? ייתכן שבפועל אלה לא שריריכם שעייפים; אולי מוחכם לא שולח אותות לשרירי הרגליים שלכם במהירות מספיק גבוהה, או שמהו בחוט השדרה שלכם מאט את האותות. אף על פי ששרירי רגליכם יכולים להמשיך לנוע, אם מוחכם והעצבים שלכם לא מסוגלים לומר להם לזוז ביעילות, הם לא יזוזו. אם כן, כיצד נדע לומר אם הבעיה היא בשרירים או במוח?

האם שריריכם עייפים?

עייפות היקפית היא מונח שאנו משתמשים בו כדי לתאר שינויים בשריר עצמו או בצומת שבין הנוירון לשריר. בעייפות היקפית, השריר אינו מסוגל לייצר את אותה כמות הכוח כמו קודם. ייתכן שהבחנתם בתחושה הזו בזמן שתרגלתם שכיבות סמיכה, שנעשות קשות יותר ויותר לביצוע ככל שמרבים בהן.

גורמים רבים עשויים לגרום לשרירים להתעייף. אחד מהם הוא שהשרירים עשויים להגיב פחות לאותות שנשלחים מהמוח במהלך ביצוע התעמלות. כדי ששרירים יגיבו לאותות מהמוח, כמות המטען החשמלי בתוך תאי השריר צריכה להשתנות. בפרט, החלק הפנימי של התא צריך להפוך חיובי יותר. כאשר החלק הפנימי של התא מספיק חיובי, התא יכול להגיב לאותות מהמוח. אולם, במהלך פעילות מרובה, המטענים החיוביים עשויים "לברוח" מתאי השריר [1]. זה משאיר את החלק הפנימי של תאי השריר שלילי יותר ופחות תגובתי כלפי האותות שנשלחים לאורך נוירונים. אתם עשויים לתהות כמה זמן העייפות ההיקפית הזו תימשך, ומתי תחזרו לכוחכם הרגיל. כפי שכל הנראה ניחשתם מתוך ניסיונכם האישי וחוויותיכם, עייפות אינה קבועה. אם אתלטים היו נחלשים בכל פעם שהם מתאמנים, הם לא היו מתאמנים יותר! במציאות, אימונים ועייפות קצרת-טווח מְחַזְקִים אתכם עם הזמן. כתלות בעצימות הפעילות, יכול לקחת דקות, שעות, או אפילו ימים להתאושש מעייפות היקפית [2].

האם אתם חווים עייפות היקפית?

כדי לקבוע אם אתם חווים עייפות היקפית, תצטרכו ללכת למעבדת אימונים לבדיקות באמצעות שיטה שנקראת **גירוי עצבי היקפי** [3]. בשיטה זו עושה משתמשים במכשירים קטנים שנקראים אלקטרודות. האלקטרודות מחוברות לעור כמו מדבקות, ושולחות אותות קטנים ומהירים של חשמל שמרגישים כמו עקצוצים עדינים בגופכם [2]. תגובת שריריכם לגירוי הזה יכולה להימדד באמצעות מכשיר מיוחד שמודד את הכוח של תנועת השריר שנובעת מכך [2].

לאחר שהאלקטרודות מונחות על עורכם ואתם נינוחים, מדענים יגרו את העצב באמצעות האלקטרודות. הגירוי הזה גורם לשריר הרפוי שלכם להתכווץ בחוזקה לזמן קצר, מה שמוביל לתופעה הידועה בתור עווית שריר. עווית השריר שלכם יכולה להימדד לפני סוגים מסוימים של תרגילים שמעייפים את השריר, ואחריהם. זה יכול להיות פשיטות ברך, שבהן אתם כופפים ופושטים את רגלכם מהברך, כמו בבעיטת כדורגל, או תרגיל שמשתמש בזרועכם. הכול תלוי באיזה שריר המדענים רוצים לחקור! אם העווית שמיוצרת אחרי תרגיל קטנה

עייפות היקפית (Peripheral fatigue)

עייפות שנובעת משריריכם.

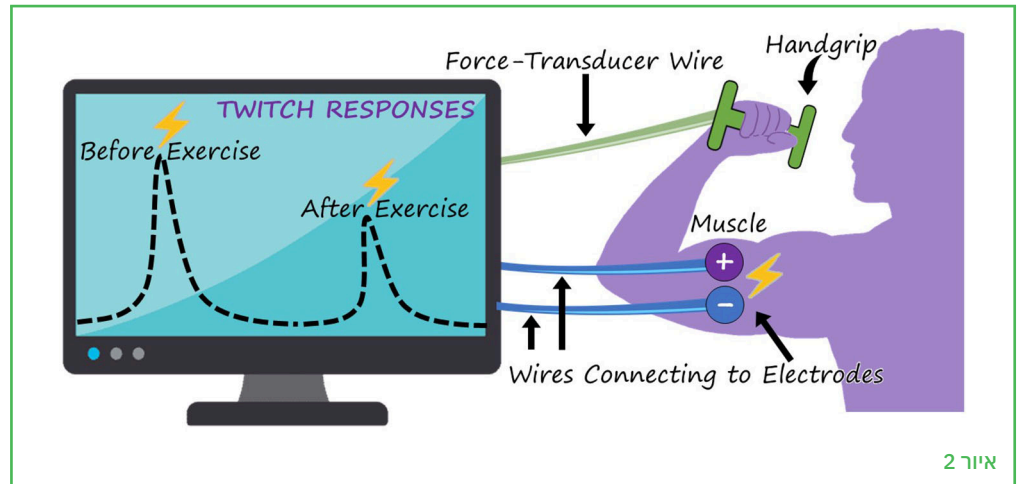
גירוי עצבי היקפי (PNS-Peripheral nerve stimulation)

גירוי של עצב באמצעות אלקטרודות שמחוברות לעור, אשר מעבירות פולסים מהירים של חשמל.

יותר מהעווית שמויצרת לפני התרגיל, המשמעות היא שהשריר שלכם איבד יכולת מסוימת להתכווץ (איור 2) – זוהי עייפות היקפית.

איור 2

מידת עייפות היקפית באמצעות גירוי עצבי היקפי. שתי אלקטרודות (אחת חיובית והשנייה שלילית) מוצמדות לשריר באמצעות האלקטרודות גורם לשריר להתכווץ בצורה של עווית שריר. עווית השריר נרשמת באמצעות מתמך כוח (המכשיר הירוק בצד שמחבר בין אחיזת היד לבין המחשב), אשר מודד את עוצמת כיווץ השריר. ניתן לבדוק עייפות היקפית באמצעות השוואה אם העווית שנרשמה ונמדדה על ידי מתמך הכוח קטנה יותר אחרי התרגיל (מה שמורה על עייפות היקפית) או נשארה אותו הדבר (מה שמצביע על היעדר עייפות היקפית).



מוח על פני שריר

כשאתם מתבקשים לסייע לסחוב סלי קניות רבים מהרכב, ייתכן שאתם מבחינים בכך שהשקים מרגישים כבדים יותר ויותר ככל שאתם מתקדמים בדרככם. בעוד שריריכם עשויים להיות "אשמים" בעייפות היקפית, הגורם לכך יכול להיות משהו אחר. **עייפות מרכזית** היא סוג עייפות שמקורה במוחכם [4]. במקרה זה, ללא תלות בשאלה אם שריריכם עייפים או לא, **מערכת העצבים המרכזית** שלכם – המוח וחוט השדרה – אינה מסוגלת לשלוח אותות חזקים מספיק כדי להניע את שריריכם להשקיע את המאמץ הגדול ביותר האפשרי.

במובנים רבים, מערכת העצבים המרכזית פועלת כמו מחשב, ומייצרת אותות חשמליים באמצעות כימיקלים ששולחים הודעות דרך הניורונים. הניורונים שלכם הם כמו כבלים שנושאים את המידע הזה בכל רחבי גופכם, ויכולים לגרום לפעולה כאשר האות מגיע לשרירים. כדי לגרום להם להתכווץ, לשריריכם נדרש אות שהוא מספיק עוצמתי. אם חל שינוי ביכולת של מערכת העצבים המרכזית שלכם לאותת לשריריכם, אז שריריכם לא יהיו מסוגלים להתכווץ בחוזקה המרבית, אפילו כשאתם חושבים שאתם מפעילים אותם באופן מרבי. ניתן למדוד זאת על ידי כך שמבקשים ממישהו לבצע את מה שידוע בתור **כיווץ רצוני מרבי**. זהו הכוח המרבי שאתם יכולים ליצור עם שריריכם על ידי ניסיון יזום. עייפות מרכזית תתרחש בדרך כלל כשאתם מותשים מתרגילים שמבוצעים לאורך פרק זמן ארוך, כמו נשיאת קניות. עייפות מרכזית היא דרך להגן על שריריכם מפני פגיעה, אשר עלולה אם משתמשים בשרירים בעודף. כשאתם חווים עייפות מרכזית, לוקח למוחכם לפחות כמה דקות להתאושש ולהיות מסוגל לשלוח שוב אותות בעוצמה מרבית [2]. תרגילים מסוימים עשויים לדרוש אפילו כמה ימים להתאוששות [2].

מידת מידת העייפות של מוחכם

אם עייפות מרכזית מתרחשת במערכת העצבים המרכזית, כיצד ניתן למדוד אותה כשיאנו יכולים לראותה או לגעת בה ישירות? מדען אחד גילה כי עייפות מרכזית יכולה גם להימדד

עייפות מרכזית (Central fatigue)

עייפות שנובעת ממוחנו וממערכת העצבים המרכזית.

מערכת עצבים מרכזית (CNS-Central nervous system)

המוח וחוט השדרה.

כיווץ רצוני מרבי (MVC-Maximal voluntary contraction)

כמות הכוח הגדולה ביותר שאתם יכולים ליצור באמצעות החלטה לכווץ שריר בודד או קבוצת שרירים.

שיטת

**Twitch interpolation
(Twitch interpolation
technique)**

בזמן כיווץ מרבי של השריר שלכם, משתמשים באלקטרודה להעברת פולס חשמלי כדי לבחון אם השריר יכול להתכווץ אפילו יותר, מה שמוביל לעווית בשריר.

איור 3

מדידת עייפות מרכזית

באמצעות שיטת

Twitch interpolation

עייפות שרירים מרכזית נבחנה באמצעות שליחת גירוי דרך אלקטרודות אל תוך השריר במהלך כיווץ רצוני מרבי—כאשר השריר מתכווץ כמה שניתן. אם עוצמת העווית במהלך הגירוי גדולה יותר מכוח הכיווץ הרצוני המרבי הנורמלי, אז השריר עדיין מסוגל לעבוד חזק יותר, מה שמצביע על עייפות מרכזית. אם בתגובה לגירוי ישנו שינוי קטן בכיווץ הרצוני המרבי או שלא חל כל שינוי, אז העייפות היא ככל הנראה היקפית.



איור 3

מסקנות

לסיכום, העייפות שאתם חשים אחרי פעילות גופנית מאומצת יכולה להתרחש בצורות שונות. אף על פי שאתם עשויים לחשוב כי אלה רק שריריכם שעייפים, גם מוחכם עשוי למלא תפקיד מרכזי מאוד. היכולת לומר אם אנשים מוגבלים בפעילויות הפיזיות שלהם בשל עייפות היקפית או עייפות מרכזית נעשית חשובה אפילו יותר כאשר בוחנים מה עוצר בעד אתלטים מלהגיע לאבני הדרך העיקריות הבאות בביצועיהם, או כאשר מנסים לסייע לאנשים המתמודדים עם מצבי בריאות כרוניים לבצע פעילויות יומיומיות בצורה יעילה יותר, כמו לעלות במדרגות, לנקות, או להתלבש. בפעם הבאה שאתם מתעייפים, חשבו האם זה יכול לנבוע מעייפות היקפית או מרכזית, או אפילו משתיהן!

תודות

האיוורים במאמר זה נוצרו באמצעות שילוב בין PowerPoint לבין תמונות שזמינות ברשת דרך רישיון Creative Commons.

מקורות

1. Juel, C. 1986. Potassium and sodium shifts during in vitro isometric muscle contraction, and the time course of the ion-gradient recovery. *Pflügers Archiv*. 406:458–63. doi: 10.1007/bf00583367
2. Carroll, T. J., Taylor, J. L., and Gandevia, S. C. 2017. Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. *J. Appl. Physiol.* 122:1068–76. doi: 10.1152/jappphysiol.00775.2016
3. Mortimer, J. T., and Bhadra, N. 2004. "Peripheral nerve and muscle stimulation," in *Neuroprosthetics*, eds K. W. Horch and G. S. Dhillon (Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd). p. 638–82. doi: 10.1142/978981mor2561763_0020
4. Zory, R., Boerio, D., Jubeau, M., and Maffiuletti, N. A. 2005. Central and peripheral fatigue of the knee extensor muscles induced by electromyostimulation. *Int. J. Sports Med.* 26:847–53. doi: 10.1055/s-2005-837459
5. Herbert, R. D., and Gandevia, S. C. 1999. Twitch interpolation in human muscles: Mechanisms and implications for measurement of voluntary activation. *J. Neurophysiol.* 82:2271–83. doi: 10.1152/jn.1999.82.5.2271
6. Merton, P. A. 1954. Voluntary strength and fatigue. *J. Physiol.* 123:553–64. doi: 10.1113/jphysiol.1954.sp005070

פורסם אונליין: 08 ביוני 2023

נערך על ידי: Ajithkumar Vasanthakumar

מנחה מדעית: Christine M. Tallon

ציטוט: Zhang D, Li J, Miller R, Batraka M, Effing SMA, Hossain F, Bernard A-C, Marillier M (2023) האם השרירים או המוח גורמים לתחושת עייפות אחרי אימון גופני? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.578431-he

תורגם והותאם מ: Zhang D, Li J, Miller R, Batraka M, Effing SMA, Hossain F, Bernard A-C, Marillier M and Domnik NJ (2021) Are Your Muscles or Your Brain Making You Feel Tired After Exercise? *Front. Young Minds* 9:578431. doi: 10.3389/frym.2021.578431

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

Zhang, Li, Miller, Batraka, Effing, Hossain, 2023 © 2021 © COPYRIGHT Bernard, Marillier and Domnik. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחבר(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.

סוקרת צעירה

MORGAN, גיל: 13

היא, קוראים לי מורגן ואני בת 13. אני אוהבת לקרוא ספרים (האהובים עליי הם עדיין סדרת הארי פוטר); לטפס על קירות טיפוס ולשחק כדורגל. סדרת הטלוויזיה האהובה עליי היא "חברים", והחיה האהובה עליי היא קנגורו. יש לי שלוש ארנבות מקסימות.

הכותבים

DEREK ZHANG

דֶרֶק זְהָאֵנְג הוא סטודנט מתמחה לתואר ראשון במדעי החיים באוניברסיטת קווינז. תחומי העניין האקדמיים שלו מתמקדים במחקר ובפתולוגיות ביו-רפואיים, כמו גם במדעים קליניים. תשוקתו לסייע לילדים הובילה אותו לשאוף להתקבל לבית ספר לרפואה ולהיות רופא ילדים! בזמנו הפנוי, הוא אוהב לבשל ולהתאמן.

JUANA LI

ג'ואנה לי היא סטודנטית לתואר ראשון באוניברסיטת קווינז, עם מיקוד במדעי החיים. היא גם מתעניינת במחקרים קלאסיים. תחומי המחקר שלה הם חינוך רפואי וביבליומטריקה. בעתיד היא מקווה להיות מחנכת-קלינאית. בזמנה הפנוי, היא אוהבת לקרוא ספרות היסטורית, לאפות ולשחק כדורסל.

RYAN MILLER

ריאן מילר הוא סטודנט למדעי החיים באוניברסיטת קווינז. המחקר הנוכחי שלו מתמקד באסטרטגיות מונעות של רפואת נפש, אף על פי שתחומי העניין שלו נרחבים וכוללים נושאים כמו מתמטיקה והיסטוריה. מטרתו הנוכחית היא להתקבל לבית ספר לרפואה. בזמנו הפנוי הוא אוהב לשחק שחמט, לשחק במשחקי מחשב ולעסוק בסוגי ספורט שונים.

MARINA BATRAKA

מרינה בַּטְרָקָה היא סטודנטית לתואר ראשון במדעי החיים באוניברסיטת קווינז. מתעניינת ברפואה, ובאופן שבו הגוף האנושי פועל. היא אוהבת ללמד ולחלוק את הידע שלה כדי לסייע לאנשים להבין מדוע גופם עושה דברים מסוימים. מרינה רוצה להיות רופאת ילדים שעוסקת בשמירה על בריאותם של ילדים ובני נוער, ועל שמחתם. מלבד תחומי העניין שלה ברפואה, היא אוהבת בישול, ריקוד ויציאה לטיולים או לטיפוסים עם כלבתה.

SOPHIE MARIE ANNE EFFING

בתור סטודנטית לתואר ראשון במדעי החיים באוניברסיטת קווינז, סופי אֶפִינג לומדת על בריאות ועל גוף האדם. באמצעות לימודי תעודה בעסקים, היא גם רוכשת הבנה טובה יותר של מגוון דרכים שבהן העולם פועל. תשוקתה לשירותי בריאות הובילה אותה לפתח קריירה בבריאות גלובלית ובריאות של



אוכלוסייה, שבתקווה תאפשר לה להשפיע באופן חיובי על העולם. מלבד לימודים, היא נהנית להישאר פעילה באמצעות משחקי כדורגל ואימונים גופניים, לבלות זמן עם חברים ומשפחה וללמוד שחמט!



FAHMIDA HOSSAIN

פמידה חוסיין היא סטודנטית לתואר ראשון באוניברסיטת קווינז שחוקרת בתחום מדעי החיים. חלומה הוא לפתח קריירה ברפואה בתחומי טראומה וניתוח אורתופדי. כשאינה חוקרת, היא ככל הנראה שרה בקבוצת הא-קפלה שלה, מנחה סטודנטים, או מנגנת בגיטרה!



ANNE-CATHERINE BERNARD

אן קתרין ברנרד היא קלינאית שעשתה את התואר שלה ברפואה באוניברסיטת האלפים של גרנובל (צרפת) עם התמחות ברפואת ספורט. לאחרונה, היא השלימה מלגת מחקר של שנתיים במחלקה לרפואה באוניברסיטת קווינז (קינגסטון, קנדה), שם חקרה כיצד מחסור בחמצן במהלך אימון גופני משפיע על עייפות שרירית-עצבית בקרב מטופלים עם מחלת ריאות בין-רקמתית. דוקטור ברנרד מתעניינת בחקירת דרכים חדשות להתאמת פעילות גופנית במטרה להפוך את התרגילים נגישים לכולם, לרבות סיוע לקטועי איברים ולאנשים עם מחלות נשימה כרוניות או השמנת יתר למצוא סוגי פעילות גופנית שמתאימים עבורם.



MATHIEU MARILLIER

מתיו מרילייר הוא פיזיולוגי קליני של אימון גופני. עשה את הדוקטורט שלו באוניברסיטת האלפים של גרנובל (צרפת), שם מחקרו התמקד בהשלכות של הפרעות שינה על המוח במהלך אימון גופני עוקב. לאחרונה סיים את מלגת הפוסט-דוקטורט שלו במחלקה לרפואה באוניברסיטת קווינז (קינגסטון, קנדה), שם מחקרו כלל חוסר סבילות לאימון גופני במחלות נשימה כרוניות. כיום, ד"ר מרילייר עובד כחוקר, ומתעניין במיוחד בחקירת ההשלכות של מחסור בחמצן על עייפות שרירית-עצבית במהלך אימון גופני, בקרב מטופלים עם מחלות נשימה כרוניות.



NICOLLE J. DOMNIK

ניקול דומניק לימדה פיזיולוגיה ופתופיזיולוגיה באוניברסיטת קווינז במשך שש שנים, ולאחרונה מונתה כעוזרת פרופסור באוניברסיטת ווסטרן. היא אוהבת לחלוק את תשוקתה לפיזיולוגיה עם תלמידיה על ידי כך שהיא מסייעת לתרגם מחקרים לשפה נגישה לכול. מחקרה התמקד בהשפעה של מחלות נשימה על היכולת לנשום במהלך שינה, כמו גם כיצד נירונים מתמחים בריאותיני חשים את תנועות הנשימה שלנו ואת מה שנמצא באוויר. כשאינה חושבת על ריאות, בדרך כלל ניתן למצוא אותה עורכת ניסויים במטבח; יוצרת מוזיקה; נהנית מהחוף, או מחפשת עצות מדעיות מהסוקר בעל ההבחנה הטובה ביותר: החתול שלה.

* n.j.domnik@queensu.ca; nicolle.domnik@schulich.uwo.ca

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