

COVID-19: האתגר החיסוני החדש

Suleman R. Sabir^{1,2}, Emma C. Thomson^{2,3,4}, Tomasz J. Guzik^{5,6}, Fulvio D'Acquisto⁷ |
Pasquale Maffia^{2,5,8*}

¹בית הספר לרפואה, מדעי הרפואה ותזונה, אוניברסיטת אברדין, אברדין, בריטניה
²המכון לזיהום, חיסוניות ודלקת, הקולג' למדעי הרפואה, הווסטרינריה ומדעי החיים, אוניברסיטת גלזגו, גלזגו, בריטניה
³MRC-אוניברסיטת גלזגו, המרכז לחקר וירוסים, גלזגו, בריטניה
⁴המחלקה למחלות זיהומיות, בית החולים האוניברסיטאי על שם המלכה אליזבת, גלזגו, בריטניה
⁵המכון למדעי הלב וכלי הדם ומדעי הרפואה, הקולג' למדעי הרפואה, הווסטרינריה ומדעי החיים, אוניברסיטת גלזגו, גלזגו, בריטניה
⁶המחלקה לרפואה פנימית, אוניברסיטת ג'אג'וביאן, קולג' רפואי, קרקוב, פולין
⁷המחלקה למדעי החיים, אוניברסיטת רואהאמפטון, לונדון, בריטניה
⁸המחלקה לרוקחות, אוניברסיטת פדריקו ה-II בנאפולי, נאפולי, איטליה

סוקרים צעירים

AYDEN
גיל: 12



LILI
גיל: 9



ZOE
גיל: 8



האם תרצו לדעת עוד על הדבקה בוורוס הקורונה? מה למעשה קרה? כמה הווירוס גדול? כיצד הוא פוגע באנשים? מהיכן הוא הגיע, וכיצד התפשט לבני אדם? או שאולי אתם מעוניינים לדעת כיצד גופכם מגן על עצמו מפני הווירוס? את התשובות לשאלות אלה תוכלו למצוא במאמר הזה. אנו מקווים שתיהנו מהקריאה.

על וירוס הקורונה ודרכי התפשטותו

אתם עשויים להיות בביתכם, אולי מתכוננים למפגש של הכיתה המקוונת שלכם, כשלפתע אתם חושבים: "מה בעצם קרה, ומדוע?" אתם מסתכלים החוצה ולא נראה שמהו

SARS-CoV-2

וירוס הקורונה שאחראי למחלה שאנו מכנים COVID-19.

COVID-19

המחלה שנגרמת על ידי הוירוס SARS-CoV-2.

מגפה (Pandemic)

מחלה מדבקת שהתפשטה על פני כמה יבשות או ברחבי העולם.

שכפול ויראלי (Viral replication)

היווצרות של וירוסים חדשים בתאים של בני אדם שנדבקו.

השתנה. הדשא והעצים עדיין שם, הציפורים מציצות והירח והשמש רודפים אחד אחרי השנייה כמו תמיד. אינכם יכולים לראות בעיה ממשית, אך משפחתכם וחבריכם מדברים זה עם זה מרחוק, ואולי אפילו חוצים את הכביש לצד השני כשמישהו מתקרב אליהם.

כשאתם צופים ברשת או מקשיבים לחדשות, אתם שומעים שיש וירוס חדש שנקרא **SARS-CoV-2**, שגורם למחלה שנקראת **COVID-19**, שהיא מסוכנת מאוד ויכולה לפגוע באנשים באופן חמור. הוירוס הזה גורם למגפה, כלומר הוא התפשט ברחבי העולם. אתם תוהים: "אבל איפה הוא? וכמה ממנו יש? אני לא ראיתי כלום, כיצד הוא פוגע באנשים?" מבחינה מספרית, וירוסים הם ה"יצורים החיים" הנפוצים ביותר על פני כדור הארץ. מעריכים שישנם בסך הכול כמאה נוניליון, כלומר 100,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000! בהתחשב בכך שישנם 7.7 מיליארד אנשים בכדור הארץ. הסיבה לכך שאיננו יכולים לראות וירוסים היא שגודלם נע בין 20 ננומטרים ל-400 ננומטרים. משמעות הדבר היא שוירוסים קטנים פי 5,000 משערה אנושית, ולכן אי אפשר לראותם באמצעות מיקרוסקופ רגיל.

כשמתבוננים על וירוסים באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני עוצמתי, הם נראים די אלגנטיים בשל המבנה הסימטרי שלהם. עבור SARS-CoV-2, הצורה הסימטרית הזו אפילו מושכת יותר מאחר שהיא מכילה טבעת חלבונים שמקיפה את הוירוס, כמו תכשיטים על כתר. מבנה זה הוא שמקנה את השם קורונה (כתר) למשפחת הוירוסים הזו. המבנה החיצוני של הוירוס נקרא קספיד (capsid), והוא משמש כמִכָּל לחומר הגִּנּוּמִי של הוירוס (דנ"א או רנ"א). כשווירוסים מדביקים את גופנו, הם מחדירים את החומר הגנטי שלהם לתאים שלנו. התאים שנדבקו נהפכים למפעלים שמייצרים וירוסים חדשים, בתהליך שנקרא **שכפול ויראלי**. הוירוסים החדשים האלה מתפרצים החוצה מתוך התא המארח, ולמעשה גורמים למוות של התא.

במקרה של SARS-CoV-2, התאים שנדבקו הם אלה שמצפים את החלק העליון של דרכי הנשימה. כתוצאה מכך, כאשר אוסף חדש של וירוסים מסוג SARS-CoV-2 פורץ החוצה מתאי הריאות, הם נפלטים לאוויר שאנו נושמים. הוירוסים ארוזים בבעות קטנות של מים ושל אוויר שבאופן רגיל נפלטות במהלך הנשימה. בועות האדים האלה, או הטיפות הזעירות הללו, מתנהגות כמו כדורי תותח כשאנו מתעטשים ומשתעלים. הטיפות האלה יכולות להניע את הוירוס אל תוך האוויר במהירות גבוהה, ועל פני מרחק רב. מעריכים כי טיפות שמיצרות מעיטוש יכולות להגיע למרחק של 1.8 מטרים, וכי העננים הגזיים הגדולים שמיוצרים מעיטוש יכולים להגיע למרחק של עד 8.2 מטרים. כעת אתם עשויים להתחיל להבין מדוע אנשים שמרו מרחק זה מזה, וחבשו מסיכות על אפיהם ופיותיהם.

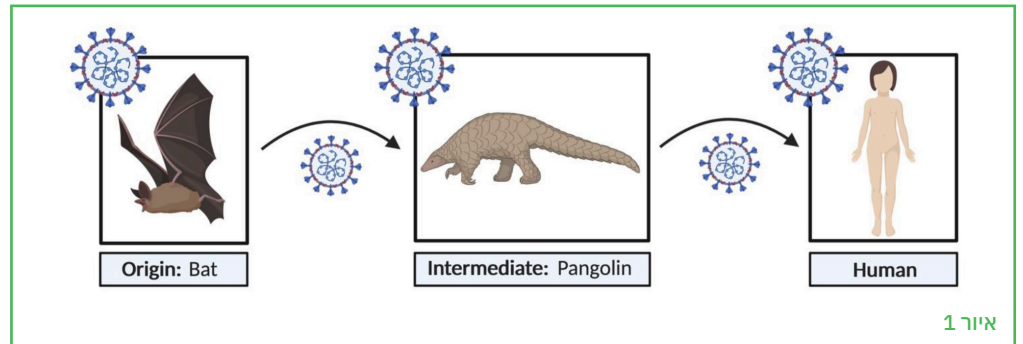
איך הכול התחיל?

ייתכן שמעולם לא שמעתם על וירוס הקורונה או COVID-19 לפני השנה הזו, ואולי אתם תוהים מדוע הוא נהפך לנושא כל כך "חם" בתקופה האחרונה. הכול החל בדצמבר 2019, כאשר דווח לעולם על וירוס חדש שזוהה בוואהאן, עיר גדולה במחוז הונג'י בסין. שלא כמו וירוסים אחרים, הוירוס הזה התפשט במהירות ברחבי העולם, וגרם למותם של יותר מ-545,000 איש ב-6 חודשים.¹ הוירוס SARS-CoV-2 שמחולל את המחלה COVID-19

<https://coronavirus.jhu.edu/map.html>

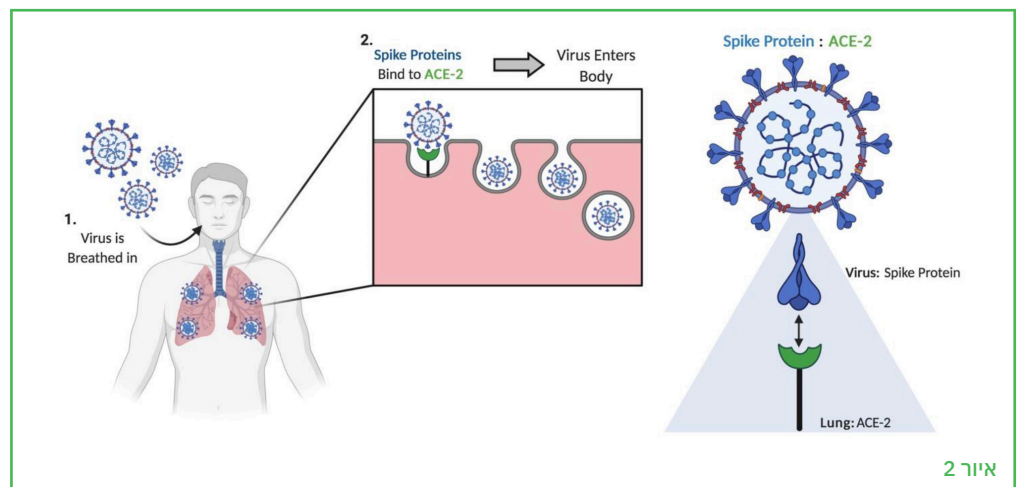
ממשיך להתפשט ממדינה למדינה, והוא הסיבה לכך שממשלות רבות מבקשות מאזרחי מדינותיהן להישאר בבתיים. מערכות הבריאות ברחבי העולם, שלא התמודדו עם אירוע בסדר גודל כזה בשנים האחרונות, מצויות במאמץ מתמשך להגביל את התפשטות הווירוס.

כיצד COVID-19 התחיל בסין? כדי להסביר זאת, אנו צריכים לקחת צעד אחורה ולהבין כיצד וירוסים מסתגלים לסביבתם. באופן כללי, וירוסים אוהבים להשתכפל רק בתוך מינים מסוימים של חיות שהם מכירים. אך חלק מהווירוסים, שנקראים **וירוסים זואונוטיים**, יכולים לסגל עצמם לשרוד במינים שונים, או, כפי שמדענים אומרים לעיתים קרובות, "לקפוץ" ממין אחד לאחר. SARS-CoV-2 הדביק במקור רק עטלפים [1], אולם מסיבות שעדיין אינן מובנות לגמרי, הוא פיתח יכולת "לקפוץ" לפנגולין (דוב נמלים עם קשקשים) (איור 1) [1]. החיות האלה נפוצות ברפואה הסינית, מאחר שגם בשרן וגם קשקשיהן משמשים לטיפול במגוון רחב של מחלות. חוקרים חושבים שאחרי שווירוס SARS-CoV-2 הדביק פנגולינים, הוא הסתגל ורכש יכולת "לקפוץ" למינים אחרים.



איור 1

כיצד וירוס הקורונה נהיה מסוגל להדביק בני אדם? כאשר SARS-CoV-2 מדביק בני אדם, הוא משתמש בחלבונים שעל פני השטח שלו, שנקראים חלבוני ספייק (spike). חלבונים אלה יכולים "להיתפס" בחלבון אחר שנמצא על תאים שמצפים את החלק העליון של דרכי הנשימה, שנקראים תאי אפיתל. החלבון האנושי הזה נקרא **ACE-2** (קיצור של angiotensin converting enzyme-2) (איור 2) [2]. עיגונם של חלבוני הספייק ב-ACE-2 מאפשר לווירוס הקורונה לנחות בחוזקה על תאי האפיתל ולהדביק אותם.



איור 2

מחלה זואונוטית (Zoonotic disease)

מחלקה מדבקת שנגרמת על ידי פתוגן ש"קפץ" מחיה לבן אדם.

איור 1

"קפיצת" מחלת COVID-19 מעטלפים לבני אדם. SARS-CoV-2, וירוס זואונוטי, הגיע במקור מעטלפים. מאמינים שהוא "קפץ" לפנגולינים, ואז לבני אדם (האיור נוצר באמצעות BioRender.com).

ACE-2

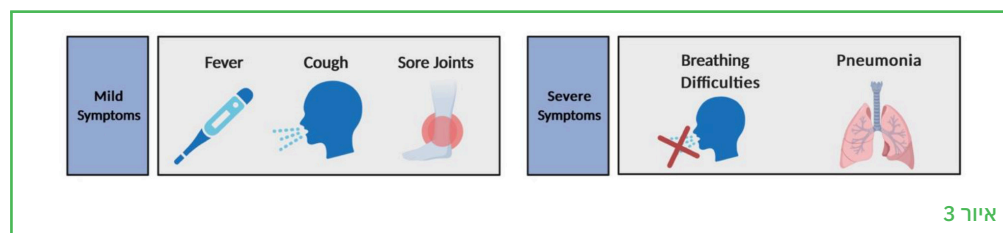
חלבון שמשמש את וירוס הקורונה כדי לחדור לתאים אנושיים.

איור 2

המנגוונים שמשמשים את וירוס SARS-CoV-2 בהדבקת בני אדם. ההיקשרות של חלבוני ספייק ל-ACE-2 על פני השטח של תאי האפיתל של הריאות, הכרחית לחדירת SARS-CoV-2 לגוף ולהדבקה (האיור נוצר באמצעות BioRender.com).

כיצד SARS-CoV-2 משפיע על בני אדם?

מאחר שהריאות הן אתר ההדבקה העיקרי, מטופלים רבים שנדבקו ב-SARS-CoV-2 מראים תסמינים שקשורים לדלקת ולחולי של הריאות לרבות קוצר נשימה, שיעול יבש מתמשך, חום, כאבי שרירים וכאבי פרקים (איור 3) [1]. תסמינים אלה עשויים להזכיר לכם איך הרגשתם כשהייתם מצוננים, ואתם צודקים אם אתם חושבים ש-COVID-19 וצינון שגרתי חולקים נקודות דמיון מסוימות; אולם, ישנם הבדלים חשובים. ראשית, במקרים חמורים, מטופלים שנדבקו ב-SARS-CoV-2 עשויים לפתח זיהום חריף בריאות שנקרא פנאומוניה (איור 3) [1]. זה יכול להחליש את הריאות ולגרום להן להיות בלתי יעילות, ועלול לגרום לבעיות בחמצון הדם. כתוצאה מכך, מטופלים עשויים לפתח מצב שנקרא תסמונת מצוקה נשימתית חריפה. אף על פי שזה קורה בעיקר בקרב חולים במצב החמור ביותר, מצוקה נשימתית יכולה לגרום למוות. שנית, וככל הנראה הכי חשוב, בסביבות 80% מהאנשים שנדבקו ב-SARS-CoV-2 מראים תסמינים קלים בלבד, או שהם א-סימפטומטיים, כלומר אינם מראים סימנים של הדבקה [1]. הווירוס הזה יכול לעבור מאדם אחד לאחר גם באופן בלתי צפוי. אם תשלבו את העובדה שאנשים יכולים להידבק בלי לדעת זאת, עם קצב ההעברה הגבוה של הווירוס, תוכלו להתחיל להבין מדוע COVID-19 הפך למגפה.



איור 3

איור 3

תסמינים שקשורים להדבקה בוירוס SARS-CoV-2. תסמינים עשויים להיות קלים כמו למשל שיעול עדין, חום וכאבים בגוף, או חמורים יותר לרבות קשיי נשימה ופנאומוניה (האיור נוצר באמצעות BioRender.com).

כיצד מערכת החיסון מתמודדת עם SARS-CoV-2?

עד כמה ש-SARS-CoV-2 היה רוצה לשהות בריאותינו ולהמשיך להשתכפל, גופנו בנוי כך שיוכל למנוע זאת. זה חשוב, מאחר ששכפול ויראלי הורס תאי אפיתל, ובסופו של דבר מונע מריאותינו לתפקד באופן תקין. כדי להתמודד עם SARS-CoV-2 ועם אורגניזמים בלתי נראים אחרים שעשויים להדביק אותנו, הגוף פיתח צבא של תאים שמגן עליו: מערכת החיסון (תוכלו ללמוד על תאי מערכת החיסון ממאמרים אחרים של פרונטירז-מדע לצעירים, כמו למשל [3-5]). מאפיין מרכזי של מערכת החיסון הוא יכולתה לזהות וירוסים ופתוגנים אחרים ולחסלם. מערכת החיסון לומדת לעשות זאת בכך שהיא חשופה לפתוגן בפעם הראשונה, ולומדת כל מה שיש לדעת עליו. התהליך הזה נקרא "חינוך חיסוני" (איור 4, משמאל). חינוך חיסוני מאפשר לגוף ללמוד את הדרך הטובה ביותר להילחם בפתוגן מסוים. אם מאוחר יותר הגוף רואה שוב את אותו הפתוגן, הוא יכול להגיב בצורה טובה ומהירה יותר, בהתבסס על מה שלמד בפעם הראשונה. תהליך זה נקרא **זיכרון חיסוני** (איור 4, מימין).

הרעיונות של חינוך חיסוני וזיכרון חיסוני הם הבסיס לחיסונים. חיסונים מורכבים בדרך כלל מפתוגנים מתים או מוחלשים, או מחלקים חשובים של הפתוגנים האלה. כאשר ניתן חיסון, אנו מקנים למערכת החיסון הזדמנות להתמודד עם גרסה בטוחה של הפתוגן וללמוד ממנה,

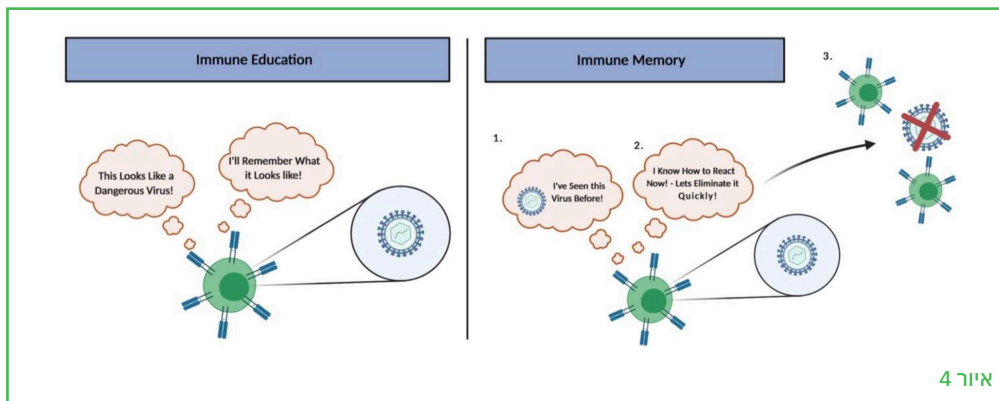
זיכרון חיסוני

(Immune memory)

היכולת של מערכת החיסון לזהות במהירות ובאופן פרטני פתוגנים שהגוף פגש בעבר.

איור 4

חינוך חיסוני וזיכרון חיסוני.
 חינוך חיסוני מתרחש כאשר מערכת החיסון רואה פתוגן בפעם הראשונה, ולומדת אותו. אם האדם נדבק מאוחר יותר על ידי אותו הפתוגן, מערכת החיסון תזכור את מה שהיא למדה בפעם הראשונה ושמרה בזיכרון החיסוני, ולכן תהיה מסוגלת להגיב מהר ולחסל את הפתוגן (האיור נוצר באמצעות BioRender.com).



איור 4

בלי להסתכן בכך שהפתוגן יכול לגרום למחלה אצל האדם שחוסן. כיום, אין לנו חיסון SARS-CoV-2, ולכן זוהי הפעם הראשונה שמערכת החיסון האנושית נחשפה אליו.

סיכום

אתם עשויים להרגיש ש- COVID-19 שינתה את האופן שבו אנו חיים את חיינו. המחלה השפיעה על כל היבט בחיים החברתיים שלנו, מבית הספר, ועד ליכולת לצאת ולבלות או לנסוע לחופשות. אולם, כמו מחלות רבות אחרות בעבר, אנו לומדים הרבה מאוד על וירוס SARS-CoV-2 וכיצד למנוע הידבקות בעתיד. אנו גם לומדים דרכים חדשות לתקשר ולבלות! אלה מאיתנו שאינם עובדים בחזית, בבתי החולים או במעבדה בחקירת הווירוס, עשויים להרגיש שאין לנו הרבה מה לעשות כדי לעזור. אך העובדה הפשוטה שאתם קוראים את המאמר הזה חשובה כמו עבודתם של רופאים ושל מדענים! אתם לומדים על הווירוס ומבינים מדוע התנהגויות כמו שמירה על מרחק של שני מטרים וחבישת מסכות, הן הכרחיות. המגפה הזו גם יכולה להיות שיעור לגבי חיינו: ייתכן שכעת יש לנו הערכה רבה יותר לעובדה שחיינו אינם נשלטים על ידי הדברים שאנו רואים בלבד. הדברים שאיננו רואים יכולים להשפיע על חיינו בדרכים דרמטיות במיוחד! מה תוכלו לעשות כדי להישאר בטוחים? שטפו את ידיכם, חבשו מסכה וחנכו את עצמכם ואת האחרים! כולנו בזה יחד, אז בואו נשתף פעולה כקהילה.

מקורות

1. Wu, F., Zhao, S., Yu, B., Chen, Y. M., Wang, W., Song, Z. G., et al. 2020. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature*. 579:265–9. doi: 10.1038/s41586-020-2008-3
2. Guzik, T. J., Mohiddin, S. A., Dimarco, A., Patel, V., Savvatis, K., Marelli-Berg, F. M., et al. 2020. COVID-19 and the cardiovascular system: implications for risk assessment, diagnosis, and treatment options. *Cardiovasc. Res*. 116:1666–87. doi: 10.1093/cvr/cvaa106
3. Davis, R., and Hollis, T. 2016. Autoimmunity: why the body attacks itself. *Front. Young Minds* 4:23. doi: 10.3389/frym.2016.00023

4. Fuertes Marraco, S., Neubert, N., and Speiser, D. 2017. Good news from immunotherapy: our immune defense stands up to cancer. *Front. Young Minds* 5:40. doi: 10.3389/frym.2017.00040
5. Lundy, S. 2018. The immune system, in sickness & in health—part 1: microbes and vaccines. *Front. Young Minds* 6:49. doi: 10.3389/frym.2018.00049

פורסם אונליין: 10 באוגוסט 2023

נערך על ידי: Bahtiyar Yilmaz

מנחים מדעיים: Thomas M. Li | Katalin Éva Szabo-Taylor

ציטוט: Sabir SR, Thomson EC, Guzik TJ, D'Acquisto F | Maffia P (2023) COVID-19: האתגר החיסוני החדש. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.582971-he

תורגם והותאם מ: Sabir SR, Thomson EC, Guzik TJ, D'Acquisto F and Maffia P (2020) COVID-19: The New Immune Challenge. *Front. Young Minds* 8:582971. doi: 10.3389/frym.2020.582971

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

זכויות יוצרים © 2020 © 2023 Sabir, Thomson, Guzik, D'Acquisto | Maffia. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעמקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעמקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

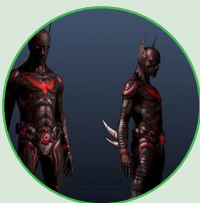
סוקרים צעירים

AYDEN, גיל: 12

קוראים לי Ayden, והמקצועות האהובים עליי הם היסטוריה ואנגלית מאחר שאנו לומדים עובדות מרתקות וקוראים ספרים מעניינים. אני רץ עבור קבוצת האתלטיקה של בית הספר שלי, והגענו למקום רביעי מתוך 20 בתי ספר. אני נהנה לבלות זמן עם חברים, לשחק במשחקי וידאו וגם לשחק גולף ולצפות במקצוענים משחקים כמעט בכל סוף שבוע.

LILI, גיל: 9

היי, אני אוהבת מדע ומתעניינת במחלות אנשיות. בזמני הפנוי, אני נהנית לעסוק בצפירות, לצייר ולצבוע.





ZOE, גיל: 8

קוראים לי Zoe, ואני עולה לכיתה ב. התחביב האהוב עליי הוא ריקוד, ורקדתי בתיאטרון ג'ויס בניו יורק. אני אוהבת לטייל ולעשות קמפינג עם משפחתי-החלק האהוב עליי ביותר בקמפינג הוא צליית מרשמלו! אחרי יום ארוך בבית הספר, אני נהנית לבלות עם כלב הטרייר וולש שלי בן ה-5 ששמו ד'יק.

הכותבים

SULEMAN R. SABIR

אני סטודנט שנה ג לרפואה באוניברסיטת אברדין, שעובד בימים אלה במחלקות של COVID-19. בהיותי בעל הכשרה במדע הרפואה, יש לי תשוקה למעורבות ציבורית. אני נהנה לתקשר רעיונות מדעיים לקהלים רחבים יותר. כחלק מכך, פיתחתי כמה תוכניות מעורבות לציבור שמטרתן לעורר השראה בדור המדענים הבא, ולעודד ילדים לשקול קריירות במדע.

EMMA C. THOMSON

אני פרופסורית למחלות זיהומיות ב-MRC-מרכז אוניברסיטת גלזגו לחקר וירוסים, ובבית הספר הלונדוני לרפואה טרופית ולהיגיינה. אני משתמשת בשיטות ריצוף דנ"א מתקדמות במטרה לזהות וירוסים חדשים שמופיעים בבריטניה ובאוגנדה. כיום אני עובדת על פרויקטים שמטרתם להבין כיצד וירוס SARS-CoV-2 מתפתח בבריטניה, ועל זיהוי וירוסים שמאיימים על רווחתם של עובדי בריאות הציבור ושל חקלאים באוגנדה.

TOMASZ J. GUZIK

אני פרופסור לפיזיולוגיה ולפתוביולוגיה של לב וכלי דם באוניברסיטת גלזגו, בריטניה. אני מתמחה ברפואה פנימית, קרדיולוגיה ואימונולוגיה/ אלרגיה קלינית. בתור רופא מדען, אני מתמקד במחקרים שנוגעים לגילוי של מנגנוני מחלה חדשים, עד ליישומם לריפוי מטופלים. עבודתי האחרונה כללה גילויים לגבי מקורות של רדיקלים חופשיים בכלי דם של בני אדם, תפקיד הדלקת במתח-יתר, ולאחרונה גם תפקיד מחלות חניכיים בלחץ דם גבוה.

FULVIO D'ACQUISTO

אני פרופסור לאימונולוגיה וראש המרכז למדעי הבריאות באוניברסיטת רואמפטון בלונדון. הייתי מדען מוביל וממציא של שלושה פטנטים ושני רישיונות, וכתבתי יותר מ-100 מאמרי מחקר תרגומי. תחום המחקר הנחקי שלי הוא חקירת הקשר בין רגשות, חיסוניות ודלקת (<http://www.affectiveimmunology.com>). המטרה הכללית של תחום המחקר החדש הזה היא להדגים את הפוטנציאל הטיפולי של טיפולים אימונומודולטוריים שמשפיעים על רגשות, ולעודד מחקרים נוספים בתחום.

PASQUALE MAFFIA

אני פרופסור לאימונולוגיה באוניברסיטת גלזגו, בריטניה. יש לי עניין גדול בתגובה החיסונית ובמחלות לב וכלי דם. אני גם מחויב ביותר להנגשה ולתקשורת מדע. בתור עורך ראשי בתחום הבריאות עבור פרונטיר-מדע לצעירים, מטרתו היא לערב אנשים צעירים במדע ובגילוי, לתקשר



את הכוח של ידע ושל יצירתיות, לטפח את דור המדענים הבא ולעודד אנשים צעירים להפוך לאזרחים מיודעים. *pasquale.maffia@glasgow.ac.uk

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