



## מערכת החיסון, בחלי ובריאות – חלק 1: חיידקים וחיסונים

Steven Karl Lundy\*

רפואה פנימית – ראומטולוגיה, אוניברסיטת מישיגן, Ann Arbor, מישיגן, ארצות הברית

### סוקרות צעירות

JEANINE

גיל: 14



HELENA

גיל: 15



### מיקרואורגניזמים (Microbes)

יצורים מיקרוסקופיים הכוללים  
נגיפים, חיידקים, פטריות  
וטפילים, החיים כמעט בכל  
סביבה, כולל על גוף האדם  
ובתוכו.

למערכת החיסון יש תפקיד מסובך שכרוך ביכולת להבחין בהבדל בין חיידקים שיש להם פוטנציאל להזיק ובין אלה שמועילים לבני האדם. תגובות חיסון נכונות חיוניות לקיום מצב בריאותי תקין, אבל לפעמים הן יוצאות משליטה והן שגורמות למחלות. הרבה מהתובנות שלנו על הדרכים שבהן מערכת החיסון פועלת התגלו רק לאחרונה, אבל שורשי תחום האימונולוגיה החלו בעבודתו החלוצית של ד"ר אדוארד ג'נר ובמאמציו לחסן בני אדם נגד אֶבְעָבוֹעוֹת שְׁחֵרוֹת. מאמר זה הוא הקדמה לסדרת מאמרים שמטרתה להבין את הנושא המורכב מאוד והחשוב הזה – האופן שבו מערכת החיסון יכולה לזהות איומים, להגיב בהתאם, ולמרות זאת לא לצאת משליטה. מאמר ראשון זה עורך היכרות עם התפיסה של חיידקים מזיקים לעומת חיידקים מועילים, ומלמד על האופן שבו חיסונים השפיעו על הבריאות ועל הבנתנו את האימונולוגיה. עוד במאמר על התפקיד המרכזי של תאים לימפוציטים מסייעים מסוג T בִּהְכֹנָה של תגובת חיסון מתאימה.

### מה שאינכם יכולים לראות עלול להזיק לכם... אבל בדרך כלל זה לא קורה

אנו חיים בעולם אשר מלא ביצורים קטנים מכדי שנוכל לראותם ללא מיקרוסקופ. מיקרואורגניזמים אלה כוללים נגיפים, חיידקים, פטריות וטפילים שאוהבים לחיות על בני אדם או בתוכם. רוב המיקרואורגניזמים האלה אינם מזיקים, ולמעשה מסייעים לנו. למשל, חיידקים במעייים שלנו עוזרים בפירוק המזון לחלקיקים שבהם אנו יכולים להשתמש – ללא זאת, לא היינו יכולים לעכל. לחיות עם מיקרואורגניזמים זהו מצב תקין, שגם יש לו תפקיד

## מערכת החיסון (Immune system)

רשת מורכבת של תאים ושל איברים המוקדשת להגנה על הגוף ממיקרואורגניזמים מזיקים, אך מאפשרת למיקרואורגניזמים שאינם מזיקים לשרוד. מערכת החיסון גם מעורבת בתיקון נזק הנובע ממקורות אחרים כגון אור אולטרה-סגול, רעלנים ונפצים חדים.

## קולטנים (Receptors)

מולקולות על פני השטח של תאים שמהוות נוכחות של מיקרואורגניזמים ושל אותות אחרים מהסביבה, ומעבירות אותות הגורמים לשינוי בהתנהגות התאים.

## תאים מציגי אנטיגן (Antigen presenting cells, APC)

תאים מתמחים של מערכת החיסון המזהים נוכחות של מיקרואורגניזמים מזיקים, לזכדים ומעלים אותם, ואז מציגים פיסות קטנות של המיקרואורגניזם לתא לימפוציט מסייע מסוג T. פיסות קטנות אלה (לרוב חלבונים או סוכרים) מְקַבְּלוֹת אנטיגנים.

## חיסון (Vaccination)

שיטה לאימון מערכת החיסון כך שתגיב מהר יותר למיקרואורגניזם מזיק, על-ידי חשיפתה לגרסה פחות מזיקה או לתוצר של המיקרואורגניזם שאינו גורם למחלה.

חשוב בשמירה על בריאותנו. תאים בעור, תאים המְרַפְּדִים את נתיבי האוויר שלנו ותאים שבדפנות המעייים יוצרים מחסום הגנה, המונע ממיקרואורגניזמים להיכנס לגוף שלנו ומשאיר אותם בחוץ. אולם אם המיקרואורגניזמים עוברים את המחסומים האלה, הם יכולים לשגשג ולגדול, ואפילו מיקרואורגניזמים שאינם מזיקים עלולים לגרום לזיהומים מסוכנים. לכן כאשר נחתכים חשוב לשטוף היטב את החתך ולהקפיד על ניקיונו עד שיחלים. יש כמה סוגים של מיקרואורגניזמים שפיתחו דרכים לעבור דרך המחסומים האלה של בני האדם, גם ללא חתכים בעור. היות שהחתכים נפוצים בחיי היומיום שלנו, והיות שחלק מהמיקרואורגניזמים יכולים לחדור לגוף שלנו גם ללא חתכים, נוצר הכרח להגן על גופנו. **מערכת החיסון** מבצעת את התפקיד החשוב מאוד הזה – הגנה נגד מיקרואורגניזמים.

## האם היא חברה או יריבה?

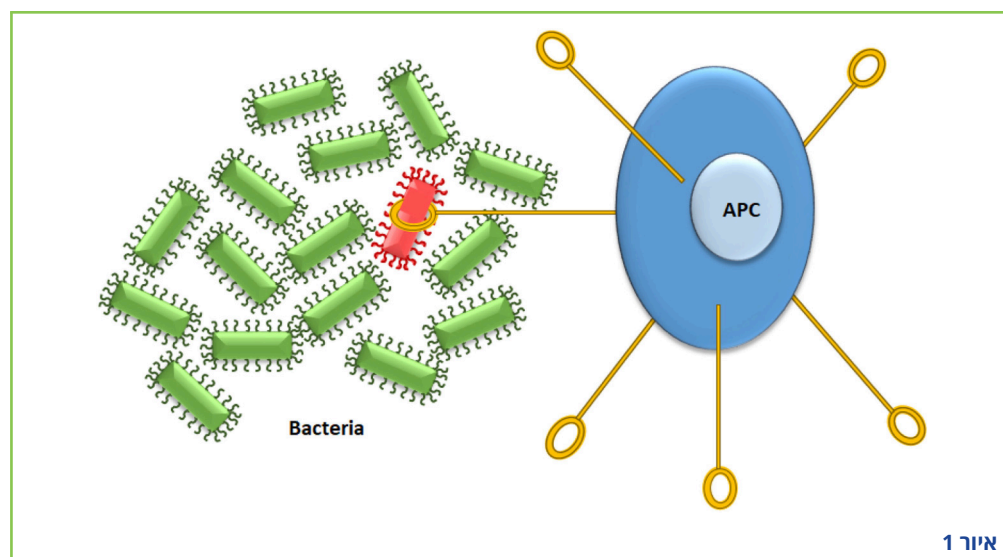
ברמה הבסיסית ביותר שלה, מערכת החיסון היא רשת תקשורת המורכבת מאותות ומְנַלְאִים המקבלים את האותות האלה. פני השטח של תאי מערכת החיסון מכוסים בקולטנים המסייעים בזיהוי האותות המגיעים מהסביבה שלהם. בכל רגע נתון, אלפי פיסות מידע מתקבלות בתא חיסון יחיד. פענוח אותות אלה חיוני מאוד לתגובת התא. כמו האותות שמקבל המוח מְחִישֵׁת העולם הסובב אותנו באמצעות ראייה, תחושה, שמיעה או הריחה, כך גם תאי החיסון חשים את סביבתם כל הזמן, ואנו מקווים שהם פועלים בהתאם. היות שמצבים מסוכנים אינם נפוצים, רוב הזמן מערכת החיסון איננה צריכה להיות מופעלת. בעבר חשבו מדענים החוקרים את מערכת החיסון שאין כמעט איתותים במהלך הזמנים השקטים האלה, אבל כיום הם מבינים כי יִשְׁנֶה תקשורת גם כאשר אין סכנה. אולם אנו יודעים הרבה יותר על האותות שבהם משתמשת מערכת החיסון כדי להיות מופעלת כאשר יש סכנה, כי קל הרבה יותר למדוד את האותות האלה. אותות הפעלה אלה יכולים להגיע ממיקרואורגניזמים, מְתָאִים אחרים של מערכת החיסון או אפילו מְתָאִים שאינם חלק ממערכת החיסון. כאשר מיקרואורגניזם מסוכן חוזר לגוף, תפקידם של תאים מתמחים, הנקראים **תאים מציגי אַנְטִיגֵן** (APCs), הוא לזהות את המיקרואורגניזמים וללכוד אותם (ראו איור 1). היות שישנם בגופנו סוגים רבים כל כך של מיקרואורגניזמים ושל תאים מציגי אנטיגן, יש מספר עצום של אותות ושל קולטנים עבורם. תחום מדעי החוקר את תאי מערכת החיסון ואת האופן שבו הם מְתַקְשְׂרִים נקרא אימונולוגיה. אומנם רוב מה שאנו יודעים על מערכת החיסון נחקר רק ב־50 השנים האחרונות, אך לתחום האימונולוגיה שורשים כמה מאות שנים לפני כן, כאשר תוארה לראשונה שיטה הנקראת **חיסון**.

## חיסונים שינו את העולם

לפני קיום החיסונים, בְּקֶרֶב אוכלוסיית האדם היו נפוצים ביותר כמה מיקרואורגניזמים קטלניים מאוד. אחד מהקטלנים ביותר היה נגיף הנקרא אבעבועות שחורות, בשל הפצעים הקטנים על העור שהופיעו אצל אנשים נגועים. נגיף האבעבועות השחורות היה רב עוצמה כל כך, שמערכות החיסון של האנשים החולים לא הצליחו, לרוב, להילחם די מהר כדי לאפשר להם לשרוד. כפרים שלמים של בני אדם מתו בגלל נגיף האבעבועות השחורות, ובדרכים רבות האבעבועות השחורות השפיעו רבות על ההיסטוריה האנושית. עובדה זו החלה להשתנות לקראת סוף המאה ה־18, אז ערכו רופאים מאזורי הכפר באנגליה כמה תצפיות חשובות מאוד [1]. אחד הדברים שהם שמו לב אליו היה שאנשים אשר לָקְוּ באבעבועות שחורות באופן קל, ושרדו, היו מוגנים מפני המחלה בהמשך חייהם. אחר כך, הרופאים שמו לב כי הסיכויים של

## איור 1

תפקיד חשוב של מערכת החיסון הוא זיהוי מיקרואורגניזמים רעים. במערכת החיסון ישנם תאים מתמחים הנקראים תאים מציגי אנטיגן (APCs), שתפקידם לזהות מיקרואורגניזמים שיש להם פוטנציאל להזיק, וללכוד אותם. אז, ה־APC יבלע את המיקרואורגניזם, יפרקו לחלקים קטנים ויצג חלק מהם לתאי חיסון אחרים, כדי להתחיל בתהליך של הפעלת החיסון.



חולבות לחלות באבעבועות שחורות היו קטנים באופן נכר, יחסית לתושבי הכפר האחרים, וכך גם סיכוייהם של אנשים נוספים שהיו חשופים לפרות. רופאים אלה החלו לחשוב שעמידות זו לאבעבועות שחורות התרחשה בשל המגע שהיה לאנשים אלה עם פרות, וחשיפתם לפצעים דמויי אבעבועות שחורות שעל עור הפרות, בזמן עבודתם. לעיתים קרובות, אנשים אלה נדבקו מהפרות במחלת האבעבועות של הפרות, באופן קל בלבד.

אחר כך, אדם בשם אדוארד ג'נר ערך ניסוי חשוב מאוד – הוא חשף בכוונה נער צעיר לנוזל שמצה מפצע אבעבועות של פרות, שהיה על עור של חולבת. בהמשך, הנער היה מוגן ממחלת האבעבועות השחורות. ניסויים דומים רבים הפכו לבסיס של מה שכיום אנו קוראים חיסון. למרות שבאותה תקופה איש לא ראה מעולם נגיף מבעד למיקרוסקופ (הדבר קרה רק 200 שנים אחר כך), ושלא היה ידוע דבר על מערכת החיסון, אסטרטגיית החיסון הזו הצילה חיים של אנשים רבים. עד 1980 המאמץ העולמי לחסן אנשים למניעת אבעבועות שחורות היה מוצלח כל כך, שמאז לא דווח על מקרים של המחלה בשום מקום בעולם.

כיום, פותחו חיסונים כדי להגן על אנשים מנגיפים ומחיידקים מזיקים אחרים. מיקרואורגניזמים כגון פוליו, דיפתריה וחצב, שבעבר גרמו לתחלואה חמורה ולמוות, הם כיום הרבה פחות נפוצים, הודות לחיסונים. לקח זמן רב להבין למעשה מדוע חשיפת אנשים לאבעבועות של פרות עזרה להגן עליהם מפני אבעבועות שחורות. התברר שהנגיף הגורם לאבעבועות בפרות שייך לאותה משפחת נגיפים של האבעבועות השחורות. אף שלא נפוץ כי חשיפה לנגיף אחד מגנה על אנשים מפני נגיף אחר, במקרה של אבעבועות הפרות ואבעבועות שחורות הנגיפים היו מספיק דומים שהתגובה החיסונית לאבעבועות הפרות גם הגנה נגד אבעבועות שחורות. ברוב החיסונים האחרים, הכרחי להשתמש בגרסה מומתת של הגורם שנגדו רוצים לחסן או בחלק לא מזיק ממנו. כיום, נעשים מאמצים רבים מאוד לפתח חיסונים נגד מיקרואורגניזמים שהתגלו לא מזמן יחסית כגון HIV (נגיף האיידס), נגיף האבולה ונגיף הזיקה. נעשות גם פעולות שמטרתן לנסות לעמוד בקצב של השינויים המהירים שעוברים נגיפים אחרים כגון נגיף השפעת, כדי למנוע ממערכת החיסון לזהות אותם.

## למערכת החיסון יש תפקיד מסובך

מערכת החיסון התגלתה במהלך המאמץ לנסות לפענח כיצד חשיפה לאבעבועות הפכה הגנה על אנשים מאבעבועות שחורות. לכן נזקף לזכותו של אדוארד ג'נר ייסוד האימונולוגיה. לקח לאימונולוגים זמן רב, עד לכמה העשורים האחרונים, להבין כיצד מערכת החיסון מגיבה לנגיפים או לכל סוג אחר של זיהום. התברר שיש סוגים ייחודיים מאוד של תגובות חיסון שמופעלות כאשר מיקרואורגניזמים שונים מדביקים אותנו, וחשוב שמערכת החיסון תפעיל את התגובה הנכונה לכל מצב. מסיבה זו, למערכת החיסון ענפים רבים, ולכל ענף סדרת תאים המתמחים בטיפול בסוג מסוים של זיהום.

למשל, נגיפים הם קטנים מאוד ואינם נושאים עימם את כל החומרים הנחוצים להם לריבוי. לכן, כאשר נגיף חודר לגוף אדם הוא צריך למצוא תא אנושי שאותו הוא מדביק. אחר כך, הנגיף צריך להשתלט על חלק ממנגנוני התא כדי להתרבות ולהפיץ נגיפים נוספים. כל נגיף גורם מחלה ששמעתם עליו בקי בהשתלטות על תאים של בני אדם באופן זה. השיטה שבה מערכת החיסון מתמודדת, בדרך כלל, עם זיהומים נגיפיים היא הקרבת התא הנגוע, לפני התרבות הנגיף. זהו מרוץ שבו בדרך כלל יש לנגיף יתרון מקדים, כי לוקח למערכת החיסון זמן לזהות את הנגיף, ואז לייצר מספיק תאי חיסון היכולים להרוג את כל התאים שבתוכם נמצא הנגיף. באותו זמן, חשוב מאוד מנגנון חזק של הרס תאים לא יצא משליטה ויתחיל להרוג תאים רבים שלא מכילים בתוכם את הנגיף. אם כך, לא מפתיע שענף של מערכת החיסון המתמחה בטיפול בנגיפים צריך להיות טוב ממש בזהו תאים שבתוכם חיים נגיפים, ובהקרה התאים הנגועים האלה בלבד. חשוב במיוחד להפסיק את תגובת החיסון הקשה הזו אחרי שכל הנגיפים סולקו מהגוף, ותפקיד זה נעשה על-ידי ענף תאים אחר של מערכת החיסון. עד כמה מצליחה מערכת החיסון לקיים את האיזון הזה בין המרוץ להקדים את הנגיף ובין ההירגעות אחר כך – בזאת נעוץ ההבדל בין בריאות לחולי, ואפילו בין חיים למוות. לסוגים אחרים של מיקרואורגניזמים כגון חיידקים, פטריות ותולעים טפיליות, יש צורת חיים וצרכים שונים לחלוטין. לכן, תגובת החיסון הנחוצה כדי להילחם במיקרואורגניזמים האלה שונה מאוד מהתגובה שלה נגד נגיפים. במערכת החיסון ישנם סוגי תאים מתמחים וגורמים נוספים שתפקידם לזהות את סוג המיקרואורגניזם הגורם לזיהום, ואז לכוון את התגובה המתאימה כדי להילחם במיקרואורגניזמים אלה. אחד התאים החיוניים ביותר מבין התאים המתמחים האלה נקרא **תא לימפוציט מסייע מסוג T** (תא T<sub>H</sub>).

## תאי לימפוציטים מסייעים מסוג T: מְכַנְּי מערכת החיסון

לימפוציטים הם סוג חשוב של תאי חיסון, הנוצרים מתאי גזע בכבד לפני הלידה, וממח העצם אחרי הלידה. אימונולוגים ממינים את הלימפוציטים לקבוצות בהתבסס על תפקידם. על פני השטח של תאי T<sub>H</sub> יש קולטנים, אשר שונים מתא לתא, ובזאת מאפשרים לכל סוג של תא T<sub>H</sub> לזהות מיקרואורגניזמים שונים. קולטני תאי T אלה יכולים להבחין בהבדלים הקיימים בין חלקי מיקרואורגניזמים קטנים (אנטיגנים), כאשר חלקים אלה קשורים למולקולה מורכבת (קומפלקס) הנקראת MHC II, שנמצאת על פני השטח של תא מציג אנטיגן (APC). דרך טובה להבין זאת היא לחשוב על מנעולים ועל מפתחות – כל קולטן של תא T מיוצג על-ידי מנעול אחר, ויש רק מפתח אחד או מספר מוגבל של מפתחות (חלבונים קטנים שעל MHC II) המתאימים למנעולים אלה (ראו איור 2).

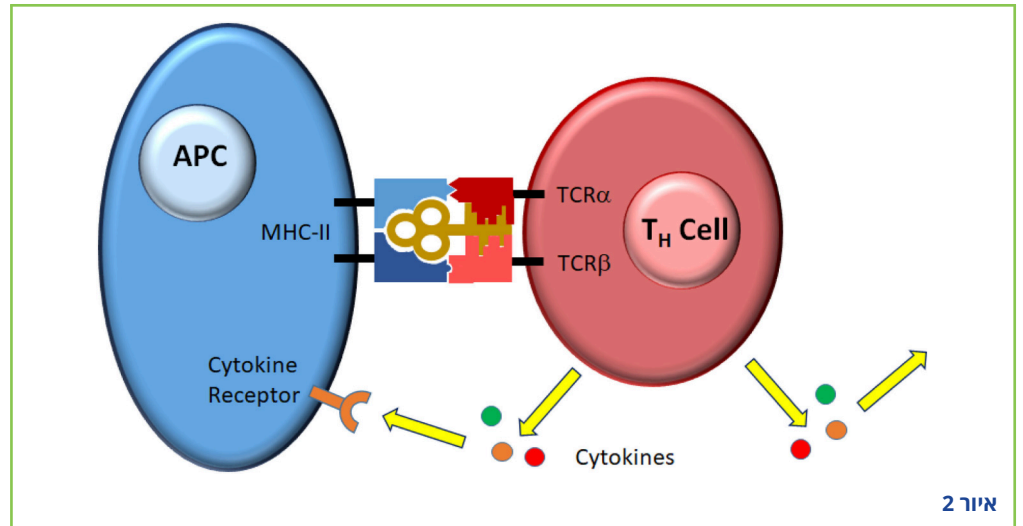
### תא לימפוציט מסייע

**מסוג T**  
(T helper  
lymphocyte, T<sub>H</sub>)

תא של מערכת החיסון המתמחה בפענוח סוג הסכנה וכמותה, ומתאים את שאר תגובת החיסון על-ידי משלוח אותות לתאים אחרים.

**איור 2**

התאמה מושלמת. לכל תא לימפוציט מסייע מסוג T (תא T<sub>H</sub>) יש קולטן העשוי משתי תת-יחידות, TCR α ו-TCR β, המשתלבות ליצירת אתר קישור ייחודי עבור אנטיגן הנקשר לקומפלקס MHC מסוג II, שעל התא מציג האנטיגן (APC).  
 ההתאמה מושלמת, תאי T<sub>H</sub> מופעלים. השילוב הייחודי של הגירוי גורם לתא T<sub>H</sub> להפריש סדרת גורמים מסיסים הנקראים ציטוקינים.  
 הציטוקינים מאותתים חזרה ל-APC או נעים ברחבי הגוף כדי לכוון את שאר תגובת החיסון. סדרות שונות של ציטוקינים מבקרות את סוג התגובה שתפתח.  
 = Cytokine receptor קולטן לציטוקין  
 = Cytokines ציטוקינים



לתאי T<sub>H</sub> תפקיד מרכזי וחיוני בחיסוניות. הם המְתַקְשְׁרִים העיקריים במערכת החיסון, והם מתמחים מאוד בפענוח האותות המגיעים משאר הגוף. זיהוי נכון של מידת הסכנה ושל סוג הסכנה, ותקשור מידע זה לתאים אחרים של מערכת החיסון, הם המפתח לתגובת חיסון טובה. כאשר הם מופעלים, תאי T<sub>H</sub> מתחלקים ויוצרים תאי T<sub>H</sub> נוספים בעלי אותה ייחודיות. כמו כן, הם מייצרים גורמים מסיסים הנקראים ציטוקינים. הציטוקינים מאותתים לתאים אחרים בגוף ובזאת מורים להם להילחם בזיהום. כאשר הכול פועל כשורה, תגובת החיסון המְכוּוֹנֶת על-ידי תאי T<sub>H</sub> מובילה לפינוי המיקרואורגניזם ולסילוק האיום. אחר כך, מגיע תפקידו של ענף "בקרה" נוסף של מערכת החיסון, המוֹנֵעַ על-ידי תאי T<sub>H</sub> שונים – להרגיע את מערכת החיסון. אחרי סילוק הזיהום, נותרת קבוצה קטנה של תאי T<sub>H</sub> שנצרו נגד המיקרואורגניזם המסוים, ויוצרת **זיכרון חיסוני** של המיקרואורגניזם. בפעם השנייה שמערכת החיסון תִּפְרָאָה את אותו מיקרואורגניזם, היא תגיב מהר יותר ובִּיֵתֵר יעילות. הודות לזיכרון החיסוני של אבעבועות הפֶּרָה, והודות למזל שווירוס אבעבועות הפרה נראה למערכת החיסון דומה מאוד לווירוס האבעבועות השחורות, התאפשרה עבודת החיסון של אדוארד ג'נר. מיליוני חיים ניצלו הודות לפריצת הדרך המדעית הזו.

**יש עוד הרבה מה ללמוד**

אימונולוגים מגלים תגליות חדשות מדי יום ביומו. כיום, אנו יודעים כי מערכת החיסון פעילה תמיד, אבל רוב הזמן היא רק אוספת מידע ומוודאת שלא קורה משהו רע. אך עלולים לחול שיבושים במערכת החיסון, שיובילו לאחת משתי אפשרויות: פעילות הֶרֶס רבה מדי, הגורמת למצבים כגון אלרגיות או מחלות אוטואימוניות, או דיכוי רב מדי של תגובת החיסון, שעלול להוביל לזיהומים כרוניים או לבקרה בלתי מוצלחת על סרטן. הבנה טובה יותר של תפקוד מערכת החיסון ואופן הבקרה עליה הובילה לאחרונה לטיפולים יעילים מאוד במחלות רבות התוקפות בני אדם. מאמרים נוספים בסדרה זו יִחְקְרוּ בפירוט כיצד פועלים ענפים שונים של מערכת החיסון, ומה קורה כאשר הם אינם פועלים כראוי.

**חומר קריאה נוסף בפרונטיר - מדע לצעירים**

1. Flores-Valdez, M. (2016) למה חשוב לשפר את החיסונים נגד שחפת רדומה? *Front. Young Minds* 4:19. doi: 10.3389/frym.2016.00019-he

**זיכרון חיסוני (Immunologic memory)**

תגובת חיסון מהירה יותר המתרחשת בפעם השנייה שבעל חיים נדבק באותו מיקרואורגניזם, ובכך מגינה עליו מפני זיהום חוזר.

2. Tregoning, J. (2017) שפעת, חיסונים לשפעת ומדוע אנו צריכים להשתפר. *Front. Young Minds* 5:7. doi: 10.3389/frym.2017.00007-he
3. Davis, R., and Hollis, T. (2016) מחלות אוטואימוניות: מדוע הגוף תוקף את עצמו. *Front. Young Minds* 4:23. doi: 10.3389/frym.2016.00023-he
4. Tunnessen, N., and Hsieh, M. (2018) אכילת תולעים לטיפול במחלות אוטואימוניות? *Front. Young Minds* 6:32. doi: 10.3389/frym.2018.00032-he

## מקורות

1. Brink, S. 2018. *What's the Real Story About the Milkmaid and the Smallpox Vaccine?* National Public Radio (U.S.). Available at: <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2018/02/01/582370199/whats-the-real-story-about-the-milkmaid-and-the-smallpox-vaccine> (Accessed: July 1, 2018).

פורסם אונליין: 31 בינואר 2019

נערך על ידי: Fulvio D'Acquisto, University of Roehampton, United Kingdom

ציטוט: Lundy SK (2019) מערכת החיסון, בחלי ובבריאות – חלק 1: חיידקים וחיסונים. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2018.00049-he

### תורגם והותאם:

Lundy SK (2018) The Immune System, In *Sickness & In Health—Part 1: Microbes and Vaccines*. *Front. Young Minds* 6:49. doi: 10.3389/frym.2018.00049

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

**COPYRIGHT** © Lundy 2018. 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.

## סוקרות צעירות

### JEANINE, גיל: 14

אני בכיתה ט' בבית ספר תחרותי מאוד, כלומר אני תמיד צריכה להיות מוכנה לבאות. המקצוע האהוב עליי הוא ביולוגיה, אף שנראה לי שאני מצליחה יפה בהיסטוריה. אני גם אוהבת לשחות ולהיות בנבחרת האקדמית. נוסף על כך אני דואגת שיהיה לי זמן להרבה כסף. התחביבים שלי כוללים קריאת ספרים בדיוניים, צפייה בסרטים דוקומנטריים, בילוי עם חברים ואכילת המאכלים האהובים עליי.



**HELENA, גיל: 15**

שמי הלנה, ואני נערת רוק'נרול מוזרה! אני נהנית מכל תחומי המדע. בזמני הפנוי אני גם כותבת שירים ונהנית לנגן בייקוֹז'ילי. אני אוהבת אומנויות, ורוב הזמן אני מצוירת וצובעת.

**הכותב****STEVEN KARL LUNDY**

סטיבן לנדי הוא פרופסור עמית במחלקה לבריאות פנימית באוניברסיטת מישיגן, אן ארבור. המחקר שלו מתמקד בלמידת הביולוגיה של תאי לימפוציט מסוג B שהורגים תאי לימפוציט מסייעים מסוג T - דרך חשובה לְסַת את מערכת החיסון. המטרה הנוכחית של עבודתו היא ללמוד איך להשתמש בתאי הֶרְג מסוג B כדי למנוע אלרגיות ומחלות אוטואימוניות או כדי לטפל בהן. \*sklundy@umich.edu

Hebrew version  
provided by

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ער.)  
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس  
Bloomfield Science Museum Jerusalem

