

חדשות טובות מתחום האימונוֹתְרַפְיָה: מערכת החיסון שלנו יכולה להתמודד עם סרטן

Silvia A. Fuertes Marraco*, Natalie J. Neubert, Daniel E. Speiser

המחלקה האונקולוגית, מרכז בית החולים האוניברסיטאי הוולדנסי (CHUV), אוניברסיטת לוזאן, אפאלינגס, שווייץ

מערכת החיסון מגינה עלינו ונלחמת במיקרואורגניזמים רבים כגון נגיפים הגורמים להצטננות הנפוצה או חיידקים החוזרים לפצעים. מערכות ההגנה שלנו יכולות גם ללמוד להגן עלינו במצבים מסובכים יותר, והן יכולות לעשות זאת בעזרת מה שלמדו מהחיסונים. למשל, החיסון לנגיף הפוליו מלמד את מערכת החיסון לזהות את נגיף הפוליו ולחסלו, במקרה שזה יחדור לגוף. בשנים האחרונות גילו מדענים שאפשר גם ללמד את מערכת החיסון לתקוף מחלה מסוג אחר: סרטן. מחלת הסרטן היא טעות גדולה בגוף שלנו. זה קורה כאשר תאים מאבדים את הבקרה שלהם ומתחילים להתרבות ללא הגבלה. החדשות הטובות הן שאנו יכולים ללמד את מערכת החיסון של חולי סרטן – לזה קוראים אימונוֹתְרַפְיָה. במאמר זה אנו מסבירים איך מערכות ההגנה שלנו יכולות ללמוד לתקוף את הסרטן ולחסלו.

סרטן: כאשר הגוף מאבד את הבקרה

מחלת הסרטן היא מחלה רצינית התוקפת אנשים רבים. ייתכן שאנו מכירים אנשים סביבנו אשר מנהלים מלחמה ארוכה וקשה עם מחלת הסרטן, ולבסוף הם עלולים למות. אולם לא כל מחלות הסרטן זהות. קיימות צורות שונות של סרטן, ולא כולן גורמות בהכרח למוות. מידת החומרה של המחלה תלויה מאוד בסוג הסרטן, בטיפול שניתן ובעיקר – בשלב שבו אובחנה מחלת הסרטן.

סוקרים צעירים

ITI GALILEO
FERRARIS
גיל: 14-15



סרטן (Cancer)

מחלה המתרחשת כאשר תאים בגוף מאבדים את הבקרה ומתרבים בלי הפסקה. תאים סרטניים עלולים ליצור גושים הנקראים גידולים.

מהי מחלת הסרטן? מקורה של מילה זו במילה היוונית "קארקיננוס", שפירושה "סרטן". אומרים שבתקופה העתיקה הרופא היווני היפוקרטס היה הראשון שהשווה את המחלה הזו לסרטן, שכן הוא ראה שהחלקים הפגועים בגוף של החולים היו קשים כסלע, גרמו לכאב כמו צביטה של סרטן ויכלו לחדור לאזורי גוף נוספים. בביולוגיה, מחלת הסרטן היא טעות גדולה. תאים מתחילים להתרבות בגוף ללא בקרה. מתחילת ההיריון כל חלק בגוף גדל ומתפתח תחת בקרה קפדנית. בקרה זו מעצבת את האצבעות שלנו; את העצמות; את המוח ואת כל האיברים שלנו. סוג התאים הסרטניים המתפתחים בגוף החולה תלוי בסוג התאים שעושים טעות ומאבדים את הבקרה שלהם. למשל, יש סרטן של המוח (ניורובלסטומה); סרטן של העצמות (אוסטאוסרקומה); או סרטן של תאי הפיגמנט שבעור הנקראים מלנוציטים (מלנומה). לעיתים קרובות הסיבה לסרטן אינה ידועה או שהיא נובעת מריבוי של טעויות מצטברות. לפעמים אנו יודעים מדוע מופיע הסרטן – יש דברים מסוימים הפוגעים בגוף ומפרימים את מנגנון הבקרה. למשל, עשן סיגריות עלול לגרום לסרטן הריאות, וחשיפה רבה מדי לשמש עלולה לגרום לסרטן העור.

אימונותרפיה: הטיפול החדש נגד סרטן

ישנן אפשרויות רבות לטיפול במחלת הסרטן. אפשרויות אלה כוללות ניתוח, כאשר התאים הסרטניים נמצאים במקום שהמנתחים יכולים לחתוך בבטחה; ריפוי בעזרת קרינה (רדיותרפיה); או ריפוי בעזרת חומרים כימיים (כימוטרפיה). באיזה טיפול נבחר עבור חולה נתון? הבחירה תלויה בכמה דברים כגון סוג הסרטן והשלב שבו המחלה נמצאת (כלומר עד כמה איבוד הבקרה וריבוי התאים הסרטניים נמצאים בשלב מתקדם).

בשנים האחרונות גילו מדענים יותר ויותר הוכחות לכך שגם מערכות ההגנה שלנו – **מערכת החיסון** – יכולות לתקוף את הסרטן. ריפוי המבוסס על מערכת החיסון שלנו נקרא **אימונותרפיה**. אימונותרפיה מתבססת בעיקר על סוג ייחודי מאוד של תאי דם לבנים הנקראים **תאי T ציטוטוקסיים**, ואופן פעולתם מתואר בסעיפים הבאים.

תאי T ציטוטוקסיים יכולים לחסל את הסרטן ולסייע לחולים

תאי T הם הכוחות המיוחדים של מערכת החיסון שלנו. כמו המשטרה, תאי T מסיירים בגוף כדי למצוא פולשים מזיקים (איור 1A). כל תא T מצויד ברדאר מיוחד הנקרא קולטן של תא T (TCR), שמאפשר לתא לזהות פולש מסוים אחד. קולטנים של תאי T קובעים אם תאי הגוף בריאים על-ידי בדיקת זהותם (ID), המתאפשרת על-ידי מולקולה הנקראת MHC (בתרגום חופשי מאנגלית: המערך הראשי של התאמת רקמות). כל תא בגוף טוען פיסות מעצמו על ה-MHC שלו, וכך מציג תמונה כללית של זהותו כאשר הוא באינטראקציה עם קולטן של תא T.

פיסות תא אלה נקראות אנטיגנים כי הן יכולות לחולל תגובת חיסון (אנטי – נגד, גן – לחולל) כאשר תאי T מגיבים להן. נוסף על רדאר TCR, לתאי T יש גם כלי נשק לחיסול פולשים: תאי T יכולים להיות ציטוטוקסיים (פירוש המילה היוונית "ציטוט" הוא תא), כלומר הם יכולים להרוג תאים. כאשר הם מסיירים בגוף, תאי T מוודאים שהגוף בריא על-ידי בדיקת הזהות של תאי הגוף (איור 1A). אם תא נגוע וחולה הוא יציג את ה-MHC שלו עם פיסות של המיקרואורגניזם הפוגע, והדבר יגרום לשינוי הזהות שלו, ויגרום לו להיראות זר. כאשר תא T מגלה שינוי כזה

מערכת החיסון

(Immune system)

קבוצת מרכיבי הגוף הפועלים להגן על היצור מפלישות וממחלות. מערכת החיסון כוללת את מחסום העור ואת הרקמות הריריות; חומרים הנקראים נוגדנים ותאי דם לבנים הכוללים את תאי T.

אימונותרפיה

(Immunotherapy)

טיפולים המבוססים על לימוד מערכת החיסון להילחם במחלה.

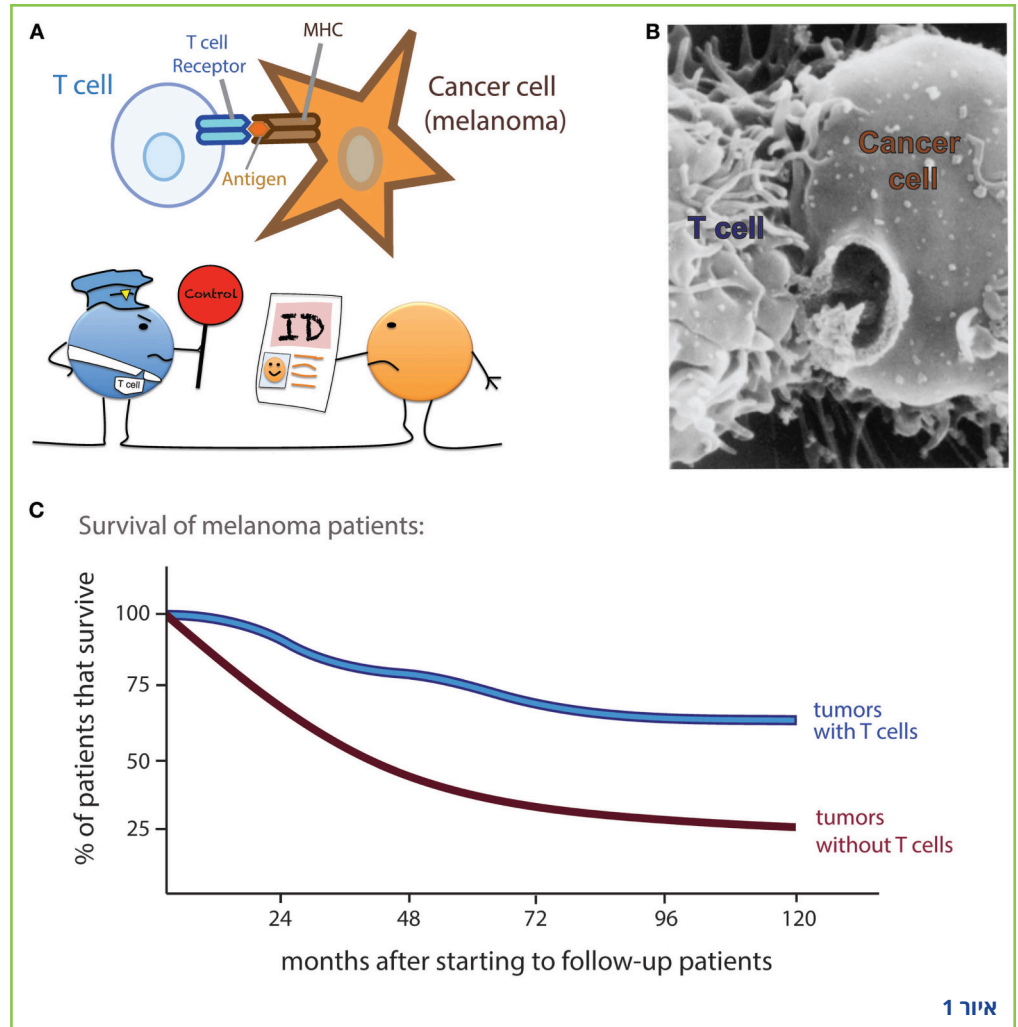
תא T ציטוטוקסי

(Cytotoxic T cell)

סוג של תא דם לבן שעליו רדארים הנקראים TCR. מטרתו זיהוי ייחודי של תאים חולים כגון תאים נגועים או תאים סרטניים, וחסולם.

איור 1

תאי T יכולים לגלות תאים סרטניים ולהרוג אותם, ובכך לעזור לחולים לשרוד למשך זמן ארוך יותר. **A.** לתאי T יש קולטנים ייחודיים של תאי T. תא מציג את זהותו (ID) על-ידי הצגת פיסות מעצמו (אנטיגנים) על ה-MHC. תא סרטני (מלנומה, נראה ככוכב באיור) מציג זהות שחל בה שינוי, דבר הגורם להפעלת תאי T. **B.** תמונה אמיתית של תאי T שיוצרו חור בתא סרטני. צולם בעזרת מיקרוסקופ אלקטרוני (נלקח ברשות מ-<http://lib.jiangnan.edu.cn/ASM/350-Introduce.htm>). **C.** כאשר רופאים ביצעו מעקב אחר החולים שלהם, התגלה כי חולים שבגידולים שלהם נמצאו תאי T (קו כחול) שרדו למשך זמן ארוך יותר לעומת חולים שבגידולים שלהם לא נמצאו תאי T (קו שחור) (נתונים אלה נלקחו ממחקר על חולי מלנומה [1]).



איור 1

בזהות, הוא מופעל והורג את התא החולה, כולל הפולש שבתוכו. כך נמנעת התפשטות הפולש לשאר הגוף.

כיצד תא T הורג תא חולה? דמיינו זאת כמו ניקוב חור בבלון מים (איור 1B). כלי הנשק של תאי T הם חומרים הנקראים פֶּרְפּוֹרִינִים, היוצרים חורים ומפרישים אנזימים הגורמים להֶרְס כללי בתוך התא המותקף.

כך תאי T מזהים פולשים ומחסלים אותם. אבל, תאים סרטניים אינם חיידיקים פולשים – אלה הם תאים חולים שמתפתחים מתאי גוף תקינים עקב טעויות בגידול ובהתפתחות שלהם. בדרך כלל, תאי T אינם רואים שתאים סרטניים מזיקים לגוף כי תאים סרטניים אינם פולשים לגוף מבחוץ. למרבה המזל, יש יוצאי דופן לכלל פלישה זה – תאים סרטניים מתנהגים בצורה מחשידה מאוד, ומציגים זהות של תא חולה ששונה מתאים בריאים. אז, תאי T יכולים לזהות את התאים הסרטניים החולים הללו ולהרוג אותם.

כיצד אנו יודעים כי תאי T יכולים להילחם בסרטן? מדענים שמו לב לכך שחולי סרטן שאצלם תאי T מופעלים שורדים למשך זמן ארוך יותר. בהשוואת הגידולים של חולי סרטן רבים נמצא כי חולים שבגידול שלהם נמצאים תאי T רבים שורדים למשך זמן ארוך יותר לעומת חולים

שבגידול שלהם אין תאי T (איור 1C) [1]. אם כך, קיום הסיוורים של תאי T הוא יתרון גדול עבור חולי סרטן שכן תאי T רואים את התאים הסרטניים ונכנסים אל תוך הגידולים כדי להרוג את התאים החולים.

אימונתרפיה יכולה ללמד תאי T לזהות את הסרטן, ותאי T יזכרו זאת למשך שנים רבות!

מדוע אצל חולי סרטן מסוימים יש סיוורים מוצלחים של תאי T שיכולים להרוג תאים סרטניים חולים, בעוד שבחולים אחרים אין? זו שאלה שעדיין נחקרת רבות. החדשות הטובות הן שמדענים מצאו שיטות ללמד את מערכת החיסון לזהות את הסרטן וללמד את תאי T לחסל את הגידולים גם בחולים שאצלם אין תאי T מוצלחים מלכתחילה. סוג זה של ריפוי, המבוסס על לימוד מערכת החיסון להילחם במחלה, נקרא אימונתרפיה.

היתרון הגדול באימונתרפיה הוא לא רק שהיא מלמדת את מערכת החיסון להילחם בסרטן פעם אחת אלא גם תאי T זוכרים זאת, ולמשך שנים רבות! ללמד תאי T להילחם בסרטן דומה לשימוש בחיסונים כדי ללמד תאי T להילחם בזיהומים חידקיים. חיסונים הם חומרים המחוללים תגובת חיסון ייחודית נגד מחלה נתונה. בדרך כלל הם עשויים מחלק של החיידק הגורם למחלה בלבד, או מגרסה של החיידק לאחר שינויו. למשל, החיסון נגד שיתוק ילדים (מחלה הנגרמת מנגיף הפוליו) מיוצר על-ידי הַכְּבַת צורה בלתי פעילה (מומתת) של נגיף הפוליו עצמו. כאשר נגיף פוליו בלתי פעיל זה מוזרק, הוא אינו יכול להדביק במחלה כי הוא מת. למרות זאת מערכת החיסון רואה את נגיף הפוליו ולומדת לזהות אותו. ברגע שאנו מחוסנים, אם אי פעם נידבק בנגיף הפוליו מערכת החיסון תזכור ותגיב מהר, ותחסל את נגיף הפוליו בטרם יתרבה בגוף ויגרום למחלה. יכולת זו של מערכת החיסון ללמוד ולזכור מה צריך להיות מחוסל נקראת **זיכרון חיסוני**.

זיכרון חיסוני (Immunological memory)

היכולת של מערכת החיסון ללמוד איך לתקוף חיידק נתון או תא סרטני חולה, ולזכור זאת לעד.

בדיוק כפי שחיסון יכול ללמד את מערכת החיסון לחסל נגיף מסוים, אנו יכולים להשתמש באימונתרפיה כדי ללמד את מערכת החיסון להילחם טוב יותר במחלת הסרטן. אפשר להזריק לחולים טיפולים אימונתרפיים שילמדו תאי T מסוימים להתרבות ולתקוף את התאים הסרטניים (איור 2A). ברגע שהסרטן סולק, תאי T המסוימים יירגעו וישארו בגוף החולה בצורת תאי זיכרון מסוג T (איור 2B). תאי זיכרון מסוג T אלה ימשיכו לסייר בגוף. אם אי פעם הם ייתקלו באותם תאים סרטניים שוב, אפילו במרחק או במקום אחר בגוף (מעבר של תאים סרטניים ידוע בשם מטאסטאזיס), תאי הזיכרון מסוג T יזכרו את הסרטן הזה ויפעלו מחדש במהירות כדי לתקוף אותו (איור 2C).

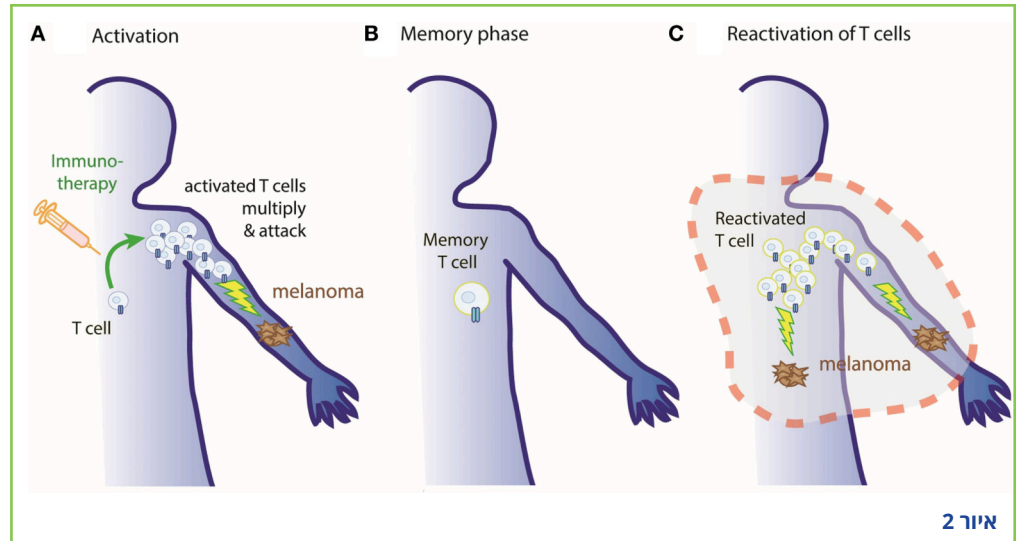
העובדה שמערכת החיסון זוכרת למשך שנים רבות היא היתרון הגדול, שהודות לו השפעת האימונתרפיה נמשכת זמן רב. זאת בניגוד לטיפולים אחרים כגון רדיותרפיה או כימוותרפיה, שיש לחזור עליהם שוב ושוב בחולה אם מחלת הסרטן חוזרת. מערכת החיסון יכולה לשמור על הזיכרון האימונולוגי הזה לכל משך חיי החולה.

ישנם סוגי אימונתרפיה שונים, כתלות בסוג הסרטן ובחולה

אם כך, מהי אימונתרפיה? מה מוזרק למעשה אל גוף החולה?

איור 2

מערכת החיסון שלנו זוכרת! **A.** אפשר לטפל בחולי סרטן בעזרת אימונותרפיה שמטרתה להפעיל את תאי T נוגדי סרטן, המזהים את הגידולים והורגים אותם. **B.** ברגע שהגידול נהרס תאי T חוזרים לנוח, ויכולים להישאר בגוף במצב הנקרא תאי זיכרון. **C.** אם הגידול חוזר (גם באזורי גוף מרוחקים או אחרים), תאי זיכרון מסוג T זוכרים איך לגלות את התאים הסרטניים החולים האלה ולהרוג אותם, והם מופעלים מחדש - מתרבים תחילה, ואחר כך תוקפים מחדש את הגידול.



יש כמה סיבות אפשריות לכך שמערכת החיסון אינה יכולה לראות את התאים הסרטניים או להרוג אותם. לכן, יש כמה שיטות אפשריות כדי לעזור למערכת החיסון לזהות את התאים הסרטניים ולתקוף אותם. זיכרו שתאים סרטניים יכולים להיות שונים מאוד זה מזה, כתלות באדם ובסוג הסרטן. המטרה הכללית של אימונותרפיה היא ללמד את מערכת החיסון לתקוף את הסרטן. הדבר יכול להיעשות בשיטות הזרקה רבות ושונות. ישנם אלפי סוגים שונים של אימונותרפיות שמדענים בכל רחבי העולם חוקרים עבור סוגים שונים של סרטן.

טבלה 1 מציגה ארבע דוגמאות שונות לאימונותרפיה, ומתארת כיצד היא פועלת. הדוגמה האחרונה מוצלחת במיוחד בשנים האחרונות, והיא תוסבר בפירוט בסעיף הבא (ראו גם איור 3).

תאי T עלולים להגיע לאפיסת כוחות במלחמתם בסרטן, אבל אימונותרפיה יכולה לעורר תאי T ציטוטוקסיים במטרה לסייע בריפוי החולים

אם כך, אם מערכת החיסון שלנו יכולה להרוג סרטן, מדוע בכלל בני אדם חולים בסרטן? התאים הסרטניים מתוחכמים מאוד - הם יכולים לברוח ממערכת החיסון בעזרת תכסיסים שונים. כפי שמוצג באיור 1, תאי T מסיירים בגוף, ובדקים את זהות התאים כדי לדעת אם הם בריאים או זרים. דרך אחת של התאים הסרטניים לחמוק מהתקפת תאי T היא פשוט על-ידי החבאת הפיסות החולות שלהם.

אסטרטגיית התחמקות נוספת שבה משתמשים התאים הסרטניים היא הרדמת תאי T. תכסיס זה נגנב למעשה מתאי גוף בריאים. באופן תקין, כאשר הגוף נלחם בפלישה של נגיף הגורם להצטננות הנפוצה, תאי T הופכים להיות מופעלים והורגים את כל התאים החולים שאליהם פלש הנגיף. ברגע שהנגיפים והתאים המותקפים חוסלו, משהו צריך לספר לתאי T שהם ביצעו את משימתם ושהם צריכים לחזור לנוח. בדיוק כפי שלמכוניות יש מעצורים כדי לשלוט במהירות הנהיגה שלנו, לתאי T יש קולטני עיכוב מיוחדים לשליטה בפעילותם [3]. ללא נוכחות הנגיפים, תאי הגוף הבריאים מאיטים את תאי T המופעלים על-ידי משלוח אות לקולטני העיכוב שלהם.

טבלה 1

דוגמאות לסוגי אימונותרפיה שונים: מהם וכיצד הם פועלים.

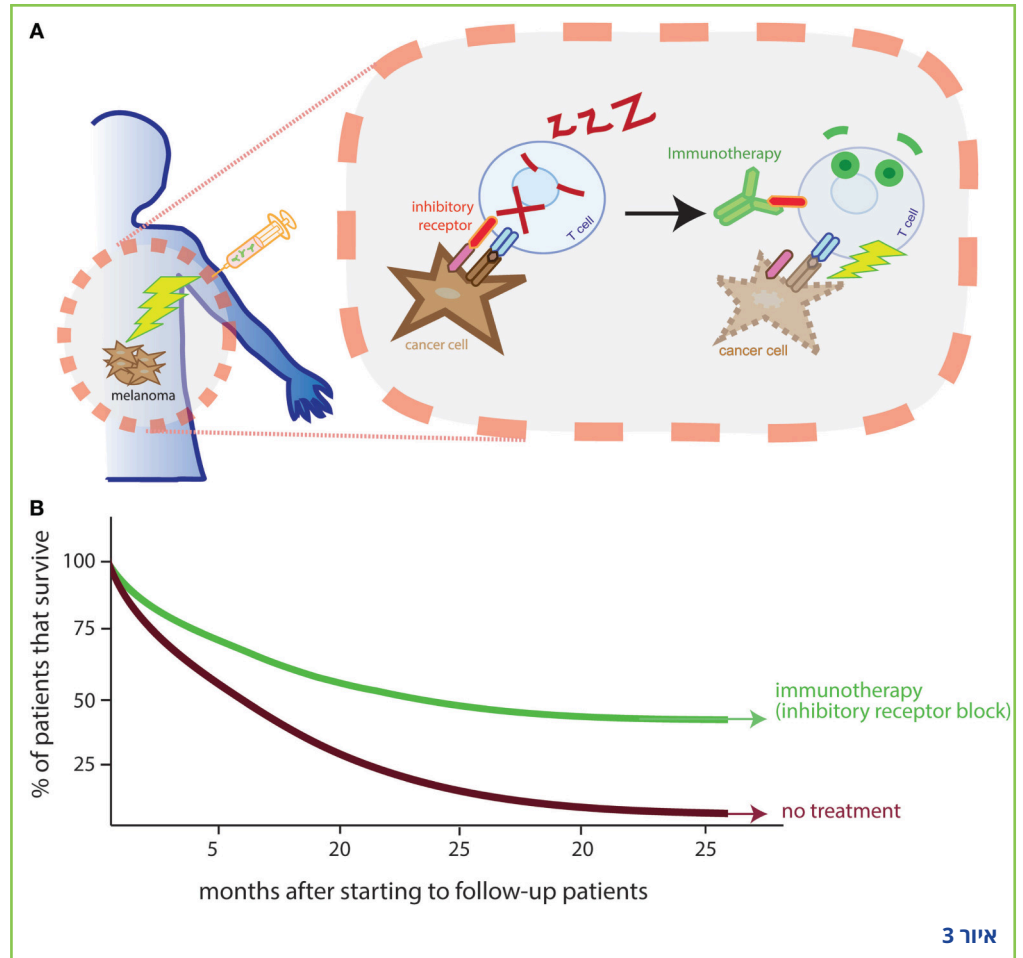
סוג האימונותרפיה	מה מוזרק?	לאיזו בעיה הוא מתאים?	כיצד הוא פועל?
חיסון לסרטן	פיסות תאים סרטניים, יחד עם חומרים כימיים שמעוררים את מערכת החיסון	כאשר תא תקין משתנה לתא סרטני חולה ייתכן כי מערכת החיסון לא תזהה זאת. התאים הסרטניים מתחבאים ומתרבים ללא הפרעה	פיסות תאי הסרטן מראות למערכת החיסון כיצד נראה תא סרטני
כמויות גדולות של תאי T	תאי T שהוסרו מהגידולים הסרטניים של החולים, שתחילה התרבו במעבדה	ייתכן שאצל חולה הסרטן כבר יש תאי T שחדרו בהצלחה לגידול, אבל לא בכמויות המספיקות לחיסול כל התאים הסרטניים מהגוף	אם חולה סרטן עבר ניתוח להסרת הגידול, אפשר להרבות את תאי T שבו בכמות רבה במעבדה. אחר כך, כמויות גדולות של תאי T מוזרקות חזרה אל החולה כדי להגן עליו מפני שאריות של תאים סרטניים שנותרו בגופו או מפני גידול סרטני בעתיד
תאי T משופרים	משנים את תאי T במעבדה כדי שיהיו להם כלים טובים יותר	ייתכן כי לתאי T שהופקו מחולה הסרטן חסרים הכלים הנחוצים שיאפשרו להם לתקוף את התאים הסרטניים ביעילות. למשל, ייתכן שלתאי T חסר הקולטן של תאי T (TCR) הנכון, כדי לזהות תא סרטני מסוג מסוים	אפשר לשנות תאי T במעבדה כדי לתת להם TCR ייחודי לסוג הסרטן שממנו סובל החולה
חיסומי עיכוב (מוצג איור 3)	חוסמים של קולטני עיכוב	קולטני עיכוב עלולים להאט את תאי T, כמו מעצורים של מכונית. תאים סרטניים משתמשים בתכסיס הזה כדי לשלוח אותות לקולטני העיכוב שעל תאי T, וכך להונות אותם שייכנסו לתרדמה	החוסמים של קולטני העיכוב פועלים כמגן המכסה את קולטני העיכוב. האותות כבר אינם מגיעים לקולטני העיכוב, ותאי T נותרים ערים

טבלה 1

התאים הסרטניים החכמים אשר משתמשים בתכסיס זה יכולים לעשות את אותו הדבר. הם יכולים לשלוח אותות לקולטני העיכוב של תאי T. למעשה, תאי T יכולים להקדיש זמן רב בניסיון להרוג את התאים הסרטניים. בינתיים, התאים הסרטניים שולחים אותות עיכוב ומרדימים את תאי T (איור 3A). כך, לפעמים אצל חולה סרטן יש הרבה תאי T שיכולים לזהות את התאים הסרטניים, אבל אז, התאים הסרטניים משתמשים בתכסיסים כדי לחמוק מהתקפת תאי T. תאים סרטניים יכולים אפילו לחמוק אחרי אימונותרפיה שמפעילה תאי T חדשים על-ידי הרדמת כל תאי T (כולל החדשים)! אבל, סוג אחר של אימונותרפיה יכול לעצור את התכסיס הזה! כיום, יש תרופות חדשות היכולות לחסום את קולטני העיכוב שעל תאי T (איור 3A). בעזרת חוסמים אלה, התאים הסרטניים כבר אינם יכולים להרדים את תאי T. תאי T נותרים פעילים וממשיכים להרוג את התאים הסרטניים. חסימה אימונותרפית זו התגלתה כמוצלחת מאוד – היא ממש מעניקה לחולי סרטן הזדמנות לחיות יותר זמן (איור 2B) [2]. אימונותרפיה חוסמת נהייתה חשובה כל כך שהיא נבחרה על-ידי אחד מכתבי העת המדעיים המובילים, הנקרא "Science" (מדע), כפריצת הדרך של שנת 2013.

איור 3

אימונותרפיה יכולה להעיר את תאי T כך שיהרגו את הגידולים. באופן טבעי יש על התאים קולטני עיכוב (מוצגים באדום, על שטח פני תאי T), הפועלים כמו מעצורים לבקרת מהירותם. תאים סרטניים יכולים לברוח על-ידי שליחת אותות (בוורוד, על שטח פני התא הסרטני) למעצורים האלה, וכך לגרום לתאי T להיכנס לתרדמה. יש אימונותרפיות היכולות לחסום את קולטני העיכוב (בירוק, קשור לקולטני העיכוב), לשחרר את המעצורים ולהעיר את תאי T. חולים המטופלים באימונותרפיות שחוסמות את קולטני העיכוב (קו ירוק) שורדים למשך זמן ארוך יותר מאשר ללא טיפול (קו חום) (נתונים אלה נלקחו ממחקר על חולי מלנומה [2]).



איור 3

מסקנות

למערכת החיסון יש פוטנציאל לחסל סרטן. הטיפולים שמפעילים את מערכת החיסון ומלמדים אותה לזהות תאים סרטניים נקראים אימונותרפיה. היתרון הגדול הוא שמערכת החיסון יכולה לזכור. ברגע שהיא לומדת לתקוף סוג מסוים של סרטן היא יכולה להמשיך לעשות זאת במשך שנים רבות. כיום, יש סוגים אחדים של אימונותרפיות שבהן משתמשים ואותן מפתחים כדי לטפל בחולי סרטן. שיטת טיפול אימונותרפי חדישה עוזרת לחסום את אותות העיכוב ששולחים תאים סרטניים המרדמים את תאי T. אפשר להשתמש באימונותרפיה זו כדי להעיר מחדש את תאי T ולאפשר להם לתקוף מחדש את התאים הסרטניים. בחלק מהחולים, ההשפעה נוגדת הסרטן של אימונותרפיה היא מרשימה, אבל בחולים אחרים עדיין איננו יודעים איך להפעיל את מערכת החיסון ביעילות נגד סרטן. מדענים חוקרים במרץ איך לשפר עוד את האימונותרפיה, בהתבסס על התגלית שמערכת החיסון היא כלי מבטיח מאוד לטיפול בחולי סרטן.

מקורות

1. Clemente, C. G., Mihm, M. C., Bufalino, R., Zurrida, S., Collini, P., and Cascinelli, N. 1996. Prognostic value of tumor infiltrating lymphocytes in the vertical growth

- phase of primary cutaneous melanoma. *Cancer* 77:1303–10. doi: 10.1002/(SICI)1097-0142(19960401)77:7<1303::AID-CNCR12>3.0.CO;2-5
2. Hodi, F. S., Chesney, J., Pavlick, A. C., Robert, C., Grossmann, K. F., McDermott, D. F., et al. 2016. Combined nivolumab and ipilimumab versus ipilimumab alone in patients with advanced melanoma: 2-year overall survival outcomes in a multicentre, randomised, controlled, phase 2 trial. *Lancet Oncol.* 17(11):1558–68. doi: 10.1016/S1470-2045(16)30366-7
 3. Fuentes Marraco, S. A., Neubert, N. J., Verdeil, G., and Speiser, D. E. 2015. Inhibitory receptors beyond T cell exhaustion. *Front. Immunol.* 6:310. doi: 10.3389/fimmu.2015.00310

פורסם אונליין: 10 באוקטובר 2019

נערך על ידי: Fulvio D'Acquisto, Queen Mary University of London, United Kingdom

ציטוט: Fuentes Marraco SA, Neubert NJ and Speiser DE (2019) חדשות טובות מתחום האימונוֹתֶרַפְיָה: מערכת החיסון שלנו יכולה להתמודד עם סרטן. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2017.00040-he

תורגם והותאם:

Fuentes Marraco SA , Neubert NJ and Speiser DE (2017) Good News from Immunotherapy: Our Immune Defense Stands Up to Cancer. *Front. Young Minds* 5:40. doi: 10.3389/frym.2017.00040

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

COPYRIGHT © 2017 © 2019 Fuertes Marraco, Neubert and Speiser. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתיקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה). השימוש, ההפצה או ההעתיקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

ITI GALILEO FERRARIS, גיל: 14–15

אנחנו בכיתה י"א בבית ספר תיכון בנפאל, איטליה. בית הספר שלנו מכין מאוד לנושאים טכניים ומדעיים, שבהם כמובן לשפה האנגלית תפקיד מפתח.

הכותבים

SILVIA A. FUERTES MARRACO

אני מתלהבת מתאי T ציטוטוקסיים ומהאופן שבו יש להם כוח להרוג תאים חולים כדי להילחם במחלות כגון סרטן. כיום אני מתמקדת בחיסון נגד נגיף הקדחת הצהובה כי הוא יכול ליצור בגוף תאי T ציטוטוקסיים חזקים מאוד, ואנו סבורים כי זהו מודל טוב מאוד לאימונוֹתֶרַפְיָה של סרטן. מחוץ למעבדה, אני נהנית לשחק עם



התינוקות התאומים שלי ועם בעלי, אני אוהבת לטייל, לבקר חברים ומשפחה ולדבר עם אנשים על הקמת עולם טוב יותר. *silvia.fuertesmarraco@unil.ch



NATALIE J. NEUBERT

כמו סילביה, אני נלהבת מהפוטנציאל של תאי T ציטוטוקסיים להרוג תאים סרטניים. הקדשתי את חמש השנים האחרונות לחקר האופן שבו תאי מלנומה (סוג מסוים של סרטן עור) מגיבים כאשר הם מותקפים על-ידי תאי T ציטוטוקסיים. כדי לבצע את פרויקט המחקר הזה במעבדה של דניאל, עברתי לגור בשווייץ. הרי שווייץ ואגמיה הם יפהפיים. לכן בזמני הפנוי אני אוהבת לרוץ, לטייל ברנל ולבלות מחוץ לבית.



DANIEL E. SPEISER

כמדען ורופא עבדתי שנים רבות עם חולי סרטן ועם תאי ה-T שלהם. אני עדיין נפעם מהכוח העצום של מערכת החיסון. יחד עם הצוות שלנו ובשיתוף פעולה חיצוני אנו מפתחים אימונתרפיות חדשות, ומתקדמים בהתמדה. במקביל אנו חוקרים את תאי הגוף של החולה, כדי לספק תובנה עמוקה שעוזרת לענות על השאלה מדוע סרטנים גדלים לפעמים בצורה תוקפנית מאוד, ומדוע לפעמים מערכת החיסון פועלת היטב ולפעמים נכשלת. בזמני הפנוי אני נהנה מחברתם של חבריי ושל בני משפחתי, ואוהב לטייל, לפגוש אנשים ולנסות לתרום לחברה אנושית מכבדת.

Hebrew version
provided by

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

