

# עדשות ייחודיות בניתוחים בני זמננו לטיפול בירוד (קטרקט)

תקציר:

במהלך ניתוח בן זמננו לסילוק ירוד, העדשה הטבעית שלנו מוחלפת בעדשה תוך עינית מלאכותית המפצה על אובדן אופטי בעת הסרת העדשה. העדשה הקונבנציונלית היא חד מוקדית (מונו־פוקלית) ומחייבת הרכבת משקפיים כדי לראות באותה עין בטווחים שונים. בשנים האחרונות פותחו מספר אפשרויות נוספות של עדשות המלאכותיות הכוללות: עדשות רב מוקדיות (מולטי־פוקליות: Bifocal, Trifocal) ועדשות עם אורך מוקד מורחב (EDOF (Extended Depth of Focus) הקרנית, ועדשות עם אורך מוקד מורחב (EDOF (Extended Depth of Focus) ושילובים שלהם. בניתוח בן זמננו לסילוק ירוד מתקנים לא רק את איכות הראייה, אלא גם את איכות החיים, ומפחיתים את התלות במשקפיים לאחר הניתוח לראייה חדה בכל טווח, רחוק, בינוני או קרוב.

אסף פרימן<sup>1</sup>  
אהוד אסיה<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>מחלקת עיניים, מרכז רפואי מאיר, כפר סבא, מסונף לפקולטה לרפואה סאקלר, אוניברסיטת תל אביב  
<sup>2</sup>עין טל, מרכז לרפואת עיניים, תל אביב

**מילות מפתח:** סילוק או כריתת ירוד; עדשה רב מוקדית; עדשה ביפוקלית; עדשה טריפוקלית; עדשה טורית.  
**KEY WORDS:** Cataract; Trifocal lens; Bifocal lens; Toric lens; EDof lens

## הקדמה

במהלך ניתוח לסילוק ירוד מוצאת העדשה הטבעית, העכורה ובמקומה מושלת עדשה תוך עינית מלאכותית המפצה על האובדן האופטי בעת הוצאת העדשה. העדשה המלאכותית מושלת בתוך הקופסית בה היתה העדשה הטבעית, הקריסטלינית, כך שהשחזור אינו רק פונקציונלי אלא גם אנטומי. אולם העדשה המלאכותית הבסיסית יכולה לפצות רק על חלק מיכולות העדשה הטבעית. לעדשה הטבעית יש את היכולת לשנות את כוחה האופטי בהפעלת מערכת ה"אקומודיציה", שבה השינוי במתח השריר הציליארי גורם להרפיית הזונולות האוחזות היקפית בקופסית העדשה הקריסטלינית, ובאופן זה לשינוי בקמירות הפנים הקדמיות של העדשה הקריסטלינית. מבחינה מעשית משמעות האקומודיציה היא היכולת לראות חד בכל טווח, מרחוק מאד ועד מספר סנטימטרים לפני העין, כשהמעבר ממוקד למוקד הוא רציף ומתבצע תוך חלקיק השנייה, כך שהמתבונן אף אינו חש בשינוי הדינמי במרחק המוקד. העדשות המלאכותיות עשויות מחומרים פלסטיים שאין להם את היכולת לשנות את מרחק המוקד באופן דינמי ולכן הן חד מוקדיות (מונופוקליות – Monofocal). עד עתה כשלו כל הניסיונות לפתח עדשות תוך עיניות בעלות יכולת לשנות את מרחק המוקד שלהן באופן דינמי ורצוני, ולמרות המאמץ העצום שהושקע בנושא, אין כיום אף עדשה מלאכותית "אקומודיבית" יעילה.

בשימוש בעדשות המונופוקליות ניתן לכוון בעזרת גיאומטריה אופטית ומדידות מדויקות את מרחק המוקד של העין לטווח אחד מוגדר (בדרך כלל לרחוק) ואת הראייה החדה במרחקי מוקד אחרים משיגים בעזרת שימוש במשקפיים.

אפשרות אחת לפתור את התלות במשקפיים בשימוש בעדשות המונופוקליות היא להתאים עין אחת למרחק ועין שנייה לטווח הבינוני־קרוב (Monovision).

■ **לעדשה המלאכותית המודרנית אפשרות תיקון אופטי חד מוקדי, רב מוקדי (בי־פוקלי וטרי־פוקלי) ועדשות בעלת פוקוס מורחב (extended depth of focus), המעניקות ראייה חדה בטווח מוקד רחב, מרחוק ועד קרוב.**

■ **עדשות "טוריות" מתקנות "אסטיגמטיזם" (עיוות פני הקרנית) בעזרת הטבעת "צילינדר" לעדשה המושלת, וכן ניתן לשלב תיקון אסטיגמטיזם הקרנית (עדשות טוריות) גם בעדשות הרב מוקדיות.**

■ **עדשות ה"פרימיום" מפחיתות את התלות במשקפיים לאחר הניתוח ומשפרות לא רק את איכות הראייה אלא גם את איכות החיים. עדשות אלו אינן מתאימות לכולם ונבחנות אישית לכל מועמד לניתוח.**

במחקרים למרחק אלא גם במשקפיים לטווח הבינוני (מחשב, לוח שעונים ברכב) והקרוב (קריאה, טלפון נייד).

עדין, במיוחד בשעות החשיכה כשהאישון מתרחב באופן נורמלי. מאידך, ההפרעה האופטית היא לרוב קלה ולעיתים אינה מורגשת. כמעט תמיד אי הנוחות קטנה עד נעלמת תוך כשלושה חודשים, קרוב לוודאי עקב תהליך נאורו-אדפטציה (neuroadaptation) המנקה "רעשי רקע" ומאפשר ראייה טובה ויעילה בכל טווח [3].

סוג חדש של עדשה רב מוקדית שפותח בעשור האחרון ונכנס לשימוש חופשי בשנת 2016 הוא עדשה עם אורך מוקד מוגבר (Extended Depth of Focus = EDOF) [5]. העיקרון האופטי מעט שונה ובמקום שהמוקד ייפול על נקודה מוגדרת אחת הוא "נמרח" כפס לטווח רחב של מוקדים, מרחוק ועד לכ-1.5 מטר, דהיינו מושגת ראייה חדה לטווח הרחוק והבינוני אך לא לקרוב. תמרון קטן של כוח העדשות בין שתי העיניים מאפשר להרחיב עוד יותר את טווח המוקד המוגבר (שילוב של EDOF ו-Mini-Monovision). גם לעדשה זו יש השפעות לוואי אופטיות, אך כנראה מעט פחות מהרב מוקדיות ויש לה סבילות גדולה יותר לטעויות מוקד, כך שניתן להשתמש בה אפילו כשלא מומלץ להשתמש בעדשות הרב מוקדיות האחרות [7,6]. עם זאת, היא משמעותית פחות יעילה לטווח הקרוב.

### עדשות טוריות

בעיה נוספת היכולה להתבטא בתלות מוחלטת במשקפיים היא ה"אסטיגמטיזם", דהיינו עיוות של הקרנית הגורם לעיוות של התמונה הנופלת על הרשתית. בתיאור פשוט, מבנה הקרנית למעשה איננו בניי כחצי כדור אלא בתבנית של חצי ביצה. כתוצאה מכך עלולה התמונה המתקבלת להיות מעוותת, מרוחה, עקומה ולא חדה. מקור המונח הוא במילה היוונית "סטיגמה", דהיינו נקודה, ועל כן "א-סטיגמה" משמעותו שהאור אינו נופל על נקודה אחת אלא נמרח לאורך קו. העיוות הזה קיים בכל טווח ראייה וללא תיקון אופטי אותו אדם יראה תמיד מטושטש הן לקרוב והן לרחוק. מבחינה אופטית ניתן ל"ישר" את התמונה בעזרת עיוות לכיוון ההפוך, ובאופן מעשי – הוספת "צילינדר" לעדשה במשקפיים, בעדשות המגע. וכיום גם בעדשות תוך עיניות [10]. עד לאחרונה הוסף הצילינדר למשקפיים, כך שמי שלקה באסטיגמטיזם משמעותי היה תלוי באופן מוחלט במשקפיים. אסטיגמטיזם של עד כ-0.50 דיופטר אינו משמעותי קלינית. במעל 1.50 דיופטר יש תלות כמעט מוחלטת במשקפיים. כשליש מהאוכלוסייה סובל מאסטיגמטיזם גבוה מ-1.0 דיופטר ואחד מכל 12 אנשים (כ-8% מהאוכלוסייה) לוקה באסטיגמטיזם מעל 2.0 דיופטר. בשנים האחרונות פותחה הטכנולוגיה המאפשרת להטביע את התיקון הצילינדר גם בעדשות תוך עיניות מושתלות (עדשות "טוריות") וכך לפתור בהשתלה אחת גם את בעיית האסטיגמטיזם. החישוב האופטי של האסטיגמטיזם אינו פשוט, מאחר שהוא חישוב וקטוריאלי, דהיינו יש לו גם כוח וגם כיוון. מדידת האסטיגמטיזם היא לעיתים מורכבת ומתבצעת באמצעות מכשירים המודדים את פנים הקדמיים של הקרנית (טופוגרפיה) המבוססת על חישוב החזר דמות משטח הקרנית, ובשילוב מדידה של הפנים האחוריים של הקרנית (טופוגרפיה) שעיקרה מתבסס על עקרון שימפלונג או על ידי שימוש אופטי מבוסס OCT (Optical Coherence

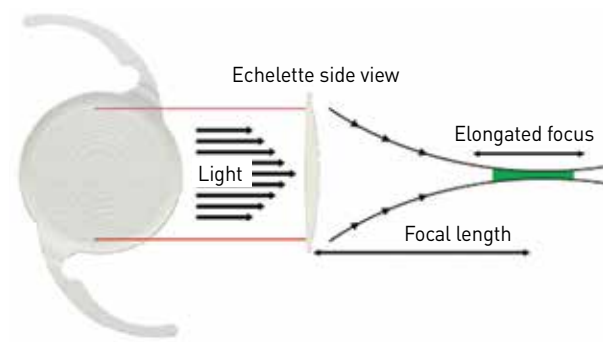
איכות החיים נתפסת כיום כחשובה כמעט כמו איכות הראייה. על מנת לעמוד בדרישות אלו עלה הצורך בפיתוח טכנולוגי בשני ערוצים: האחד, שיפור ביכולות האבחונת ובדיקת המדידות האופטיות עם שיפור מקביל בדיוק הנוסחאות לחישוב כוח העדשה, והשני, פיתוח דור חדש של עדשות תוך עיניות אשר יפחיתו את התלות במשקפיים לטווחים שונים, דהיינו עדשות רב מוקדיות (מולטיפוקליות = Multifocal). בסטנדרטים המקובלים כיום, יכולת הניבוי לאחר ניתוח היא בטווח טעות ממוצע של  $\pm 0.50$  דיופטר, וב-90% מהניתוחים ניתן להגיע לתוצאה האופטית של  $\pm 1.0$  דיופטר מניבוי התוצאה האופטית שקדמה לניתוח.

### עדשות מולטיפוקליות

העדשות התוך עיניות המולטיפוקליות שונות מהותית מעדשות משקפיים מולטיפוקליים. במשקפיים החלק העליון מכווון למרחק, החלק התחתון לקרוב ואזור הביניים למה שביניהם. העדשה עומדת במקומה והעין זזה מאזור לאזור. לעומת זאת, בעדשות תוך עיניות העדשה מושתלת בתוך העין וזזה איתה, כך שמוקדי הראייה השונים, לרחוק ולקרוב, נופלים בו זמנית על הרשתית. בעדשות אלו עובדו פני השטח כך שקרני האור מתפצלות לשני מוקדים (ביפוקל – Bifocal) דהיינו קרוב ורחוק, או לשלושה מוקדים (טריפוקל – Tifocal), קרוב-בינוני-רחוק. פיצול האור מתאפשר תודות לשני עקרונות אופטיים: רפרקציה או דיפרקציה של האור. רפרקציה – משמעותה שלקיימים שונים של העדשה יהיו מרחקי מוקד שונים, ואילו הדיפרקציה מתבססת על העובדה שלאור יש תכונות של גל, ולכן ניתן לשנות את עוצמתו ואת כיוונו. פני העדשה נראים כחריטות של עיגולים-עיגולים קונצנטריים כשהמרחק בין המעגלים וגובה כל מעגל מקנים את התכונות האופטיות של העדשה. פיצול האור ל-2-3 מוקדים שונים מפחית את כמות האור המגיעה לכל מוקד ובעיקר לטווחים הבינוני והקרוב, ועל כן על מנת לשפר את הראייה מקרוב יש צורך בעוצמת אור חזקה יותר. מבנה זה של פני העדשה גורם לתופעות אופטיות האופייניות לעדשות מולטיפוקליות: סביב מוקדי אור ניתן לעיתים לראות "הילות" בצורת מעגלים עדינים או לחוות סינוור

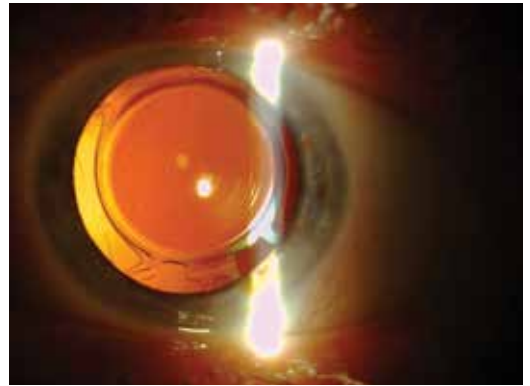
### תרשים 1:

עקרון עדשת ה-EDOF (Extended Depth of Focus) - קרני האור אינן מתכנסות לנקודת מוקד אחת אלא לטווח מוקד מוארך המאפשר ראייה חדה מרחוק ועד לטווח הבינוני (כ-1.5 מטר)



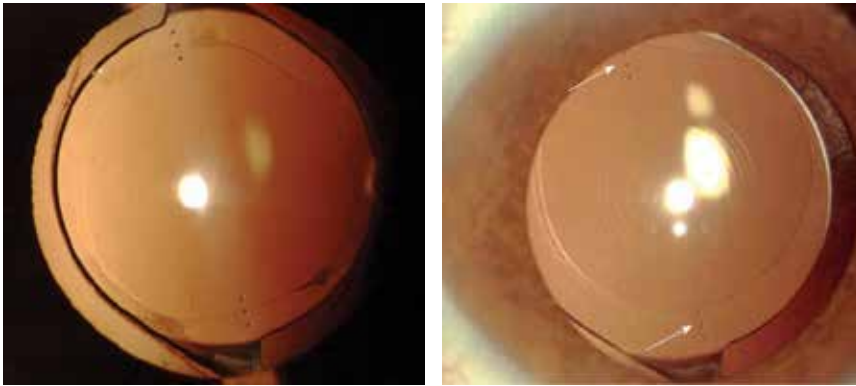
**תמונה 1:**

עדשה טריפוקלית מושתלת בעין. הטבעות העדינות גורמות לפיצול קרני האור לשלושה מוקדים שונים



**תמונה 2:**

עדשה טורית - שלוש הנקודות מסמנות את ציר העדשה וממוקמות בזווית שנקבעה בחישוב הקדם-ניתוחי (במקרה זה בזווית כ-100°)



עם זאת, ייתכן שמכשירי מדידה שונים ימדדו את האסטיגמטיזם בערכים שונים. יתרה מכך, פני הקרנית יכולים להיות לא סדירים ולא סימטריים, ובכך להגביל את יכולת התיקון של עיוות אסימטרי וארגולרי (irregular) באמצעות עדשה סימטרית ורגולרית. ניתן כיום לשלב תיקון טורי בעדשה מולטיפוקלית ובאופן זה לפתור שתי בעיות אופטיות בו זמנית; אך הדבר מגביר את מורכבות החישוב ומעלה עוד יותר את הצורך בדיוק במדידות וביצוע איכותי של הניתוח [8].

**עדשות "פרמיום"**

עדשות הדור החדש, העדשות המולטיפוקליות והעדשות הטוריות, מכונות עדשות "פרמיום" משום שהן מתקנות לא רק את האופטיקה הבסיסית של מוקד אחד, אלא מאפשרות תיקון מורכב של רב מוקדיות ומבנה לא אחיד של הקרנית. ניתוח הרחקת הירוד הפך מניתוח שנועד להסיר את עכירות העדשה לניתוח תשבורתי ("רפרקטיבי"), ניתוח היכול בהשתלת עדשה מלאכותית אחת לתקן את עכירות העדשה הטבעית, וכן לתקן את האסטיגמטיזם שמקורו בקרנית ולהקנות ראייה חדה לקרוב-בינוני-ורחוק ולהסיר את התלות במשקפיים. דהיינו, הניתוח משפר לא רק את איכות הראייה, אלא גם את איכות חייו של המטופל [1].

המטרה הראשונית של עדשות הפרמיום אינה להסיר לחלוטין את הצורך במשקפיים, אלא להקטין משמעותית את התלות במשקפיים ומטרה זו מושגת במירב המקרים. שיעור של כ-80% מהמנותחים אינם נזקקים כלל למשקפיים והרוב הגדול של המנותחים מציינים שהיו בוחרים בעדשה זו שוב [2]. העדשות הטריפוקליות, אשר הוכנסו לשימוש רק בשנים האחרונות ממש, היו קפיצת מדרגה, מאחר שטווח הביניים הוא בעל חשיבות רבה ובמיוחד למרבים להשתמש במחשב. אף שנוסף עוד טווח מוקד אחד, הרי שמספר השפעות הלוואי האופטיות לא רק שלא גברה, אלא אף עוד ירדה, וכנראה שבטווח הביניים של העדשה הטריפוקלית התכנסו ונוצלו קרני האור שבעדשה הביפוקלית "הלכו לאיבוד" וגרמו להשפעות לוואי מטרידות. מצטברות עדויות קליניות לכך

ששביעות הרצון מהעדשות הטריפוקליות גבוהה יותר מזו של הביפוקליות [4]. בסקירת תוצאות ניתוחיות שביצענו לאחרונה על 100 עדשות טריפוקליות שהושתלו על ידי מנתח בודד (א' א'), נמצא כי חדות ראייה של 6/9 לטווח הרחוק הושגה ב-90% מהעיניים ולטווח בינוני ב-95%. רובם המכריע של המנותחים (96%) יכלו לקרוא אותיות קטנות ללא משקפיים. המשמעות המעשית היא שכמעט כל המנותחים לא נזקקו למשקפיים לכל טווח שהוא.

אלא שלכל אלו יש גם מחיר. השיפור הגדול באיכות החיים יכול להתבטא בפשרה מסוימת באיכות הראייה בכל מרחק מוקד. מאחר שכל מוקד מקבל רק חלק מקרני האור הנכנסות לעין, ניתן לשפר את הראייה מקרוב בעזרת הגברת עוצמת האור בזמן קריאה. הפרעות אופטיות של הילות וסנוורים כמעט שאינן מורגשות בתנאי תאורת יום כאשר האישון מכווץ ואופייניות לתאורת לילה. עם הזמן המוח "מנקה" את רעש הרקע של ההפרעות האופטיות, בתהליך של נירו-אדפטציה והן אינן מורגשות כמעט. בעיה משמעותית נוספת היא עלות העדשות והתאמתן. העדשות המתקדמות יקרות בהרבה מהעדשות המונופוקליות הבסיסיות ולא ניתן להכילן על עלות ניתוח הרחקת הירוד הרגיל.

התאמת העדשות והחישוב האופטי לקבלת תוצאות אופטימליות מחייבים בדיקה יסודית באמצעות מספר מכשירים אבחוניים מתוחכמים ויקרים, שעות עבודה של אופטומטריסטים וטכנאים, חישוב וקטוריאלי מורכב של האופציות האופטיות בשימוש במספר נוסחאות מתמטיות, הסבר מורחב ודיון עם המטופל על מגוון האפשרויות וביצוע צעדים נוספים בניתוח על מנת למקם את העדשה הטורית המושתלת בדיוק במקום שבו היא חייבת להיות עד דיוק של מעלות ספורות. כל סטייה של מעלה אחת מהציר המתוכנן בניתוח מפחיתה 3.3% מהיעילות שלה, דהיינו סטייה של 10 מעלות מהציר המתוכנן תפחית כשליש מהתיקון הטורי (צילינדר) שלה, וכך לעדשה של 3.0 דיופטר יהיה אפקט של 2.0 דיופטר בלבד [9]. בקרנית שקוטרה הממוצע כ-12 מ"מ והיקפה כ-36 מ"מ, סטייה של 10 מעלות משמעותה סטייה של כ-1 מ"מ בלבד. הכנסת ציוד ניתוחי מתקדם מאוד כגון השימוש בפמטוסקונד לייזר בניתוחי הרחקת הירוד מערכות

למערכת הציבורית אך זה ללא ספק שינוי מגמה משמעותי בהכרה שלניתוח הרחקת הירוד יש משמעות לא רק במישור הרפואי גרידא, אלא בשיפור סגנון החיים והקטנת התלות באבזרים חיצוניים.

#### מחבר מכותב: אסף פרימן

מחלקת עיניים, מרכז רפואי מאיר  
טשרניחובסקי 59, כפר סבא 44281  
טלפון: 09-7471527  
פקס: 09-7472427  
דוא"ל: Friehmann1@gmail.com

אוטומטיות למדידה, חישוב וסימון אופטי תוך ניתוחי העלו את רמת הדיוק הניתוחי, אך גם העלו משמעותית את עלות הניתוח. מעבר לכך, עם העלייה בביצועים וההצלחות בנייתוח עלתה גם רמת הציפיות והדרישה לשלמות מצד המנותחים. לאחרונה חלה מהפיכה של ממש בגישה של סל הבריאות בישראל, כאשר עדשות הפרמיום (טוריות ומולטיפוקליות) הוכנסו לסל הבריאות בהתניה של השתתפות עצמית של המנותח בעלות שתקבע על ידי משרד הבריאות. הפעילות סביב החישוב האופטי של העדשות, המכשור הנוסף והצורך בתוספת כוח אדם לא תוקצבו ואלו יושתתו על מצב קיים. זהו, כמוכן, מצב מורכב שיקשה על החדרת עדשות הפרמיום

## ביבליוגרפיה

- Rosa AM, Miranda AC, Patricio MM & al, Functional magnetic resonance imaging to assess neuroadaptation to multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2017, 43(10): 1287-1296.
- Gatinel D & Loicq J, Clinically Relevant Optical Properties of Bifocal, Trifocal, and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *J Refract Surg* 2016, 32(4):273-280.
- MacRae S, Holladay JT, Glasser A & al, Special Report: American Academy of Ophthalmology Task Force Consensus Statement for Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *Ophthalmology* 2017, 124(1):139-141.
- Reitblat O, Assia EI, Kleinmann G & al, Accuracy of predicted refraction with multifocal intraocular lenses using two biometry measurement devices and multiple intraocular lens power calculation formulas. *Clin Exp Ophthalmol* 2015, 43(4):328-334.
- Breyer DRH, Kaymak H, Ax T & al, Multifocal Intraocular Lenses and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2017, 6(4):339-349.
- Gyongyossy B, Jirak P & Schonherr U, Long-term rotational stability and visual outcomes of a single-piece hydrophilic acrylic toric IOL: a 1.5-year follow-up. *Int J Ophthalmol* 2017, 10(4):573-578.
- Alio JL, Plaza-Puche AB, Fernandez-Buenaga R & al, Multifocal intraocular lenses: An overview. *Surv Ophthalmol* 2017, 62(5):611-634.
- Knorz MC, Multifocal intraocular lenses: overview of their capabilities, limitations, and clinical benefits. *J Refract Surg* 2008, 24(3):215-217.
- Xu Z, Cao D, Chen X & al, Comparison of clinical performance between trifocal and bifocal intraocular lenses: A meta-analysis. *PLoS One* 2017, 12(10):e0186522.
- Buscacio ES, Patrao LF & de Moraes HV, Jr., Refractive and Quality of Vision Outcomes with Toric IOL Implantation in Low Astigmatism. *J Ophthalmol* 2016, 2016:5424713.
- Abulafia A, Rosen E, Assia EI & Kleinmann G, Establishment of a Registry to Monitor Trends in Cataract Surgical Procedures and Outcomes in Israel, 1990-2014. *Isr Med Ass J*. 2015;17(12):755.

## כרוניקה

### מנגנון ההשפעה של העלייה בחום הגוף על מערכת החיסון



חלבון זה משפר היצמדות ונדידה של תאי T, קשירה לאינטגרנים משפעלים מטיפוס אלפא 4. כאשר אזור הקשירה של האינטגרין עבר מוטציה בעכברים, חל עיכוב בנדידה של תאי T, ופינוי חיידקים נפגם. החוקרים משערים כי גם תאי אחרים של מערכת החיסון מושפעים בצורה דומה על ידי ציר איתות זה, וכך החום המוגבר משפר את פעילות המערכת.

איתן ישראלי

עליית חום הגוף היא תופעה פיסיולוגית הנגרמת עקב פציעה או דלקת, שבעזרתה אמורה מערכת החיסון להתמודד טוב יותר עם מחלות.

המנגנון בבסיס תופעה זו אינו ברור עד היום, ולין וחב' (Immunity 2019;50:137) חקרו אותה בעכברים. החוקרים מדווחים כי חום גבוה של 40 מ"צ בעכברים הישרה ביטוי של חלבוני הלם מסוימים, ביניהם החלבון 90Hsp. החוקרים מצאו כי