



כיצד חקירת ריר יכולה להגן על שוניות אלמוגים?

Jacqueline Rivera-Ortega, Patricia E. Thomé*

המכון למדעי הים והלימנולוגיה, היחידה האקדמית למערכות של שוניות בפוארטו מורלוס, האוניברסיטה האוטונומית הלאומית של מקסיקו, מקסיקו סיטי, מקסיקו

סוקרים צעירים

ST. MARY'S
HIGH
SCHOOL



גיל: 14

פוליפים (Polyps)

חיות רכות וריריות בצורת אגס, ארוכות יותר מאשר רחבות. בחלק האפיקלי הן מוקפות על ידי מחושים, שמשמשים להזנה עצמית. באופן יחידי, צורבנים מוכרים בתור שושנות ים, אולם כאשר הם יוצרים מושבות הם מוכרים כאלמוגים.

אלמוגים, בין חיות לבין צמחים, מגדלים שלד ובונים שוניות. שוניות אלמוגים נמצאות כיום בסכנת הכחדה מאחר שהסביבה הימית שבה הן מתקיימות מתפרקת, מה שגורם לאלמוגים לחלות לעיתים קרובות יותר. מדענים השתמשו בחלקים ממושבות אלמוגים בריאים, או שתלו אלמוגים תינוקות, במטרה לסייע בשחזור השוניות שנמצאות במצב לא טוב. אולם כדי שהמאמצים האלה יצליחו, הכרחי שמדענים יבחרו אלמוגים בריאים לשתילה. אלמוגים משתמשים בחומר שנקרא מְלָנִין כדי ללכוד חיידקים שגדלים ברקמות שלהם. גילינו שהאנזים פנולוקסידאז, שאחראי על יצירת מלנין, עשוי להימצא בכיסויים הריריים של אלמוגים, שנקראים ריר, או ליחה. אנו יכולים לקחת דגימות של הריר הזה כדי למדוד את הפנולוקסידאז בלי לפגוע באלמוגים. על ידי כך, נוכל לְאָתֵר אם מושבת אלמוגים מגיבה לנוכחות של חיידקים מזיקים, אפילו לפני שהיא מראה סימנים כלשהם של מחלה.

מהם אלמוגים?

אלמוגים אינם צמחים או אבנים, אלא חיות שחיות בימים טרופיים. האם אי פעם ראיתם שושנת ים? **פוליפים** של אלמוגים דומים מאוד לשושנות ים זעירות. באלמוגים, פוליפים רבים מתקבצים יחד כדי ליצור מושבה, וכל הפוליפים האלה מחוברים זה לזה. לפוליפים של

שלד גירי (Calcareous Skeleton)

שלד חיצוני שאלמוגים יוצרים ואז גדלים מעליהם, מורכב מקלציום קרבונט (CaCO_3). בזכות השלד הזה, אלמוגים יכולים לבנות שוניות, שחלקן גדולות כל כך שניתן לראותן מהחלל.

אלמוגים יש מחושים שמקיפים את הפיות שלהם, אשר מסייעים להם להזין את עצמם על ידי כליאת חיות קטנות מהמים שבסביבתם. המחושים גם מסייעים לפוליפים לאכול את החיידקים שגדלים על פני השטח של גופם (איור 1). פוליפים של אלמוגים יושבים על אבנים שהם מייצרים מקלציום קרבונט, שנקראות **שלד גירי**. השלד הגירי מורכב מסיידן (מינרל שמספק מבנה לעצמות ולשיניים שלנו), ומפחמן (הרכיב העיקרי של פחמן דו-חמצני, שהוא אחד מגזי החממה). אלמוגים מייצרים שלד גירי על ידי הסרת פחמן דו-חמצני וסיידן מהמים.

השלדים הגיריים של אלמוגים יוצרים מבנים גדולים, שידועים בתור שוניות, שמאכלסים הרבה אורגניזמים ימיים אחרים. שוניות אלמוגים גם מגינות על אנשים ועל קהילות שקרובים לחוף, מאחר ששוניות יכולות להפחית את האנרגיה שמגיעה מהוריקנים בעד כ-80%. לכן, אלמוגים הם לא רק אורגניזמים ימיים יפהפיים, אלא גם חשובים מאוד למינים אחרים ולבני אדם.

אלמוגים יכולים לחלות!

כמו כל חיה על פני כדור הארץ, גם אלמוגים יכולים לחלות. כאשר אלמוגים חולים, צבע פני השטח שלהם משתנה. לדוגמה, אלמוגים עם מחלת "הפס השחור" (או "הלהקה השחורה") מאבדים חלק מרקמת פני השטח שלהם, מה שמשאיר שלד לבן בוהק ללא פוליפים. הסימן העיקרי של מחלת הפס השחור היא התפתחות של פס דרך המושבה, שעשוי להיות שחור, אדום, או חום. ישנם סוגי מחלות שונות, כמו למשל מחלת "פס צהוב" או מחלת "הכתם הכהה". ברגע שנצפים באלמוגים סימנים של מחלה, המחלה עשויה להתפשט במהירות דרך המושבות, ועם הזמן כל המושבה עלולה למות. מה החיות האלה עושות כדי להגן על עצמן מפני מחלות?

לאלמוגים יש מערכת חיסון

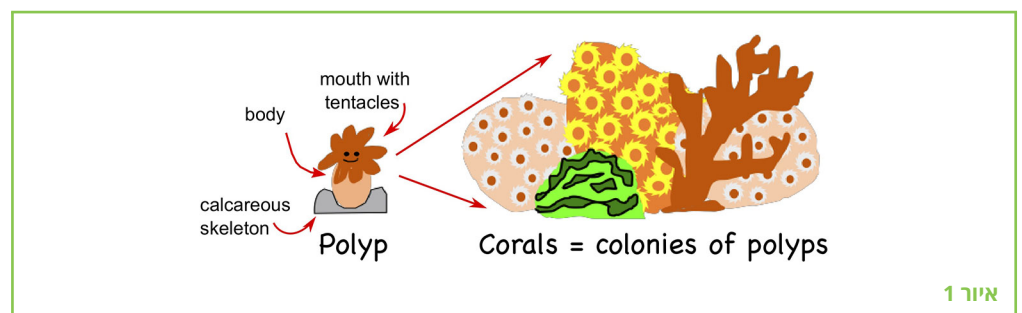
אף על פי שאלמוגים נראים כמו חיות פשוטות, יש להם **מערכת חיסון** מורכבת. למערכת הזו יש מנגנונים שמסוגלים לרפא פציעות, להרוג מיקרואורגניזמים מזיקים או לבלוע אותם ולסייע לאלמוגים להישאר בריאים [1]. כמו בני אדם, אלמוגים מפרישים שכבה רירית, אשר מגינה על הרקמות שלהם ומפרידה ביניהן לבין מי הים הסובבים. שכבת הריר ממלאה תפקיד חשוב במערכת החיסון של אלמוגים. היא מכילה חומרים שיכולים להילחם בחיידקים מזיקים, שאחרת עלולים לגרום למחלות אלמוגים. בבני אדם, ריר פועל באופן דומה, כאשר הוא מכסה את המעיים ואת החלקים הפנימיים של האף והגרונן. אם שכבת הריר הזו נפרצת, הרקמות הפנימיות שלנו, כמו רקמות האלמוגים, עלולות להזדהם.

מערכת חיסון (Immune System)

המערכת שמאפשרת לאורגניזם להילחם בנגיפה או פלישה של אורגניזמים מזיקים, כדי למנוע מחלה.

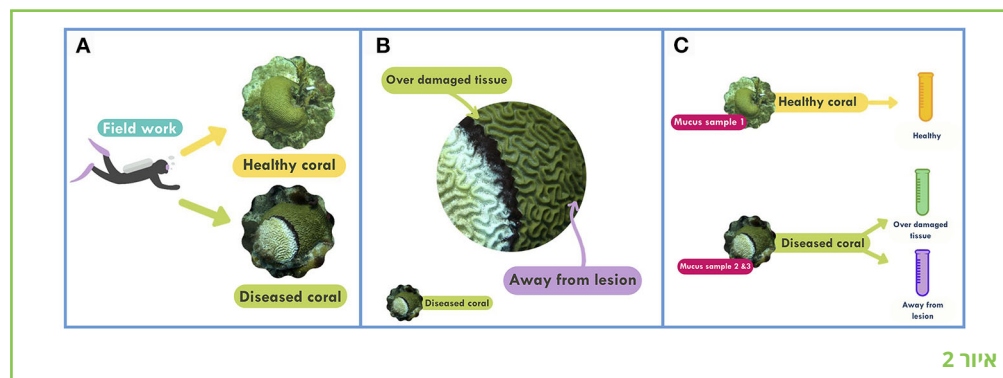
איור 1

אלמוגים - מושבות מחוברות של פוליפים. כל פוליפ (polyp) של אלמוג (coral) הוא שק קטן ורך, עם פה שמוקף על ידי מחושים (tentacles) שמשמשים להזנה. כל פוליפ מייצר שלד גירי (calcareous skeleton), ויושב עליו. אלמוגים גדלים לצורות שונות. המושבה כולה מכוסה בשכבת ריר לצורך הגנה.



איור 2

איסוף דגימות של ריר אלמוגים. (A) דגמנו שני סוגי מושבות אלמוגים: אלמוגים בריאים מסוג *Pseudodiploria strigose*, ואלמוגים מאותו המין שהושפעו על ידי מחלת הפס השחור. (B) לקחנו דגימות ריר מאלמוגים חולים, גם מעל לרקמה הפגועה וגם מעל לרקמה הבריאה, הרחק מהפגיעה. (C) אספנו שלוש דוגמאות מחמש מושבות שונות, וניתחנו את כל הדגימות במעבדה במטרה לבחון את פעילותו של אנזים ה-PO.



אלמוגים גם מייצרים חומר שנקרא **מְלַנִּין** במטרה ללכוד חיידקים מזיקים ומיקרואורגניזמים אחרים. מלנין נוצר על ידי **אנזימים** מסוימים שנקראים **פנולוקסידאזות** (phenoloxidasases), עלייה בפעילות של PO יכולה לומר לנו אם האלמוגים התחילו להגיב לנוכחות של חיידקים [1]. כאשר ה-PO מיוצרים, מיוצרים גם חומרים רעילים מסוימים, אשר יכולים להרוג מיקרואורגניזמים רעילים. בבני אדם, מלנין מספק צבע לעורנו. אולם אצל אלמוגים ושושנות ים שנדבקו בחיידקים מזיקים, מלנין יוצר גושים כהים ברקמותיהם [2, 3].

כאשר אלמוגים רבים ניזוקים או מתים, השונית מאבדת הרבה מהתועלות שהיא מספקת. במסגרת המאמצים להציל אלמוגים משוניות שמדרדרות [4], מדענים לעיתים משתמשים בחלקים של מושבות אלמוגים בריאות, או שותלים אלמוגים תינוקות על גבי שוניות שניזוקו. כדי לעשות זאת בהצלחה, מדענים ראשית צריכים לוודא שהמושבות שבאמצעותן הם בוחרים לאכלס מחדש את השונית הן בריאות. זו הסיבה לכך שהחלטנו להתבונן בשכבת הריר של מושבות אלמוגים בריאות וחולות, כדי לראות אם אנו יכולים לחזות אם אלמוגים שנראים בריאים היו למעשה בריאים, או שהם פשוט עוד לא הראו תסמינים של מחלה.

איסוף ריר אלמוגים

כדי להבין טוב יותר את בריאותו של ריר האלמוגים, צללנו למטה אל שונית ליד המעבדה שלנו, ובסיועם של מזרקים ללא מחטים (מזרק אחד לכל אלמוג), שאבנו בזהירות את הריר מפני השטח של אלמוגים בריאים וחולים. השיטה הזו בטוחה לאלמוגים, מאחר שהיא לא מזיקה להם כלל.

האם אתם זוכרים שאמרנו שכאשר אלמוגים חולים הם מאבדים חלק מהרקמות שלהם, והאזורים החולים יכולים להופיע בצורת פסים או כתמים עם צבעים שונים מאשר אלמוגים בריאים? כשלקחנו ריר מאלמוגים חולים, אספנו אותו משניחלקים שונים של המושבה: (1) מעל הרקמה הפגועה (היכן שרקמת האלמוגים שינתה צבע), ו-(2) הרחק מהרקמה הפגועה, מרקמה שנראית בריאה. מאלמוגים בריאים לקחנו ריר מחלק אחד במושבה (איורים 2A,B). כל מזרק היה מסומן, כך שידענו מהיכן הריר הגיע. לאחר מכן, לקחנו את דגימות הריר למעבדה שלנו.

בחזרה במעבדה, בחנו את דגימות הריר על ידי הוספת חומרים שגירו את אנזים ה-PO לייצור של תוצר צבעוני (איור 2C). את איכות התוצר הצבעוני בכל דגימה מדדנו באמצעות

מלנין (Melanin)

חומר שמוצר על ידי פנולוקסידאזות. הוא אחראי על לכידת חיידקים מזיקים ומיקרואורגניזמים אחרים.

אנזימים (Enzymes)

מולקולות בגוף שמסייעות להמיר חומר אחד לאחר.

פנולוקסידאז (Phenoloxidase)

אנזים שאחראי על ייצור מלנין. פנולוקסידאז הוא חלק ממערכת החיסון של אלמוגים, וכאשר הוא מסוננת, מיוצרים גם חומרים רעילים אחרים.

ספקטרופוטומטר (Spectrophotometer)

מכשיר מעבדה שמודד תרכובות כימיות שמומסות בנוזל באמצעות הארת הנוזל בקרן אור, ודיווח על כמות האור שנספג.

ספקטרופוטומטר, שהוא מכשיר שמאיר קרן של אור דרך דגימה נוזלית. במקרה שלנו, ככל שהדגימה ספגה יותר אור, כך הייתה שם יותר פעילות PO.

מה מצאנו?

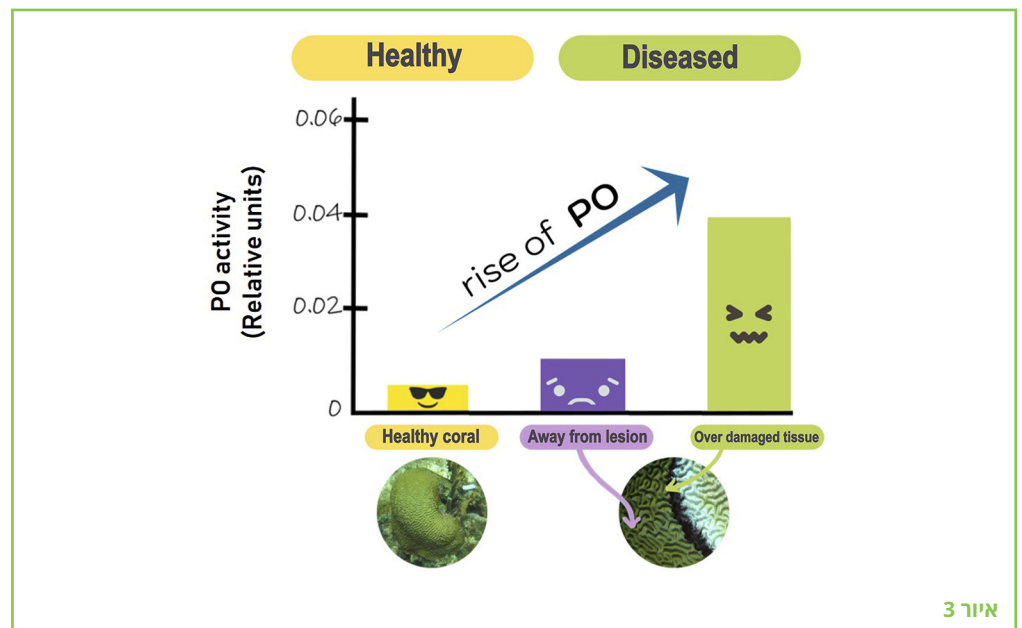
כפי שציינו קודם לכן, פוליפים של אלמוגים משחררים חומרים חיסוניים אל תוך הריר שלהם. התגלית הראשונה שלנו הייתה שפעילות של PO יכולה להימדד בריר [5] – זה נוח מאוד מאחר שכפי שציינו, אנו יכולים לקחת דגימות ריר בלי לפגוע באלמוגים. התגלית השנייה הייתה שנצפה הבדל בפעילות ה-PO בדגימות הריר מאלמוגים בריאים וחולים. הריר מאלמוגים בריאים הכילה כמות קטנה של PO בהשוואה לריר מאלמוגים חולים. נוסף על כך הדגימות מאלמוגים חולים שנלקחו מעל לרקמה הפגועה הכילו את הכמות הגדולה ביותר של PO בהשוואה לדגימות שנלקחו ממקום רחוק יותר מהאזור הפגוע (איור 3). גילינו לכן שפעילות של PO בריר קשורה לזיהום: אזורים שנדבקו מכילים יותר PO, ולכן מערכת החיסון שלהם פעילה יותר מאשר אזורים בריאים.

מה אנו יכולים לעשות כדי לסייע לאלמוגים?

הצעד הבא במחקר זה הוא לקבוע את רמת פעילות ה-PO הנורמלית בריר ממגוון מיני אלמוגים בריאים. פעילות PO בריר יכולה לספר לנו על בריאותם של האלמוגים. כאשר מדענים רוצים לאסוף אלמוגים צעירים או חלקים ממושבות אלמוגים בריאות כדי לסייע להציל את שוניות האלמוגים החולות, הם יכולים לבחון תחילה את המושבות שנראות בריאות, כדי לוודא שהן אכן בריאות, לפני שהם משתמשים בהן בניסיונות ההצלה שלהם. הצלת שוניות אלמוגים חולות באמצעות חלקי אלמוגים בריאים יכולה לתרום לשימור המערכת האקולוגית הימית החשובה הזו.

איור 3

פעילות PO באלמוג המוח *Pseudodiploria strigosa* מושפעת על ידי מחלת הפס השחור. באיור הזה, שלוש העמודות מראות את פעילות PO בדגימות ריר מאלמוגים בריאים (בצהוב), ובדגימות ריר מאלמוגים חולים, שנלקחו הרחק מהאזור הפגוע (בסגול), וברקמה הפגועה (בירוק). האיור מראה שפעילות ה-PO נמוכה במושבות בריאות, אולם גדלה לרמות בינוניות בריר שנלקח מאזורים שנראים בריאים של מושבות חולות, והיא הכי גבוהה בדגימות שנלקחו ברקמות אלמוגים פגועות.



איור 3

מאמר המקור

Rivera-Ortega, J., and Thomé, P. E. 2018. Contrasting antibacterial capabilities of the surface mucus layer from three symbiotic cnidarians. *Front. Mar. Sci.* 5:392. doi: 10.3389/fmars.2018.00392

מקורות

1. Palmer, C. V., Traylor-Knowles, N. G., Willis, B. L., and Bythell, J. C. 2011. Coral uses similar immune cells and wound-healing processes as those of higher organisms. *PLoS ONE* 6:e23992. doi: 10.1371/journal.pone.0023992
2. Zaragoza, W. J., Krediet, C. J., Meyer, J. L., Canas, G., Ritchie, K. B., and Teplitski, M. 2014. Outcomes of infections of sea anemone *Aiptasia pallida* with *Vibrio* spp. pathogenic to corals. *Microb. Ecol.* 68:388–96. doi: 10.1007/s00248-014-0397-2
3. Palmer, C. V., Mydlarz, L. D., and Willis, B. L. 2008. Evidence of an inflammatory-like response in non-normally pigmented tissues of two scleractinian corals. *Proc. R. Soc.* 275:2687–93. doi: 10.1098/rspb.2008.0335
4. Liman, D., and Schopmeyer, S. 2016. Ecological solutions to reef degradation: optimizing coral reef restoration in the Caribbean and Western Atlantic. *PeerJ.* 4:e2597. doi: 10.7717/peerj.2597
5. Rivera-Ortega, J., and Thomé, P. E. 2018. Contrasting antibacterial capabilities of the surface mucus layer from three symbiotic cnidarians. *Front. Mar. Sci.* 5:392. doi: 10.3389/fmars.2018.00392

פורסם אונליין: 29 בספטמבר 2022

נערך על ידי: Dominik K. Großkinsky

מנחה מדעי: L Allen-Jacobson

ציטוט: Rivera-Ortega J and Thomé PE (2022) כיצד חקירת ריר יכולה להגן על שוניות אלמוגים? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.527874-he

Rivera-Ortega J and Thomé PE (2020) How Can Studying Mucus Protect Coral Reefs? *Front. Young Minds* 8:527874. doi: 10.3389/frym.2020.527874

הצהרת ניגוד אינטרסים: המְחַבְרֹת מצהירות כי המחקר נערך בהיעדר כל קשר מסחרי או כלכלי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2020 © Rivera-Ortega and Thomé. 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 (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.

סוקרים צעירים

14: גיל: ST. MARY'S HIGH SCHOOL

St. Mary's הוא בית ספר קתולי שמכין לקולג' ומפתח תלמידים בכיתות ו-יב מיותר מ-30 קהילות בחוף הצפוני של בוסטון. הוא מעצב נשים וגברים אותנטיים, בעלי כישרון ואמונה. הקורס היוקרתי בביוולוגיה מתמקד בפיתוח כישורי חקירה מדעיים שיכולים להיות מיושמים בחוויות האקדמיות של התלמידים. הייתה זו חוויה מדהימה עבור התלמידים שלנו לרכוש ניסיון ישיר בתהליך הסקירה, ואנו נרגשים מאוד לראות את התוצר הסופי.

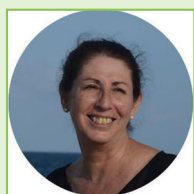
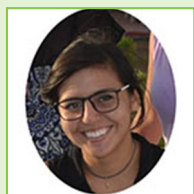
הכתבות

JACQUELINE RIVERA-ORTEGA

אני סטודנטית בעלת תשוקה לאלמוגים. למדתי ביולוגיה במקסיקו סיטי, ועשיתי את התואר השני שלי במדעי הים בפוארטו מורלוס, קווינטנה רו, שניהם ב-UNAM. במהלך התואר הראשון שלי, חקרתי את הקשר בין אלמוגים חולים לבין יבול של נהר. בתואר השני שלי החלטתי להעמיק ולחקור את מערכת החיסון הרירית הפנימית של אלמוגים. אני רוצה להמשיך את המחקר המדהים הזה במהלך הדוקטורט שלי! אני משוכנעת שתקשור מה שאנו עושים במדע הוא דרך טובה לוודא שאנשים ידעו מהם אלמוגים, ואם יכירו אלמוגים הם ירצו לשמרם.

PATRICIA E. THOMÉ

במהלך לימודי התואר השני שלי, עבדתי עם אלמוגים. יופיים וחשיבותם עניינו אותי מייד. עשיתי דוקטורט בביוולוגיה באוניברסיטת קליפורניה סנטה ברברה. לאחר מכן עברתי ל-UNAM בפוארטו מורלוס, מקסיקו, שם אני עובדת כפרופסורית מאז 1996. העניין שלי באלמוגים היה בעיקר בסימביוזה שהם משמרים עם אצות מיקרוסקופיות. אני חוקרת כיצד סוגים שונים של סימביוטים תורמים לאלמוגים ולחיות סימביוטיות אחרות כמו למשל שושנות ים ומדוזות. לאחרונה עבדתי על חסינות של אלמוגים, מאחר שאני מוטרדת מהשכיחות הגדולה של מחלות אלמוגים. *thome@cmarl.unam.mx



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



הוצאת פרונטייה מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK