



שיעורים מלטאות: כיצד מחלימי-על בעלי קשקשים יכולים לסייע לבני אדם

Noeline Subramaniam^{1,2}, Kathy Jacyniak³, Rebecca P. McDonald³ | Matthew K. Vickaryous^{3*}

¹המכון למדעי הרפואה, אוניברסיטת טורונטו, טורונטו, אונטריו, קנדה

²מרכז מחקר קינן במכון ידע לי קה שניג, בית חולים סיינט מישל, טורונטו, אונטריו, קנדה

³המחלקה למדעי הביז-רפואה, קולג' וטרנירי אונטריו, אוניברסיטת גואלף, גואלף, אונטריו, קנדה

סוקרים צעירים

NOAH
גיל: 10



רְגֵנְרָצִיָּה היא היכולת לגדל מחדש חלקי גוף פגועים או חסרים. אומנם אתם עשויים לחשוב כי רגנרציה היא מדע בדיוני או כוח-על, אך באופן מפתיע תופעה זו שכיחה בקרב סוגים רבים של חיות, לרבות לטאות. אם כן, מדוע לטאות הן מחלימות-על? אלה איברים לטאות יכולות לתקן, ומה ביכולתנו ללמוד מלטאות במטרה לסייע לאנשים? כדי לענות על שאלות אלה ועל שאלות אחרות, נבחן מקרוב יותר את בעלי הקשקשים. המחקר שלנו חושף דרכים חדשות לבחינת בעיות ישנות, כמו למשל כיצד לתקן את העור, הלב, ואפילו המוח האנושיים. לטאות ומינים אחרים מלמדים אותנו שיעורים חשובים לגבי האופן שבו אפשר להרפא, ואולי באחד הימים יציעו שיטות חדשות לקידום בריאות אנושית.

לטאות סופר-מחלימות

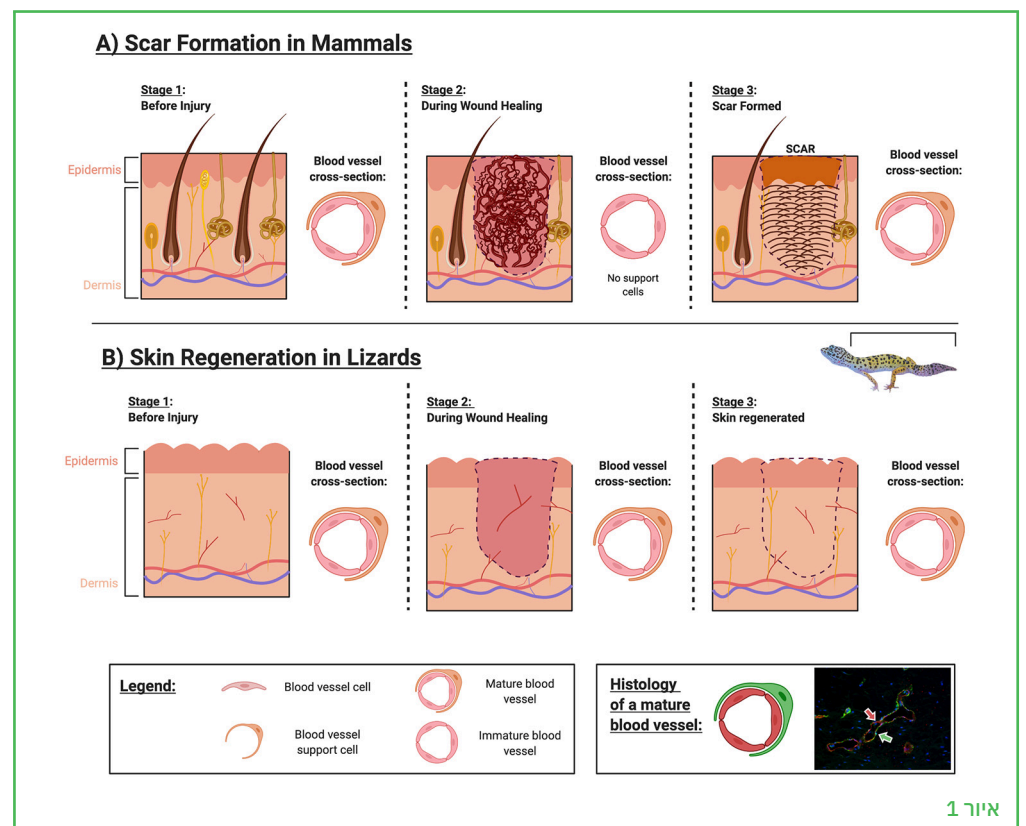
מה אם, לאחר תאונה, יכולתם לגדל מחדש חלקים מהגוף? או היה באפשרותכם לתקן את פציעותיכם בלי לגשת לבית חולים? הדבר עשוי להישמע כמו מדע בדיוני, אך זה מה שקורה לחיות בטבע כל הזמן.

קרוב לוודאי ששמעתם כי חלק מהלטאות יכולות לגדל מחדש את זנבותיהן. אם הן נתפסות על ידי טורף, לטאות רבות, כמו שִׁמְמִית מנומרת, מסוגלות לנתק חלק מהזנבות שלהן. כאשר הטורף עסוק באכילת הזנב, ללטאה מתאפשר לברוח. הלטאה החדשה חסרת-הזנב יכולה אז לגדל מחדש זנב חליפי, או לעשות רִגְנָרְצִיָה לזנבה [1]. אולם, יכולתן של לטאות לבצע רגנרציה אינה מסתכמת רק בזנבותיהן. מדענים יודעים כי חלק מהלטאות מסוגלות לבצע רגנרציה גם לאיברים אחרים, כמו העור, הלב והמוח. עולה השאלה מדוע חלק מהחיות, כמו לטאות, הן מחלימות-על, בעוד שחיות אחרות, לרבות בני אדם, אינן כאלה?

מה קורה כאשר עור אנושי נפגע?

כולנו חווינו שריטות, כוויות וחתכים, ואין זה מפתיע כי עורנו הוא האיבר בגוף שנפגע לעיתים הקרובות ביותר. תפקידו של העור אינו מסתכם בשמירה על פְּנִים הגוף מוחזק יחד. העור מסייע לנו לווסת את טמפרטורת הגוף; מספק הגנה כנגד קרינה מזיקה מהשמש, ומסוגל לחוש בחום, קור, כאב ולחץ (מגע).

אצל כל בעלי החוליות (חיות בעלות עמוד שדרה לרבות דגים, זוחלים ויונקים), העור מורכב משתי שכבות עיקריות: אֶפִּיֶדְרְמִיס וְדֶרְמִיס (איור 1). האפידרמיס הוא השכבה החיצונית של העור, והחלק שאנו בדרך כלל רואים. מתחת לאפידרמיס נמצא הדרמיס, שאחראי על תפקודים רבים של העור. שכבה זו מְסַפֶּקֶת את הדם לעור, ומכילה עצבים, זקיקי שיער ובלוטות זיעה.



איור 1

רגנרציה (Regeneration)

היכולת של תא, רקמה, או איבר להחליף בצורה כמעט מושלמת את מה שאבד, תוך שחזור המבנה והתפקוד.

איור 1

צלקות בעור. המשתתפים העיקריים בהחלמת פצע הם כלי הדם. (A) היווצרות צלקת ביונקים – אחרי פגיעה ביונקים נוצרים המוני תאי דם בעלי דפנות דקות. לכלי הדם האלה אין תאי תמיכה, ולכן לעיתים קרובות הם דולפים. מבנים בעור כמו זקיקי שיער, עצבים ובלוטות, אינם מוחלפים לאחר פגיעה. (B) רגנרציה של עור אצל לטאות – בניגוד ליונקים, לטאות יוצרות מעט כלי דם אחרי פגיעה. לכלי הדם האלה יש תאים תומכים, ולכן הם אינם דולפים. המבנים בעור עוברים רגנרציה לאחר פגיעה.

A = Stage 1: Before injury
שלב לפני הפגיעה
Stage 2: During wound healing
שלב = healing במהלך החלמת הפצע
= No support cells
תאי תמיכה
= Stage 3: Scar formed
שלב היווצרות הצלקת
Epidermis = אפידרמיס
Dermis = דרמיס
= חתך רוחב של כלי דם
B = Stage 3: Skin regenerated
= שלב התחדשות של העור
מקרא בתחתית האיור:
= Blood vessel cell
כלי דם
Blood vessel support cell
= תא כלי דם תומך
= Mature Blood vessel
דם בוגר
= Immature blood vessel
כלי דם צעיר
Histology of a = mature blood vessel
היסטולוגיה (חקר רקמות) של כלי דם בוגר

צלקת (Scar)

חוסר היכולת של תא, רקמה, או איבר להחליף את מה שאבד, מה שגורם לירידה בתפקוד.

קולגן (Collagen)

חלבון מבני חשוב בגוף. זהו סוג החלבון השכיח ביותר בגוף.

פציעות שחוחכות את הדרמיס מובילות לדימום, ולעיתים להיווצרות **צלקת**. צלקות נוצרות כאשר הדרמיס מתוקן, אך התיקון אינו מושלם (**איור 1A**). לדוגמה, בבני אדם, עור מצולק אינו מגדל מחדש שיער או בלוטות זיעה. עור כזה הוא גם חלש יותר מעור שלא נפגע. החלבון העיקרי בעור נקרא **קולגן**. בעור שאינו פגוע, קולגן נראה כאילו הוא שזור יחד, תוך יצירת תבנית זיגזג המאפשרת לעור להימתח. בעור מצולק, תבנית זו אובדת, ובמקום זאת הקולגן מאורגן בשכבות מקבילות. שכבות קולגן אלה אינן נמתחות, מה שמגביר את הסיכוי כי הצלקות תיקרענה.

מינים מסוימים מסוגלים לגדל מחדש את העור

אצל לטאות, פגיעות בעור נרפאות ללא צלקות. כלומר, העור עובר רגנרציה מוחלטת (**איור 1B**). למעשה, כמעט בלתי אפשרי למקם את אתר הפציעה לאחר שהחלמה הושלמה. מהו הדבר שעושה את הלטאות שונות?

באופן מעניין, כל האירועים המרכזיים שמתרחשים במהלך היווצרות צלקת בעור יונקים מתרחשים גם במהלך רגנרציה של עור בקרב מינים אחרים. ההבדלים העיקריים הם המהירות שבה מתחילה החלמת הפצע לאחר הפגיעה; מְשָׁךְ ההחלמה ומספר התאים המעורבים בתהליך. עור שעובר רגנרציה בדרך כלל מחלים מהר יותר מפצע בגודל דומה שמצטלק. בעוד שבשמיית מנומרת יצירה מחדש של האפידרמיס אורכת כ-5 ימים בלבד, אצל בני אדם תהליך זה יכול לארוך בין שבוע לשבועיים [2].

אחד ההבדלים בין עור מצטלק לעור שעובר רגנרציה קשור בכלי הדם. לפני שהצלקות נוצרות, ראשית אתר הפצע מְפָתַח הרבה כלי דם קטנים בעלי דפנות דקות (**איור 1A, שלב 2**). כלי דם אלה חסרים את המבנה הרב-שכבתי שמאפיין כלי דם ברגיל, ולעיתים הם דולפים. בניגוד לכך, אתר הפצע בעור שעובר רגנרציה מְפָתַח פחות כלי דם, וכלי הדם שכן נוצרים הם רב-שכבתיים, ממש כמו כלי דם בעור שאינו פגוע (**איור 1B, שלב 2**). חלק מהמדענים מאמינים כי הבדל זה בהיווצרות כלי דם הוא אחת הסיבות העיקריות לכך שעור אנושי מצטלק, בעוד שעורן של לטאות עובר רגנרציה.

מה קורה כשהלב נפגע?

השריר היחיד בגוף שאינו נח אף פעם הוא הלב. שלא כמו השרירים ברגלינו ובזרועותינו שזוכים לנוח כשאנו ישנים או צופים בטלוויזיה, הלב פועל באופן קבוע, ללא הפסקה, ביום ובלילה. תפקידו של הלב הוא להניע דם ברחבי הגוף. הדם מעביר חמצן וחומרי מזון אל כל אחד מהתאים, ומסיר מהם פחמן דו-חמצני ופסולת. חילוף הגזים וחומרי המזון חיוני לשמירה על הגוף בחיים.

הלב בנוי מסוגים רבים של תאים, אך אלה שמבצעים את מרבית העבודה נקראים **קרדיומיוציטים** [3]. אלה הם מעין מנועים מיקרוסקופיים, ומיליארדים מהם פועלים יחד ליצירת פעולת הפּמּוּם של הלב, אשר מאפשרת לדם להישלח לכל תאי הגוף ואיבריו. בבני אדם וביונקים אחרים, קרדיומיוציטים שנפגעו אינם עוברים רגנרציה (**איור 2A**). לדוגמה, פגיעת לב עלולה להתרחש כאשר מישהו חווה התקף לב. בהתקף לב, כלי הדם בלב

קרדיומיוציטים (Cardiomyocyte)

תאי שריר הממוקמים בלב ואחראים על פעולתו.

נחסמים, ועקב כך הלב אינו מקבל חמצן. הקרדיומיוציטים שמתים מוחלפים על ידי קולגן, מה שיוצר צלקת קבועה. מאחר שצלקות אלה אינן נמתחות ומתכווצות כמו קרדיומיוציטים תקינים, לב מצולק נדרש לעבוד קשה יותר כדי לפמפם דם.

איור 2

לבבות מחלימים. (A) בקרב כל החיות למיניהן הלב מורכב מכמה סוגי תאים, כאשר אלה שאחראים על פעולת פמפום הלב נקראים קרדיומיוציטים (Cardiomyocyte). (B) פגיעה בלב (Injured heart) של לטאה מובילה לאובדן קרדיומיוציטים (אובדן הצבע הוורוד בתחום הקו הצהוב). במהלך הזמן, קרדיומיוציטים מתחלקים (Cardiomyocyte division) מספיק פעמים כדי להחליף את התאים שניזוקו או אבדו (תזרת הצבע הוורוד בתחום הקו הצהוב). אצל יונקים, קרדיומיוציטים אינם יכולים להתחלק לאחר פגיעת לב, ובמקום זאת הם מוחלפים על ידי צלקת קבועה שמורכבת מקולגן.

מקרא:

A:

= Inner layer of the hurt

השכבה הפנימית של הלב

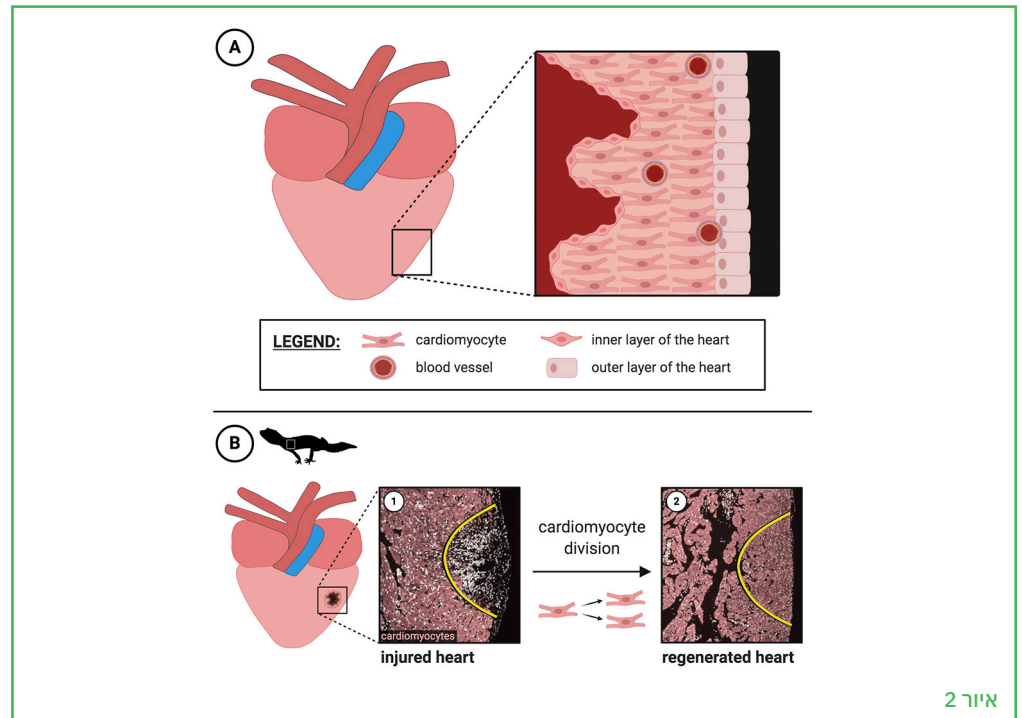
= Outer layer of the hurt

השכבה החיצונית של הלב

B:

לב = Regenerated heart

שעבר התחדשות



איור 2

רגנרציה של לבבות שבורים

אולם, אצל חלק ממיני החיות, שהם בעלי יכולות-על בתחום ההחלמה, אזורים בלב יכולים לעבור רגנרציה, בדומה לעור. במקום ליצור רקמת צלקת, חלק ממיני הדגים והלטאות מסוגלים לבצע רגנרציה של קרדיומיוציטים שניזוקו (איור 2B). במינים אלה, כאשר הלב נפגע, הקרדיומיוציטים הקיימים שלו מתחלקים ויוצרים קרדיומיוציטים חדשים. התאים החדשים שנוצרו מחליפים את אלה שאבדו כתוצאה מהפגיעה. זה מוביל ללב שנראה ממש כמו הלב המקורי, אך חשוב מכך, פועל כמוהו.

מדוע חלק מהחיות טובות יותר בהחלפת קרדיומיוציטים בהשוואה לחיות אחרות? הסיבה לכך היא שלתאים שלהן יש מנגנון שִׁכְפּוּל שיוּדַע לחלק תאים בצורה מוצלחת, וסביבת התא תומכת בחלוקה הזו.

מה לגבי פגיעה במוח?

המוח פועל כמרכז הבקרה של הגוף, ומפקח על האופן שבו אנו חושבים, מרגישים, נעים וזוכרים. נוירונים הם תאים במוח שאחראים על מרבית תפקודי המוח. עבודתם היא לשלוח מידע ממקום אחד במוח למקום אחר. במשך זמן רב חשבו כי כאשר הגוף מסיים לגדול, המוח גם מפסיק לגדול ולהשתנות. כיום אנו יודעים שהמוח ממשיך להשתנות לאורך כל

החיים, ואפילו יכול לייצר תאי מוח חדשים. זה מה שמאפשר לנו ללמוד דברים חדשים ולייצר זיכרונות חדשים. במוח, **תאי גזע** הם המקור לתאי מוח חדשים.

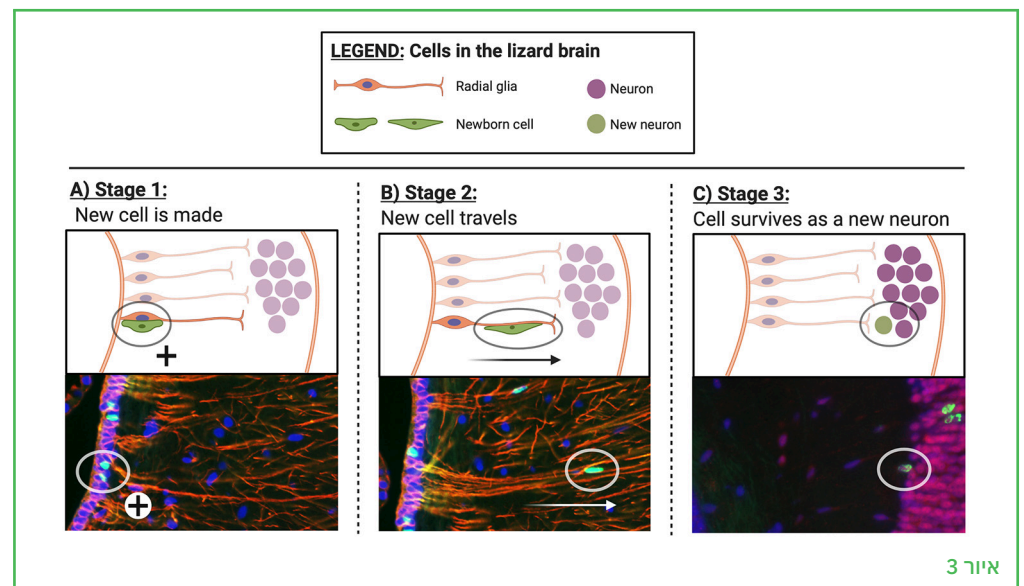
תא גזע (Stem cell)

תא שיכול להתחלק כדי ליצור מגוון סוגי תאים, בעוד שהוא עצמו נשאר כפי שהוא ואינו מתמייין.

אם מוחותינו מסוגלים להשתנות, כמה שינוי מתאפשר? לדוגמה, אם אדם סובל מפגיעה מוחית או ממחלה, האם המוח שלו או שלה יכול להיות מתוקן? אף על פי שלבני אדם וליונקים אחרים יש תאי גזע במוחותיהם, תאים אלה אינם יכולים לסייע רבות במידה והמוח נפגע. כאשר רקמה מוחית אובדת, היא אינה עוברת רגנרציה, מה שמקשה על המוח לתפקד כפי שתפקד קודם. איננו מבינים לגמרי מדוע, אך נדמה כי הסיבה שאנו לא מבצעים רגנרציה לרקמת המוח היא שתאי הגזע שלנו אינם מייצרים נירונים רבים. הנירונים שהם כ/ מייצרים לא תמיד יכולים להגיע לאזורים שבהם הם נדרשים, ואף אם ביכולתם להגיע לשם, הם עשויים שלא לשרוד. התוצאה היא שאין מספיק נירונים שיחליפו את אלה שאבדו.

לטאות יכולות לבצע רגנרציה גם לתאי מוח!

באופן מעניין, חלק מהלטאות מבצעות רגנרציה לנירונים (איור 3). הנירונים החדשים מגיעים לאתר הפגיעה, והם שורדים [1]! מדוע לטאות מסוגלות לבצע רגנרציה לתאי מוח לאחר פגיעה, בעוד שחיות רבות אחרות אינן יכולות לעשות זאת?



אחד ההבדלים הוא סוג תאי הגזע שמצויים אצל לטאות בוגרות, אך לא אצל יונקים בוגרים. תאי הגזע שמייצרים נירונים בלטאות נקראים **תאי גליה רדיאליים** [4]. תאים אלה מצויים ביונקים לפני הלידה, אך נעלמים זמן קצר לאחריה. לטאות שומרות על תאי הגליה הרדיאליים שלהן, גם כמבוגרות. תאי גליה טובים מאוד ביצירת נירונים, ונוסף על כך יש להם שלוחות גדולות שתאי המוח החדשים מטפסים עליהן עד שהם מגיעים ליעדם הסופי. בסופו של דבר, תאי המוח החדשים הופכים לנירונים חדשים שפועלים טוב באותה המידה כמו הנירונים הישנים יותר שסביבם.

איור 3

תאי מוח חדשים. (A) שלב 1

– תא חדש נוצר: סוג תאי הגזע העיקרי במוחן של לטאות הוא תאי גליה רדיאליים. תאים אלה מתחלקים ליצירת נירונים חדשים. (B) שלב 2 – תא חדש נודד: כל נירון חדש עוקב אחרי מסלול ישיר שנוצר על ידי תאי גליה רדיאליים, במטרה להגיע אל יעדו הסופי. (C) שלב 3 – התא שורד כנירון חדש: בהגיעם לשם, הנירונים מתבגרים ושורדים בין הנירונים הבוגרים האחרים במוח. בהשוואה לכך, אצל יונקים, תאי גזע מייצרים פחות נירונים, ואינם טובים דיום בהנחיית הנירונים אל יעדם הסופי.

מקרא – תאים במוח לטאה:

תא = Radial Glia

גליה רדיאלי

תא שזה = Newborn cell

עתה נולד

נירון = Neuron

נירון חדש = New neuron

תאי גליה רדיאליים

(Radial glia)

תאי גזע מתמחים שמייצרים

נירונים חדשים במוח

ובעמוד השדרה.

שיעורים מלטאות

כאשר מדענים מנסים לענות על שאלות קשות במיוחד, התשובות עליהן עשויות להגיע מנושאים בלתי צפויים. לטאות ככל הנראה אינן הדבר הראשון שנחשוב עליו אם נחווה פגיעה בעור, בלב, או במוח. אולם, חקירת סוגי אורגניזמים שונים מאפשרת למדענים להבין טוב יותר את הדרכים שבהן אנו דומים לאורגניזמים אחרים, ואת הדרכים שבהן אנו שונים מהם. לדוגמה, חלק מהחיות מצטלקות, בעוד שאחרות עוברות רגנרציה. אם אנו מבקשים לשפר את האופן שבו בני אדם מחלימים לאחר פגיעה, כיוון נהדר לשאוב ממנו השראה הוא חיות אחרות שמצטיינות בלהבריא את עצמן! בזמן שמדענים ממשיכים לחקור ולהבין טוב יותר את הביולוגיה של רגנרציה, מחקר זה יאפשר לפתח תרפיות וטיפולים שישפרו בריאות אנושית. השיעורים שלמדנו מלטאות עשויים לקדם אותנו צעד נוסף לכיוון הפיכה למחלימי-על בעצמנו!

מקורות

1. Jacyniak, K., McDonald, R. P., and Vickaryous, M. K. 2017. Tail regeneration and other phenomena of wound healing and tissue restoration in lizards. *J. Exp. Biol.* 220:2858–69. doi: 10.1242/jeb.126862
2. Subramaniam, N., Petrik, J. J., and Vickaryous, M. K. 2018. VEGF, FGF-2 and TGF β expression in the normal and regenerating epidermis of geckos: implications for epidermal homeostasis and wound healing in reptiles. *J. Anat.* 232:768–82. doi: 10.1111/joa.12784
3. Jacyniak, K., and Vickaryous, M. K. 2018. Constitutive cardiomyocyte proliferation in the leopard gecko (*Eublepharis macularius*). *J. Morphol.* 279:1355–67. doi: 10.1002/jmor.20850
4. McDonald, R. P., and Vickaryous, M. K. 2018. Evidence for neurogenesis in the medial cortex of the leopard gecko, *Eublepharis macularius*. *Sci. Rep.* 8:9648. doi: 10.1038/s41598-018-27880-6

פורסם אונליין: 27 בנובמבר 2023

נערך על ידי: Michelle Juarez

מנחים מדעיים: Kathryn A Wierenga

ציטוט: Subramaniam N, Jacyniak K, McDonald RP | Vickaryous MK (2023) שיעורים מלטאות: כיצד מחלימי-על בעלי קשקשים יכולים לסייע לבני אדם. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2021.606902-he

תורגם והותאם מ: Subramaniam N, Jacyniak K, McDonald RP and Vickaryous MK (2021) Lessons From Lizards: How Scaly Superhealers Can Help Humans. *Front. Young Minds* 9:606902. doi: 10.3389/frym.2021.606902

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

זכויות יוצרים © 2021 © 2023 Subramaniam, Jacyniak, McDonald | Vickaryous זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). 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.

סוקרים צעירים

NOAH, גיל: 10

היי! קוראים לי Noah. אני בן 10, לומד בכיתה ה'. מאז שהייתי בן שלוש רציתי להיות אסטרונאוט. אני יודע הרבה על אודות חלל; תעופה; מדע והיסטוריה, אוהב לקרוא וללמוד דברים חדשים. אני גם נהנה לשחק עם בני הדודים שלי ועם חברים, ופעיל בסניף הנוער המקומי של EAA-איגוד טיס ניסויי.

הכותבים

NOELINE SUBRAMANIAM

Noeline היא דוקטורנטית שנה ג באוניברסיטת טורונטו, אונטריו, קנדה, שחוקרת אפיונטיקה (חקר שינויים בתפקודם של הגנים, שאינם קשורים בשינויים בדנ"א) וביולוגיה של כלי דם. היא מנסה להבין טוב יותר כיצד ומדוע כלי דם מושפעים במחלה. Noeline החלה את הקריירה האקדמית שלה באוניברסיטת גואלף, שם השלימה תואר שני בביולוגיה רגנרטיבית. באמצעות לטאות מזן שממית מנומרת, זיהתה חלק מהחלבונים הפעילים בסגירת פצע במהלך רגנרציה של העור. Noeline היא מתקשרת מדע פעילה, שחולקת מדע וסיפורים ממסע הדוקטורט שלה באינסטגרם (@thespicyscientist). בזמנה הפנוי, היא נהנית לצייר, לצפות בתוכניות ריאליטי בטלוויזיה ולבלות עם חברה ומשפחתה.

KATHY JACYNIAK

Kathy היא דוקטורנטית שנה ד באוניברסיטת גואלף, אונטריו, קנדה, שחוקרת רגנרציה של הלב בלטאה מזן שממית מנומרת. תחום העניין המחקרי העיקרי שלה הוא הבנת הקשר בין מבנה הלב ותפקודו לפני פגיעה ואחריה. Kathy החלה את מחקרה כסטודנטית לתואר שני באוניברסיטת גואלף, והפרייקט שלה התמקד בזיהוי מאפיינים בלב של שממית המשותפים לחיות שיכולות לבצע רגנרציה ללבבות שלהן. היא מתנדבת בקביעות באירועים של הנגשת מדע, ומתווכת נושאים של בריאות הנפש עבור סטודנטים לתארים מתקדמים בקולג' שלה. בזמנה הפנוי, Kathy נהנית לבלות בטבע.

REBECCA P. MCDONALD

Rebecca היא סטודנטית לוטרניריה שנה ג בקולג' הוטרנירי של אונטריו, קנדה. לפני שהחלה ללמוד וטרניריה, השלימה לימודי תואר שני בחקר תאי גזע במוח של שממית מנומרת. באחד הימים היא מקווה לטפל כוטרנירית בחיות אקזוטיות, כמו לטאות! מוחץ ללימודים, Rebecca נהנית להתנדב עם ציפורים במתחם הציפורים המקומי שלה. היא חולקת את ביתה עם שני כלבים ותוכי.

MATTHEW K. VICKARYOUS

Matt הוא פרופסור חבר במחלקה למדעי הבין-רפואה באוניברסיטת גואלף, אונטריו, קנדה. הוא ביולוג רגנרטיבי המנסה להבין במחקרו מדוע מינים מסוימים מסוגלים להחליף רקמות, בעוד שמינים אחרים לא.



Matt השלים את לימודיו לתואר שני באוניברסיטת קלגרי, קנדה, שם חקר קבוצת דינזאורים שידועה בתור אַנקילוֹזָאורוס. לאחר מכן עבר לאוניברסיטת וֶלְהוּזֶי, הליפקס, קנדה, כדי לחקור תנינים. הוא חזר לקלגרי כפוסט-דוקטורנט, שם החל לחקור רגנרציה בלטאות. מחוץ למעבדה, Matt אוהב לצאת עם משפחתו להרפתקאות במטרה למצוא זוחלים ודו-חיים. *mvickary@uoguelph.ca

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