

לבבות וחסרי לבב בממלכת החיות

Aziza Alibhai¹, Kelly Stanford², Sharon Rutland³, Catrin Sian Rutland^{1*}

¹בית הספר לרפואה וטרינרית, אוניברסיטת נוטינגהאם, נוטינגהאם, בריטניה

²המכון לאנרגיה ולסביבה, אוניברסיטת הול, קינגסטון הול, בריטניה

³מורה ועורכת תוכן עצמאית, דרבי, בריטניה

סוקרים צעירים

BRUNA

גיל: 15



NÍCOLAS

גיל: 11



סילוניות

(Cephalopods)

חיות ללא שלד מרכזי כגון קלמרי, תמנונים ונאוטילוסים (חלזונות ים). לסילוניות יש גוף סימטרי, ראש בולט ומשושים.

כולנו לוקחים את הלב שלנו כמובן מאליו: האיבר המרתק הזה שפועם כל הזמן כדי לפמפם דם בגופנו. זרימת הדם מבטיחה שחמצן, חומרי מזון, הורמונים וחומרי פסולת יגיעו לתאים הנכונים. הלב חיוני לשמירה על בני אדם ועל מרבית החיות בחיים. לבבות הם מעניינים עוד יותר כשאנו בוחנים מה הם עושים, כיצד הם נראים, איך הם פועלים, ומהם נקודות הדמיון וההבדלים בין לבבות של מיני בעלי חיים שונים ברחבי כדור הארץ. האם ליבה של ג'ירפה דומה ללב של בן אדם? אלו חיות שורדות למרות שאין להן לב? האם לב יכול לפעום יותר מ-1,500 פעמים בדקה? מדינוזאורים ועד לחרקים, מבני אדם ועד לכלבים, המאמר הזה סוקר מה שבאמת קורה בפנים, וחוקר את העולם של אנטומיית הלב.

כמה לבבות יש לנו?

אתם ודאי יודעים שלבני אדם ולג'ירפות יש לב אחד, כמו למרבית החיות, אולם לא לכולן. לתמנונים ולקלמרי (חיות שנקראות **סילוניות**) יש שלושה לבבות. שני לבבות מפמפמים דם

לזימים כדי להכניס חמצן, והלב השלישי מפמפם דם ברחבי הגוף (איור 1). תולעים הן גם לא שגרתיות, עם חמישה מבנים שנקראים קשתות אאורטיות ופועלים כלבבות בסיסיים. לדגי המיקסינות יש לב אחד מרכזי ושלוש משאבות נוספות שמסייעות לדם לנוע. נספר לכם גם שלחלק מהחיות אין לב. מדוזות, כוכבי ים ואלמוגים מסתדרים בלעדיו היטב. לכוכבי ים אפילו אין דם, וזה מסביר מדוע לא נדרש להם לב. במקום זאת, הם משתמשים במבנים קטנים דמויי-שיער שנקראים ריסים כדי לדחוף מי ים דרך הגוף שלהם, והם מזקקים חמצן מתוך המים.

בסדרת הטלוויזיה הבריטית 'דוקטור הו' – ישנו הדמיוני Time Lords ולו שני לבבות, אולם זה נדיר מאוד בקרב בני אדם אמיתיים. במקרים חריגים ביותר, לאנשים עם מחלת קרדיומיופתיה יש לב שני המחובר ללב של עצמם על ידי רופאים. הלב הפגום והבריא פועלים יחד כדי לחלוק בנטל. כמו כן לתאומי סיאם, שנולדים מחוברים זה לזה, יכולים להיות שני לבבות באופן טבעי.

לבבות של יונקים ושל ציפורים

לא רק מספר הלבבות יכול להשתנות בין מינים, אלא גם המבנה הבסיסי של האיבר החיוני הזה. לבבות מכילים בעיקר שריר שמתכווץ ומתרפה, מה שגורם לדם לנוע דרך כלי הדם, אל הריאות ובחזרה ואח"כ אל רחבי הגוף (איור 2)¹. כיונקים, יש לנו לב בעל ארבעה חללים: העליות השמאלית והימנית, והחדרים השמאלי והימני. לציפורים וליונקים אחרים גם יש

ללקבלת מידע נוסף על הדם קראו את המאמר "כלי דם מתחת למיקרוסקופ" [1].

עלייה (Atrium)

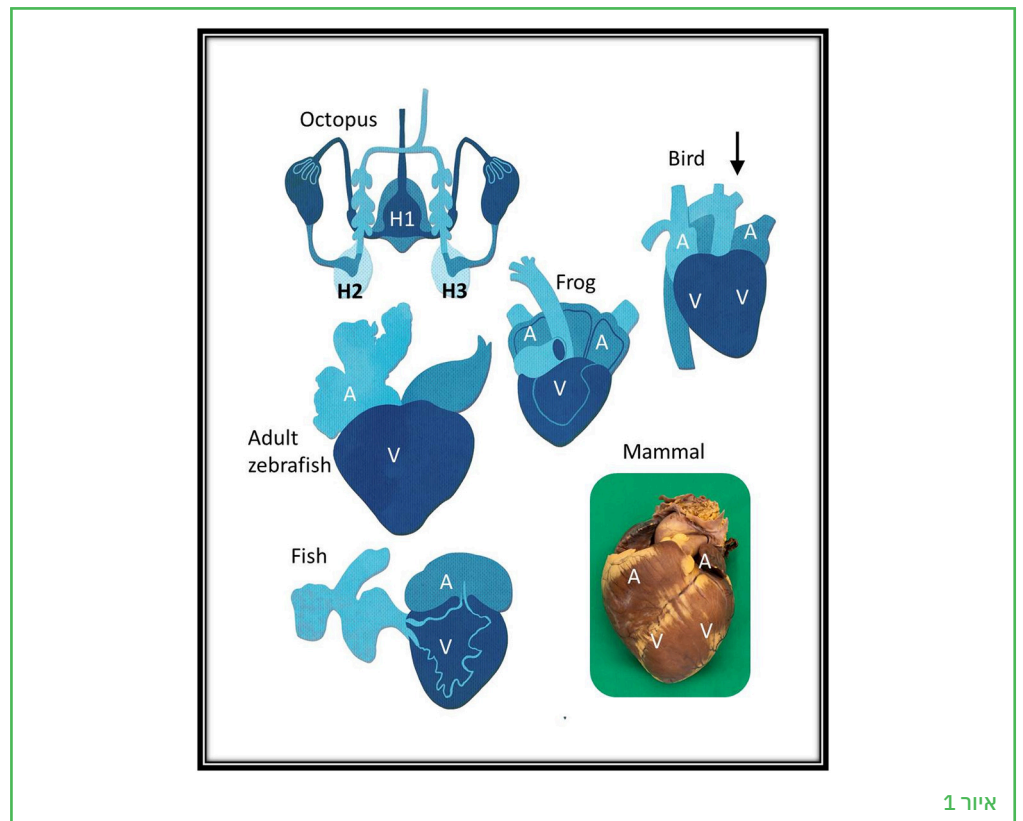
החלל או החללים העליונים של הלב. צורת הרבים היא עליות.

חדר (Ventricle)

החלל או החללים התחתונים של הלב.

איור 1

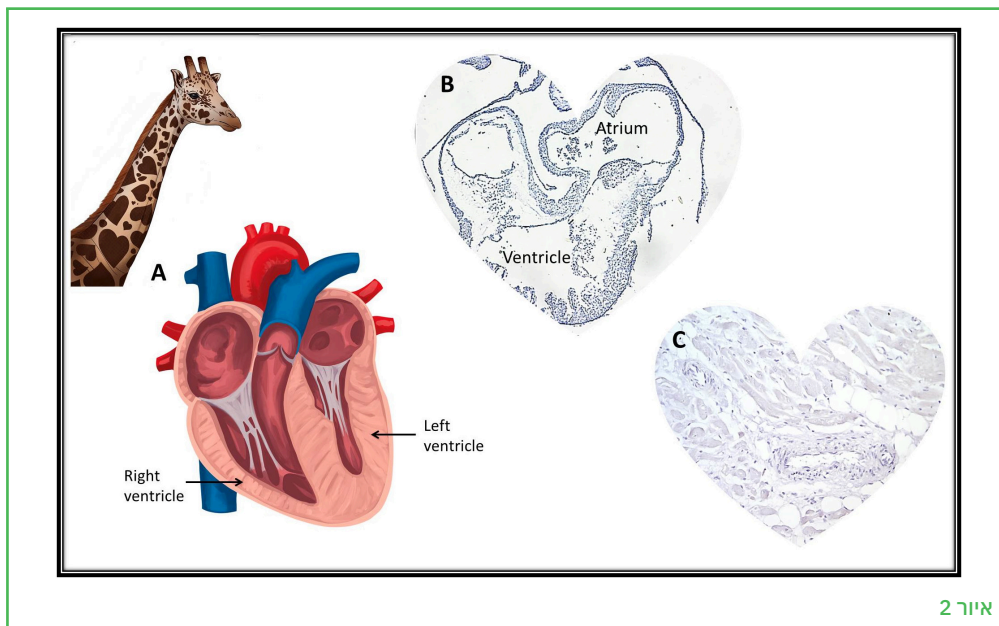
המבנים הבסיסיים של לב של חיות. ללבבות של ציפורים ושל יונקים יש ארבעה חללים (שתי עליות ושני חדרים). לצפרדע, שהיא אמפיבית, יש לב עם שלושה חללים (חדר אחד ושתי עליות), וללבבות של דגים יש שני חללים (עלייה אחת וחדר אחד). מערכת הלב של תמנון כוללת שלושה לבבות – אחד מרכזי (H1) שמפמפם דם לגוף, ושני לבבות נוספים (H2 ו-H3) שמפמפמים דם לזימים. קיצורים: A = atrium, עלייה; V = ventricle, חדר.



איור 1

איור 2

לבבות התעצבו בצורות שונות כדי להתאים לכל חיה. (A) לג'ירפה יש חדר שמאלי גדול מאוד כך ששריר הלב יוכל לפמפם דם לגוף, ולכל הדרך במעלה הצוואר הארוך והראש. החדר הימני של הג'ירפה קטן יותר, מאחר שהוא מפמפם דם לריאות בלבד. תמונות מיקרוסקופיות של שריר הלב של אפרוח (B) ושל כלב (C) מוצגות גם הן. האפרוח צעיר ולכן יש לו רק חדר אחד ועלייה אחת. מאוחר יותר, ליבו של האפרוח יכול ארבעה חללים, עם שתי עליות ושני חדרים.



איור 2

דו-חיים (Amphibian)

חיות עם שלד מרכזי שזקוקות למים או לסביבה רטובה כדי לשרוד. אמפיבים כוללים קרפדות, צפרדעים, סלמנדרות וחסרי גפיים (דו-חיים ללא ידיים או רגליים).

לבבות עם ארבעה חללים. לקבוצות חיות אחרות כמו למשל זוחלים, דו-חיים, דגים וחרקים, יש לבבות שנראים קצת אחרת (איור 1).

לבבות של זוחלים ושל דינוזאורים

ללבבות של זוחלים יש שלושה חללים – שתי עליות וחדר אחד (איור 1). יוצאים מן הכלל הם תנינים, שיש להם לבבות עם ארבעה חללים, ממש כמו יונקים וציפורים. בדופן החדר של התנין ישנו חור, לכן השאלה אם יש לו שלושה או ארבעה חללי לב נתונה לדיון. לעיתים קרובות אנשים תוהים אם דינוזאורים התפתחו מציפורים או מזוחלים. מציאת לב של דינוזאור היא נדירה מאוד, מאחר שלא כמו עצם, הלב הוא רקמה רכה, ולכן היא משתמרת רק לעיתים רחוקות. במקרה אחד בו נמצא מה שנראה כלב מאובן הצביע על כך שלדינוזאור היו ארבעה חללי לב – בדומה לציפורים, ולא לזוחלים. למרבה הצער, הדגימה הזו נחקרה עוד באמצעות טכנולוגיות מדעיות מתקדמות יותר, ונמצא שזו לא הייתה רקמת דינוזאור, לכן עדיין איננו יודעים מספיק על לבבות של דינוזאורים כדי שנוכל לְשַׁעַר מאלה חיות דינוזאורים התפתחו [2].

לבבות של דו-חיים

דו-חיים הם קבוצה מעניינת, מאחר שהלבבות שלהם מגוונים מאוד. היות שהם חיים על היבשה וגם במים, רבים מהם מקבלים חמצן באמצעות ריאותיהם, אולם גם דרך עורם. למרבית הדו-חיים לרבות צפרדעים וקרפדות, יש לבבות בעלי שלושה חללים, עם שתי עליות וחדר אחד (איור 1). אולם לסלמנדרות חסרות-ריאות אין מבנה שנקרא מחיצה המחלק את העלייה לשני חלקים נפרדים, ולכן לחיה זו יש רק עלייה אחת וחדר אחד. ישנם דו-חיים פחות

מוכרים שנראה שיש להם מחיצה בין החדרים, ולכן ייתכן שלדו-חיים עתיקים היו לבבות בעלי ארבעה חללים, כמו ליונקים ולציפורים.

לבבות של דגים ושל חרקים

ללבבות של דגים יש שני חללים – עלייה וחדר (איור 1). לחרקים לעיתים קרובות יש רק צינורית שמפמפמת **המולימפה** (שמו של נוזל שקול לדם אצל חרקים) בחופשיות ברחבי הגוף כולו, עם כלי דם שמסייע להמולימפה לנוע. לג'וקים לעומת זאת יש 13 חללי לב!

כמה גדול ליבכם?

באופן טבעי גדול הלב משתנה בין חיות שונות, שכן לווייתן לא יוכל לשרוד עם לב בגודל ליבו של עכבר. הלב של אדם מבוגר שוקל בסביבות 0.27 קילוגרם. אם תאגרפו את כף ידכם, זהו בקירוב גודל הלב שלכם. לג'ירפה יש לב גדול ששוקל כ-11.8 קילוגרמים, ולווייתן כחול יש לב עצום ששוקל כ-180 קילוגרמים. הלב הקטן ביותר בעולם שייך לחרק מעופף קטן בשם Fairyfly. אורכה של החיה הזעירה הזו הוא כ-0.2 מילימטרים, ונדרש מיקרוסקופ כדי לראות את ליבה.

לבבות מהווים בדרך כלל כ-0.6% ממסת הגוף של החיה. לכלבים ולזאבים יש לבבות יחסית גדולים בהשוואה למשקלם, כ-0.8% ממסת הגוף. אצל חתול לעומת זאת מסת הלב היא רק כ-0.35% ממסת גופו. ליונק הקטן ביותר בעולם, חדף זעיר, יש כנראה הרבה אהבה לחלק! החדף דמוי העכבר שוקל 2 גרם בלבד, ואורכו כ-4 סנטימטרים, אולם ליבו מהווה כ-1.2% ממשקל גופו [3]. מדענים גם מצאו שליבו של החדף יכול להתכווץ במים קרים. הכיווץ הזה מסייע לחדפים לשרוד בתנאי אקלים קשים, על ידי הפחתת כמות המזון שהם צורכים. היונקים הקטנים האלה אוכלים פי שניים ממשקל גופם בכל יום, ולכן כניסה לתרדמת אינה אופציה עבורם. הם ישנים רק לעיתים רחוקות.

קצבי לב מהירים ואיטיים

האופן שבו ליבן של חיות פועל משתנה בין מינים שונים, וכך גם **קצב הלב**, שנמדד במספר פעימות בדקה. באופן כללי, לחיות גדולות יותר יש קצב לב איטי יותר. לחשופיות גדולות יש קצב לב של כ-55 פעימות בדקה, בעוד שאצל מיני חשופית קטנים קצב הלב הוא בסביבות 90 פעימות בדקה. ללווייתנים רבים יש קצבי לב שנעים בין 10 ל-30 פעימות בדקה, לג'ירפות בין 40 ל-90 פעימות בדקה ולחתולים בסביבות 150 פעימות בדקה. בחיות קטנות יותר, המספר גדל: לתרנגולת בוגרת יש קצב לב של 259 פעימות בדקה, לאפרוח – 400 (וידאו 1), ולב של אוגר פועם בקצב של 450 פעימות בדקה. לב החדף הזעיר פועם בקצב של 835 פעימות בדקה, יותר מפי 12 מן אדם. השיא הגבוה ביותר שנרשם אצל חדף היה 1,511 פעימות בדקה – שיא עולמי לחיה בעלת דם חם [3].

המולימפה (Hemolymph)

נוזל, דומה לדם, שיש לחלק מהחיות הפשוטות, אשר מניע חומרי מזון וחמצן ברחבי גופן.

קצב לב (Heart Rate)

מספר הפעמים שהלב פועם בדקה.

וידאו 1 (Video 1)

בשלב מוקדם, כאשר האפרוח גדל בביצה, ניתן לראות את הלב שלו מחוץ לגופו. במהלך הזמן, הלב יזוז אל תוך הגוף. הווידיאו הזה מראה את פעימות הלב של האפרוח כשהוא בן ימים ספורים בלבד. הלב הוא עדיין צינור שמכיל שני חללים, חדר ועלייה, אולם כשהוא גדל הוא בסופו של דבר יכול ארבעה חללים. אתם יכולים לראות את הדם מפמפם דרך חללי הלב.

קצב הלב של אנשים נע בין 60 ל-100 פעימות בדקה, אולם לילדים יש לעיתים קרובות קצב לב גבוה יותר. בגיל חודש, טווח של 70-190 פעימות בדקה הוא נורמלי, בגילאי 3-4 הטווח 80-120 הוא תקין, ובגיל 10 הטווח הרגיל הוא 60-100 פעימות בדקה. עָבָר שגדל ברחם אימו מתחיל עם 80 פעימות בדקה בשבוע החמישי להיריון, עולה ל-155-195 פעימות בדקה בשבוע העשירי להיריון, ויורד ל-130 פעימות בדקה ממש לפני הלידה. מעניין לדעת, שהלב האנושי מתחיל בתור צינורית אצל עָבָר בגיל 19-20 ימים, בדומה למה שמתרחש אצל דגים, אולם בהדרגה הלב מסתובב, מתפתח ונפרד לארבעה חללים במהלך ששת השבועות הבאים.

פעילות גופנית, טמפרטורה ותרדמת משנים את קצב הלב

קצב הלב משתנה אצל מרבית החיות שעושות פעילות גופנית. ג'ירפות רצות יכולות להגיע ל-170 פעימות בדקה, ובני אדם יכולים להגיע ל-220 פעימות בדקה (אם כי זה לא אידיאלי להגיע לקצב הזה). קצב ליבו של תנין ב-10 מעלות צלזיוס הוא 1-8 פעימות בדקה, ב-28 מעלות כ-24-40 פעימות בדקה, וכשהוא נמצא בטמפרטורה של יותר מ-40 מעלות, הלב יכול להינזק. ציפורי סִיסִיס נמניכות את קצב הלב שלהן כשהן מקננות, כדי להימנע מרעב. חיות שנכנסות לתרדמת יכולות גם הן להפחית את קצב ליבן. ליבם של דובי גריזלי בדרך כלל פועם בקצב של 84 פעימות בדקה, ויורד ל-19 פעימות בדקה בזמן תרדמת – ליבו של אדם היה מפסיק לפעול אם היה מגיע לקצב נמוך כל כך. רגשות כמו פחד, אהבה והתרגשות, כמו גם רמות של הורמונים, מחלות, רמות חמצן וגורמים אחרים בתוך הגוף ומחוצה לו יכולים לשנות את קצב הלב.

איך מתקנים לב שבור

במאמר פרונטירז הקודם שלנו, "איך מתקנים לב שבור", בחנו תיקון של לבבות כושלים [4, 5]. לדג הזברה יש יכולת חשובה מאוד – לגדול מחדש, ולכן אם הוא נפגע או שיש בעיה בליבו, לעיתים קרובות הוא יכול לשקם את עצמו. גופם של בני אדם הוא נהדר, ומנסה כל הזמן להחליף תאי לב ולתקן את רקמת הלב, אך דג הזברה הוא מקצוען אמיתי במה שקשור לתיקון של לב שבור.

מסקנות

במאמר זה התבוננו על חלק מנקודות הדמיון והשוני בין לבבות של מינים שונים. ליונקים ולציפורים יש לבבות דומים מאוד כתוצאה מקרבה אבולוציונית, בעוד שאצל זוחלים, דגים, חרקים וחיות אחרות התפתחו לבבות מעט שונים מאלה של יונקים. הסביבה בתוך כל חיה ומחוצה לה מסייעת לשלוט במבנה הלב ובתפקודו, אולם בחירות של אורח חיים, כמו למשל פעילות גופנית ותזונה, יכולות להשפיע מאוד על בריאות ליבכם. הלבבות של חבריכם דומים יותר לשלכם מאשר ללבבות של ג'ירפות, צפרדעים או עכבישים למשל, אולם ליבו של כל אדם הוא ייחודי. ליבכם מסתגל כל הזמן לנסיבות שבהן אתם נמצאים, ומגיב למזון,

לפעילות גופנית, לרגשות ולמחלות. שלא כמו קלמרי, יש לכם רק לב אחד, והוא יפעם כ-2.21 מיליארד פעמים בחייכם, אז כדאי לשמור עליו בריא.

תודות

המחברות רוצות להודות לסוקרים הצעירים שלנו, Erin ו-Joshua למשפחת Rutland. חלק מהעבודה הזו התאפשר הודות למימון מהחברה לאנטומיה עם מענק Public Engagement and Outreach ל-Catrin שכותרתו "Anatomy for ALL—Making Anatomy Accessible". אנו רוצות להודות גם לאיגוד המדע הבריטי ולאוניברסיטת נוטינגהאם על שזיכו את Catrin במלגת BSA Media Fellowship 2019.

מקורות

1. Machado, M., Mitchell, C., Franklin, J., Thorpe, A., and Rutland, C. S. 2020. Blood vessels under the microscope. *Front. Young Minds* 8:151. doi: 10.3389/frym.2019.00151
2. Cleland, T., Stoskopf, M., and Schweitzer, M. 2011. Histological, chemical, and morphological reexamination of the "heart" of a small Late Cretaceous Thescelosaurus. *Naturwissenschaften*. 98:203–11. doi: 10.1007/s00114-010-0760-1
3. Jurgens, K. D., Fons, R., Peters, T., and Sender, S. 1996. Heart and respiratory rates and their significance for convective oxygen transport rates in the smallest mammal, the Etruscan shrew *Suncus etruscus*. *J. Exp. Biol.* 199:2579–84.
4. Clark, N., Alibhai, A., and Rutland, C. S. 2018. Mending a broken heart—the genetics of heart disease. *Front. Young Minds* 6:19. doi: 10.3389/frym.2018.00019
5. Simpson, S., Rutland, P., and Rutland, C. S. 2017. Genomic insights into cardiomyopathies: a comparative cross-species review. *Vet. Sci.* 4:19. doi: 10.3390/vetsci4010019

פורסם אונליין: 30 בנובמבר 2022

נערך על ידי: Vitor Engracia Valenti

מנחים מדעיים: Cicero Benjamim and Rodrigo Raimundo

ציטוט: Alibhai A, Stanford K, Rutland S and Rutland CS (2022) לבבות וחסרי לבב בממלכת החיות Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2020.540440-he

תורגם והותאם מ: Alibhai A, Stanford K, Rutland S and Rutland CS (2020) Hearts, and the Heartless, in the Animal Kingdom. *Front. Young Minds* 8:540440. doi: 10.3389/frym.2020.540440

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

Alibhai, Stanford, Rutland and Rutland 2022 © 2020 © **COPYRIGHT** שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחבר(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

BRUNA, גיל: 15

היא, קוראים ל' Bruna ואני גרה בסאו פאולו.



NÍCOLAS, גיל: 11

ילד עליו שאוהב לשחק כדורסל ולבלות עם משפחתו.

הכותבות

AZIZA ALIBHAI

אני מדענית חוקרת באוניברסיטת נוטינגהאם. תחום המחקר העיקרי שלי הוא ביולוגיה של הלב וכלי הדם, ואני מסייעת ללמד סטודנטים באוניברסיטה איך להפוך למנתחים וטרינרים ולמדענים. כשאני עובדת, אני עוסקת בפעילות קהילתית והתנדבותית רבה, ואני אוהבת לבלות עם משפחתי, כולל שני נכדיי. יש לי שלושה ילדים. הצעיר מביניהם סיים עכשיו בית ספר, ושני המבוגרים סיימו את התארים שלהם באוניברסיטה.



KELLY STANFORD

אני מתקשרת מדע ואומנית במנצ'סטר, שכיום חוקרת כיצד אומנות ומשחקים יכולים לשמש ככלים להנגשת מדע, כחלק מתואר שני באוניברסיטת הול. עבדתי בשיתוף פעולה עם חוקרים בכל רחבי העולם, ויצרתי פרויקטים רב-תחומיים שמשמשים לתקשר מדע לציבור במטרה לעורר השראה באנשים להיות מעורבים במקצועות STEM (מדע, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה).



SHARON RUTLAND

אני מורה ולימדתי אנשים צעירים במשך יותר מ-20 שנים. אני גם מגייה ועורכת תוכן מקצועית, ולאחרונה כתבתי את נובלת הילדים הראשונה שלי. יש לי שני ילדים, Erin ו-Joshua, שאוהבים ללמוד על חיות ועל מדע. בזמני הפנוי, אני נהנית לשחק טניס כדי לשמור על הלב שלי בריא ובכושר, והתשוקה שלי לתיאטרון ולמשחק שומרת על הלב שלי פועם במהרה, במיוחד בערבי השקה.



**CATRIN SIAN RUTLAND**

אני פרופסורית לאנטומיה וגנטיקה התפתחותית באוניברסיטת נוטינגהאם, וחברה באיגוד מדיית המדע הבריטי לשנת 2019. אני מובילה קבוצת מדענים שחוקרת מדוע אנשים וחיות סובלים מלקויות בלב ובכלי הדם, ומחפשת שיטות לאתר לקויות אלה, למנוע אותן ולטפל בהן. כשאיני עובדת, אני אוהבת לטייל ברחבי העולם, לבקר במוזיאונים ולכתוב סיפורת מדע. החבר שלי אנדרו ואני יוצאים לרוץ כדי לשמור על הלבבות שלנו בריאים. *catrin.rutland@nottingham.ac.uk

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