

איך מתקנים לב שבור: גְּנֵטִיקָה של מחלות לב

Natasha Clark, Aziza Alibhai, Catrin Sian Rutland*

הפקולטה לרפואה ומדעי הבריאות, בית הספר לווטרנריה ומדעי הווטרנריה, אוניברסיטת נוטינגהם, לואובורו, בריטניה

סוקרים צעירים

KATJA

גיל: 16



OLIVER

גיל: 13



מחלות לב הן בין הגורמים החשובים ביותר לבעיות בריאות בכל העולם. יש סוגים רבים ושונים של מחלות לב, אבל אחת הנפוצות ביותר, שיש לה גם השפעות לוואי רבות, נקראת קרדיומיופתיה. אנחנו יודעים שהיא פוגעת בבני אדם וביונקים רבים אחרים, כולל כלבים. ב"קרדיומיופתיה מורחבת" צורת הלב משתנה, ובמקרים רבים האותות החשמליים שנשלחים בתוכו משתנים אף הם. כתוצאה מכך, הלב לא מצליח להזרים היטב את הדם אל חלקי הגוף השונים, והם אינם מקבלים את כל החמצן וחומרי התזונה הדרושים. בעיה זו יכולה להשפיע על חיי היומיום ואף לגרום למוות מוקדם. חשוב מאוד להבין את הגורמים לקרדיומיופתיה ולזהות את המוטציות הגנטיות הגורמות לה: בעזרת המידע הזה נוכל לאבחן את המחלה, לטפל בה וגם למנוע אותה. כך נוכל לנסות לתקן "לבבות שבורים" שהתפקוד שלהם נפגע. במחקר שלנו גילינו אצל כלבים עם קרדיומיופתיה מוטציות גנטיות הקשורות לשינויים בתפקוד הלב שלהם.

הלב

הלב מזרים את הדם אל הריאות, שם חוזר אליו חמצן. הדם המחומצן שב אל הלב, והפעם הוא מזרים אותו אל כל חלקי הגוף. התהליך הזה חיוני, כי הוא מביא חמצן וחומרי תזונה לכל תא בגוף ומסלק ממנו פסולת, כולל פחמן דו חמצני. בלב יש שני חדרים ושתי עליות. הדם נכנס אליהם, והם מתכווצים ודוחפים אותו אל כלי הדם. בני האדם מודעים לחשיבות הלב כבר אלפי שנים. הפילוסוף היווני המפורסם אריסטו, שנולד לפני 2402 שנה, הכריז שזהו האיבר

החשוב ביותר בגוף. גם הפילוסוף אפלטון והרופא הדגול היפוקרטס, שחיו גם הם ביוון באותה תקופה, הבחינו שהלב משחק תפקיד חשוב בזרימת הדם בגוף.

הלב גם נחשב לסמל משמעותי של רגש, כבר אלפי שנים ובמקומות רבים בעולם. בתרבויות ובדתות שונות רואים בו סמל לאהבה, את משכן הנשמה, ואת מקור הרגשות וההיגיון. הסמליות והחשיבות האלה קיימות ביהדות, בנצרות, באסלאם, בהינדואיזם, ובעוד דתות רבות אחרות. בתרבות הרומית ובתרבות האצטקית הקדומה, ברפואה הסינית המודרנית, בציורי קופידון ובכרטיסי ברכה ליום האהבה, הלב חוזר ומופיע כסמל מיוחד מאוד. כמה פעמים ביום אנחנו רואים אותו באימוג'י? לכל אורך ההיסטוריה האנושית ובכל מקום בעולם, הוא נחשב תמיד לאיבר חיוני ולסמל של רגש.

איך נשברים לבבות?

כששומעים את המילים "לב שבור" חושבים בדרך כלל על אדם שאיבד מישהו או משהו אהוב. קיים מצב רפואי אמיתי שנקרא "תסמונת הלב השבור", או בשמות הנוספים "טקוֹטְסוֹבו" או "קֶרְדִּיּוֹמִיּוֹפְתִיָה בעקבות עקה". זוהי בעיית לב זמנית ונדירה, אך חמורה. במקרים רבים היא נעלמת מעצמה תוך כמה ימים או שבועות. "תסמונת הלב השבור" נגרמת לפעמים בגלל צער גדול, אבל לפעמים גם בגלל הלם, עקה, ואפילו אושר עז ופתאומי. זוהי אחת מכמה בעיות לב שונות הנקראות בשם הכולל "קֶרְדִּיּוֹמִיּוֹפְתִיָה" (בעברית: חולי שריר הלב), המשפיעות על בני אדם ובעלי חיים אחרים. הסוגים הנפוצים ביותר של קרדיומיופתיה הם: 1. קרדיומיופתיה היפרטרופית/מעובה; 2. קרדיומיופתיה מורחבת; 3. קרדיומיופתיה מגבילה [1].

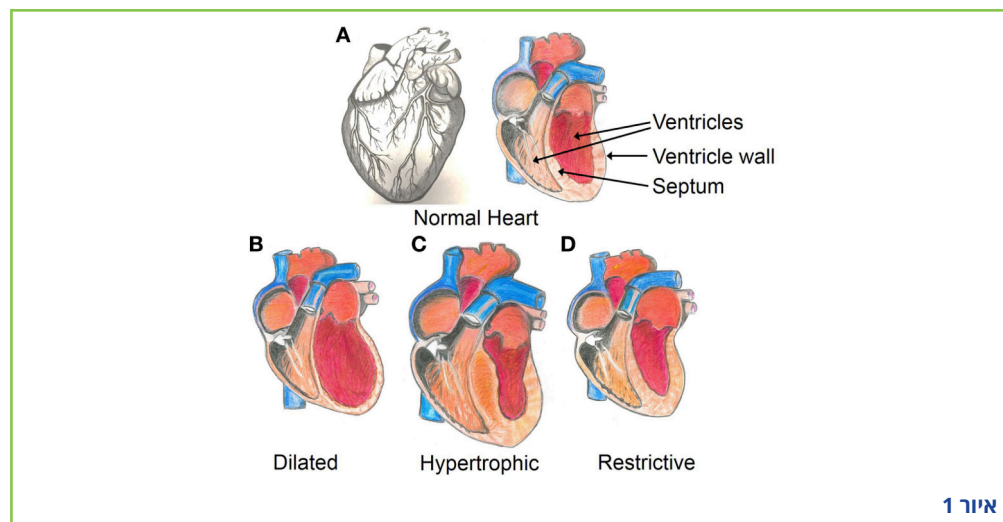
למרבה הצער, לא כל הבעיות האלה נעלמות מעצמן, ורובן לא נגרמות על-ידי רגשות. קרדיומיופתיה גורמת לפעמים ללב לשנות צורה או גודל (איור 1), או אפילו משבשת את פעימות הלב על-ידי שינוי האותות החשמליים בלב. לפעמים קרדיומיופתיה כלל לא משפיעה על חיי החולים בה, וחלקם אפילו לא יודעים שיש להם בעיות לב, אך לפעמים היא מופיעה כמחלה חמורה. היא עלולה להיות מסוכנת מאוד ולגרום נזקים ללב, ואפילו למוות, אם הוא מפסיק לפעום. קרדיומיופתיה מופיעה אצל אדם אחד מתוך 500 בערך, אבל אצל בעלי חיים מסוימים היא הרבה יותר שכיחה. יש גזעים מסוימים של כלבים שמחצית מהם סובלים ממנה! צוות המחקר שלי רוצה להבין מה גורם לקרדיומיופתיה. אנחנו חוקרים מחלות לב באמצעות גנים, שהם הקוד (צופן) הנמצא ברוב תאי הגוף וקובע איך הוא פועל.

הצופן הסודי מאחורי מחלות לב

כדי לשמור על בריאות הלב כדאי לכולנו להשתדל להיות פעילים, לשמור על כושר, לאכול מזון בריא, ולהמעיט במזון שומני, אלכוהול, סמים ועישון. תנאים כאלה עוזרים ללב לתפקד בצורה מיטבית. למרבה הצער, גם הגנים שירשנו משפיעים על סיכוינו לפתח קרדיומיופתיה. גנים הם צופן החיים הנמצא בכל הצמחים, החיות, בני האדם ושאר האורגניזמים. הם קיימים כמעט בכל תא בגוף, ומאפשרים לו לבצע את כל המשימות הדרושות לחיים ולבריאות טובה. צבע העיניים שלכם, צבע השיער (למי שלא צובע), הגובה, ואפילו הבריאות – כולם נקבעים במידה זו או אחרת על-ידי הגנים שירשתם. מובן שיש השפעה גם לגורמים אחרים, כמו תזונה,

איור 1

A. אנטומיה של לב בריא ונורמלי, במבט מבחוץ (שמאל) ומבפנים (ימין). אפשר לראות את החדרים בחלק התחתון של הלב, ואת המחיצה המפרידה בין החדר השמאלי לימני. באיורים הבאים מודגמים סוגים שונים של קרדיומיופטיה. **B.** בקרדיומיופטיה מורחבת, חדרי הלב גדלים ודפנותיהם נעשות דקות יותר. **C.** בקרדיומיופטיה היפרטרופית (מעובה), הדפנות ו/או המחיצה מתעבות ומתקשות, ולפעמים כל הלב גדל. **D.** בקרדיומיופטיה מגבילה, דפנות החדרים מתקשות, אבל לא תמיד מתעבות.



איור 1

כימיקלים וסביבה; אבל הדנ"א (שממנו מורכבים הגנים) הוא הקוד הגנטי הנסתר שהופך אותנו למי שאנחנו.

הידעתם שלכם ולבננה יש הרבה במשותף? יותר מ-60% מהדנ"א שלנו זהה לזה של בננה; החשופית שראיתם בגינה חולקת איתכם 70% מהדנ"א, והשימפנזה – 95%-96%. כל בני האדם שונים קצת זה מזה. לתאומים זהים יש בתחילה גם קוד גנטי זהה, אבל אפילו אצלם יש לפעמים **מוטציות** במהלך החיים. את הדנ"א שלכם ירשתם באופן שווה משני ההורים. האם ידעתם שהוא זהה בכ-99.9% לדנ"א של שאר האנשים על פני כדור הארץ? אתם כמעט זהים לאלברט איינשטיין, לחולין פרנקלין (הראשונה שצילמה את מבנה הדנ"א), לסטיבן הוקינג, ואפילו לזמרת או לאסטרונוטית החביבה עליכם.

מה זה קוד דנ"א?

קוד הדנ"א הוא די פשוט. הוא מורכב מארבעה סוגי מולקולות הנקראות "בסיסים". הבסיסים הם אָדנין (מסומן באות A), ציטוזין (C), גואנין (G) ותימין (T), והם מתחברים זה לזה בזוגות: T עם A, G עם C (איור 2). הזוגות מסתדרים בשורות ויוצרים גֵּנים. לבני אדם יש כשלושה מיליארד זוגות של בסיסים כאלה, וכולם יחד נקראים **הגֵנום** האנושי. שרשרת ארוכה של גנים נקראת כרומוזום. לבני אדם יש 46 כרומוזומים, ויש בעלי חיים שאצלם המספר שונה. הכרומוזומים נמצאים בתוך גרעיני התאים של גופנו. כ-20,000 הגֵנים הם ההוראות ליצירת **חלבונים** שבאמצעותם הגוף מתפקד. אם הקוד הגנטי משתנה – תופעה שנקראת **מוטציה** (איור 3) – גם החלבונים שמויצרים לפי הקוד הזה עשויים להשתנות, או לא להיווצר כלל. כתוצאה מכך, הגוף עשוי לתפקד בצורה שונה, או לא לתפקד כלל. מוטציות יכולות לעבור בירושה, או לקרות באופן ספונטני בתוך התאים.

יש ספרים וסרטים, כמו "א קס-מן", שבהם מוטציות של דנ"א נותנות לאנשים כוחות-על מופלאים, כמו היכולת לקרוא מחשבות, לשנות צורה או לעוף – או סתם משנות את צבע העור שלהם לכחול. במציאות, מוטציה עשויה פשוט לגרום לשיער שלכם להיות בלונדיני במקום חום, למשל, וזו מן הסתם לא בעיה. מוטציה בלתי-מזיקה מסוג זה, אם היא נמצאת אצל לפחות אחוז

מוטציה

(Mutation)

שינוי ברצף הדנ"א, היוצר אצל אורגניזם מסוים קוד גנטי שונה מהקוד של אורגניזמים אחרים מאותו מין.

גֵנום

(Genome)

כל הדנ"א הנמצא באורגניזם מסוים (למשל צמח, חיה, או בקטריה). הוא כולל גם את הגֵנים וגם סוגים אחרים של דנ"א שאינם משמשים ליצירת חלבונים.

חלבון

(Protein)

לפי קוד הדנ"א מיוצרות מולקולות הנקראות חלבונים. מהם עשויים כל האברים והרקמות בגוף.

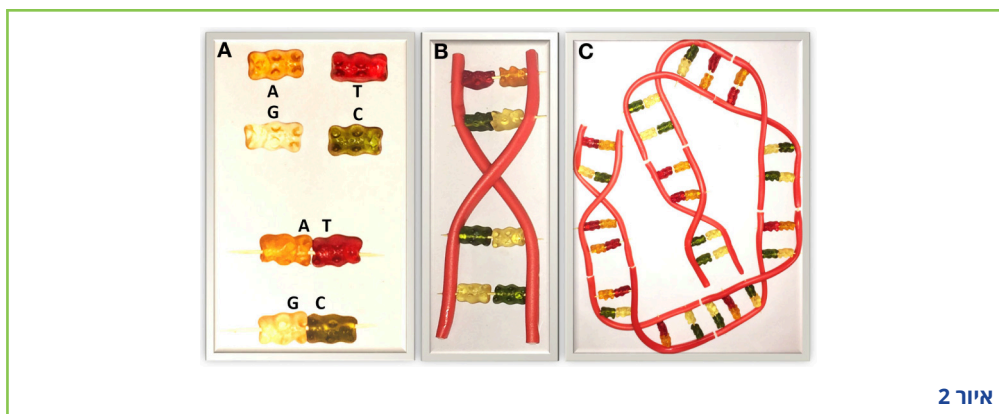
דנ"א

(DNA)

הקוד הגנטי שבתוך תאי הגוף, המורכב מארבעת הבסיסים אָדנין (A), ציטוזין (C), גואנין (G) ותימין (T).

איור 2

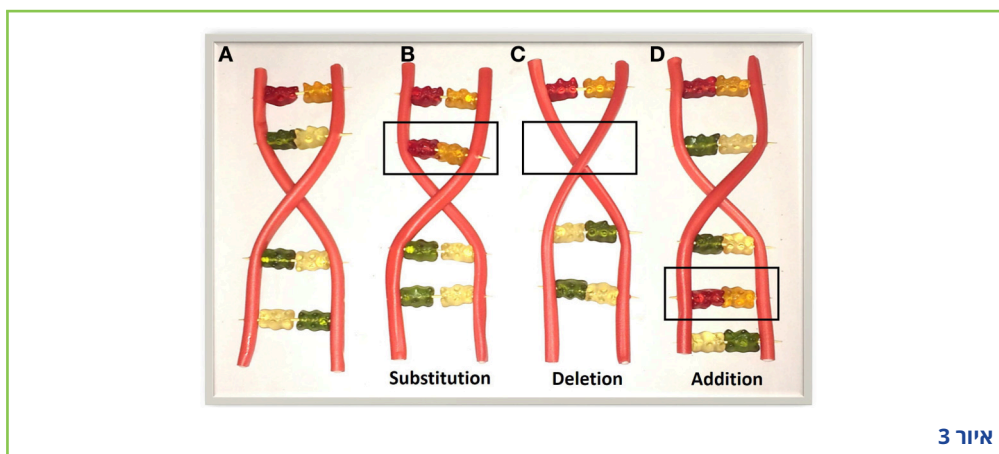
מבנה של דנ"א, מודגם בעזרת דובוני גומי ונחשי גומי **A**. ארבעת הבסיסים מהם מורכב הדנ"א: אַדנין (A), ציטוזין (C), גואנין (G) ותימין (T). כאן מסמלים אותם דובוני גומי בצבעים שונים. **B**. הבסיסים מסתדרים בזוגות על מבנה הנקרא "שדרה" (שמופיע כאן בתור נחש גומי), וכך נוצר מבנה של סליל כפול. הבסיס T נקשר ל-A, והבסיס G נקשר ל-C. סדרה של כמה זוגות כאלה היא גן. **C**. כרומוזום הוא סדרה ארוכה של גנים.



איור 2

איור 3

דוגמאות למוטציות של דנ"א, מודגמות בעזרת דובוני נחשי גומי **A**. רצף פשוט של דנ"א. **B**. הרצף השתנה כשזוג הבסיסים G+C הוחלף בזוג T+A. מוטציה כזו נקראת "החלפה". **C**. רצף הדנ"א איבד זוג בסיסים. מוטציה כזו נקראת "החסרה". **D**. זוג בסיסים נוסף לרצף. מוטציה כזו נקראת "הוספה". לפעמים יש ברצף אחד של דנ"א יותר מהחלפה, החסרה או הוספה אחת.



איור 3

פולימורפיזם/רב-צורתיות (Polymorphism)

כל מוטציה הנמצאת אצל אחוז אחד או יותר מהאוכלוסייה.

אחד מהאוכלוסיה, נקראת **פולימורפיזם (רב-צורתיות)**. אבל יש מוטציות הגורמות לבעיה או לתסמונת רפואית. תסמונת דאון, CF וסוגים שונים של סרטן, למשל, נגרמים בגלל מוטציות בגנים רבים ושונים. עד כה זוהו יותר מ-6000 סוגים של בעיות גנטיות כאלה, והמספר הולך וגדל. כיום ידוע שמוטציות בגנים רבים יכולות לגרום לקרדיומיופתיה, ואנחנו ממשיכים לחפש מוטציות נוספות.

מחבואים: לחפש מחלות בין שישה מיליארד בסיסים

לא קל לערוך חיפושים בין שישה מיליארד בסיסי הדנ"א בגנום. "פרויקט הגנום האנושי" היה הפרויקט הביולוגי השיתופי הגדול ביותר בעולם, בו השתתפו מדענים מארה"ב, בריטניה, צרפת, אוסטרליה, סין וישראל, בין השאר. המיזם היה חשוב עד כדי כך שהנשיא האמריקאי קלינטון וראש ממשלת בריטניה בלייר הכריזו יחד על השלמת השלב הראשוני שלו, בחודש יוני 2000. חוקרים ברחבי העולם ממשיכים לעבוד במרץ כדי להבין מה השפעתם של כל גן וכל מוטציה. זוהי משימה מורכבת מאוד, כי לכל גן יכולים להיות תפקידים רבים ולכל מוטציה יכולות להיות תוצאות רבות, והן אפילו יכולות להופיע בזמנים שונים.

הקוד הבסיסי של הדנ"א הוא אמנם פשוט, אבל צירוף הגנים המסוים שכל אדם נולד איתו, והאופן שבו הגנים מתבטאים, מסובכים מאוד לפעמים. יש תכונות ופגמים של גנים שנוטים יותר להתבטא (כלומר, להופיע אצל האדם באופן שאפשר להבחין בו). למשל, צבע עיניים

חום הוא דומיננטי וצבע עיניים כחול לא, כך שאם יש לכם גנים של שני הצבעים, יתבטא אצלכם הגן של הצבע החום, ויהיו לכם עיניים חומות. לתכונות גנטיות אחרות יש סיכוי שווה להופיע, ולפעמים שתייהן אפילו מופיעות יחד. למשל, אם מכליאים צמח קמליה שפרחיו אדומים עם צמח קמליה שפרחיו לבנים, מקבלים צמחים שמצמיחים גם פרחים אדומים וגם לבנים (הצבעים אינם מתערבבים לוורוד). יש תכונות שמתבטאות רק אם **בשני** גנים יש קודים מסוימים. באחד המחקרים שלנו הצלחנו להראות שקודים מסוימים מגדילים מאוד את הסיכון לקרדיומיופתיה אצל כלב אם הם נמצאים **בכמה** מהגנים שלו [2]. כלומר, הנטייה לחלות במחלות לב נקבעת לא רק על-ידי גן אחד או מוטציה אחת. מחקרים כבר הוכיחו בעבר שמוטציות בגנים רבים ושונים יכולות לגרום לאותה המחלה; אנחנו הוכחנו שגם צירופים של גנים משפיעים מאוד על הסיכון לסבול מקרדיומיופתיה [2].

מוטציות, כלבים וקרדיופתיה

ערכנו מחקר בינלאומי כדי לענות על שלוש שאלות: 1. מהם הגנים המעורבים בקרדיומיופתיה? 2. איזה מוטציות בגנים האלה עשויות להיות קשורות למחלה? 3. אם יש לכלב מסוים שתי מוטציות כאלה או יותר, האם זה משפיע על סיכויי לחלות בקרדיומיופתיה? יש גזעים של כלבים שאצלם המחלה נפוצה מאוד – בגזעים מסוימים, עד 50% מהכלבים לוקים בה [3, 4]. כבר ידוע לנו על מוטציות במעל לחמישים מיקומים בכרומוזומים העלולות לגרום לקרדיומיופתיה מורחבת בבני אדם, אבל יש עוד מוטציות שצריך לגלות אצל בני אדם – ומעט מאוד מחקרים בנושא עסקו בכלבים. אנו יודעים שאצל כלבים מגזע וולפהאונד אירי, המחלה נפוצה מאוד, ותוחלת החיים שלהם נמוכה מאוד: הם חיים בממוצע רק 7.04 שנים. מבין כ-200 גזעי כלבים, רק 14 חיים זמן קצר יותר מהוולפהאונד האירי – כלומר, לקרדיומיופתיה יש השפעה קשה על כלבים אלה.

כדי לחקור את הגנים שלהם ולענות על שאלות המחקר, ביקשנו מבעלי כלבים כאלה לקחת דגימת דנ"א מהפה של כלביהם בעזרת מקלון מיוחד. במעבדה מיצינו את הדנ"א מהתאים. בדקנו את הרקע הרפואי של כל כלב ואבחנו אם יש לו קרדיומיופתיה. כלבים רבים מגזע וולפהאונד אירי סובלים גם מבעיית לב בשם "פרפור פרוזודורים", וביררנו גם אצל מי מהם יש בעיה כזו. לבסוף סיווגנו את 379 הכלבים הנבדקים לארבע קבוצות: 1. כלבים בריאים ללא בעיות לב; 2. קרדיומיופתיה מורחבת בלבד; 3. פרפור פרוזודורים בלבד; 4. קרדיומיופתיה מורחבת **וגם** פרפור פרוזודורים. זה היה המחקר הגנטי הנרחב ביותר בעולם שעסק בכלבי וולפהאונד אירי. חילקנו את הזכרים והנקבות לקטגוריות נפרדות, כי למגדר יש לפעמים תפקיד חשוב במחלות גנטיות. אחר כך התחלנו את המצוד אחר מוטציות. חיפשנו מוטציות של בסיס אחד, בחמישה מיקומים בכרומוזום. השתמשנו בטכניקות מעבדה הנקראות **תגובת שרשרת פולימראז (PCR) ומיפוי גנטי באמצעות מקטעי הגבלה**. הצוות כלל וטרינרים המתמחים בבעיות לב, ומדענים מומחים לגנטיקה. אחרי שנים רבות, אינספור בדיקות קליניות (כדי לקבוע לאלה כלבים יש מחלת לב), ניסויי מעבדה רבים לניתוח הדנ"א, וחישובים ביולוגיים, היו בידינו סוף סוף תוצאות [5].

גילינו ש-80.5% מהכלבים שסבלו מקרדיומיופתיה סבלו גם מפרפור פרוזודורים. לא היה הבדל בין אחוז הזכרים ואחוז הנקבות שהתגלו אצלם בעיות לב, אבל אצל הזכרים, תסמיני המחלה הופיעו בדרך כלל בגיל הרבה יותר צעיר. 80% מהכלבים הזכרים שקלו אובחנו לפני גיל 6.5,

תגובת שרשרת

פולימראז

(Polymerase Chain Reaction – PCR)

שיטת מעבדה ליצירת עותקים של דנ"א, במטרה לבדוק את הבסיסים ברצף ולזהות מוטציות.

מיפוי גנטי באמצעות

מקטעי הגבלה

(Restriction-fragment genotyping)

בשיטה זו מפרקים את הדנ"א למקטעים בעזרת אנזימים, וממיינים את המקטעים לפי אורך. זו הייתה שיטת עבודה חשובה בפרויקט מיפוי הגנום האנושי, והיא משמשת גם לבדיקות אבהות ובדיקות גנטיות אחרות.

אבל אצל הנקבות שיעור התחלואה הגיע ל-80% רק בגיל 8.5 שנים. זיהינו גם שלוש מוטציות שכל אחת מהן בנפרד מגדילה מאוד את הסיכון שהכלב יחלה בקרדיומיופתיה מורחבת ו/או בפרפור פרוזדורים. ההשפעה תלויה גם בסוג המוטציה. התברר שמוטציות שונות קשורות לרמת סיכון שונה לחלות במחלות אלה. כלבים עם שילוב של כמה מוטציות היו בסיכון גבוה עוד יותר. הצלחנו להראות אלה מהמוטציות בעייתיות במיוחד. למשל, לכלבים עם צירופים מסוימים של גנים היה 100% סיכון לחלות, אבל היו צירופים שגרמו לרמת סיכון נמוכה בלבד: רק 25% מכלבים אלה חלו בקרדיומיופתיה ו/או בפרפור פרוזדורים.

העתיד

גנטיקה היא תחום מלהיב הצופן תגליות רבות. אפשר להשתמש בידע גנטי לא רק כדי לשפר יבולים, לגלות זהות של בני אדם, כולל פושעים, ולייצר תרופות, למשל אינסולין נגד סוכרת, אלא גם כדי לבדוק בני אדם וחיות ולברר אם הם נמצאים בסיכון לבעיות בריאות מסוימות. בזכות המחקרים שלנו אפשר לזהות יותר ויותר בעיות ולמצוא להן פתרונות. ככל שנדע יותר על הגנים הקשורים לבעיות מסוימות יוכלו הרופאים והוטרנרים לטפל בהן בשלב מוקדם יותר ולשפר את מצב המטופלים שלהם ואולי אפילו להציל חיים. התפתחות עוד יותר מלהיבה היא תחום הריפוי הגנטי – טיפול בבעיות רפואיות באמצעות שינוי הקוד הגנטי של המטופלים. אנחנו נמשיך לחפש מוטציות ושילובי מוטציות הגורמים לבעיות לב אצל כלבים, בני אדם וחיות אחרות – ולתקן לבבות שבורים.

תודות

אנחנו רוצות להודות לכותבי המחקר העיקרי שנידון במאמר והמחקרים האחרים שהוזכרו בו. כמו כן אנחנו רוצות להודות לבעלים של כל כלבי הוולפהאונד האירי שאספו דגימות דנ"א, לסוקרים הצעירים שלנו האנה קלארק ואנטון סטוג'ר, ולסוקרים הצעירים והמנחים מטעם "פרונטיר" תודותינו למליסה קולומב'ל אדוארדס ולאליס ינדל-פארסונס על העזרה וההשראה שהעניקו לנו בכל הנוגע לאיורים 2 ו-3. מחקרים עולים הרבה כסף, והכותבות מכירות תודה על המימון הנדיב מטעם תכנית הדוקטורט של אוניברסיטת נוטינגהם (BB/J014508/1), ובית הספר לווטרנריה באוניברסיטת נוטינגהם, שמימנו את המחקר המקורי.

מאמר המקור

Simpson, S., Dunning, M. D., Brownlie, S., Patel, J., Godden, M., Cobb, M., et al. 2016. Multiple genetic associations with Irish Wolfhound dilated cardiomyopathy. *Biomed. Res. Int.* 2016:6374082. doi: 10.1155/2016/6374082

מקורות

1. England, J., Loughna, S., and Rutland, C. S. 2017. Multiple species comparison of cardiac troponin T and dystrophin: unravelling the DNA behind dilated cardiomyopathy. *J. Cardiovasc. Dev. Dis.* 4(3):8. doi: 10.3390/jcdd4030008

2. Simpson, S., Edwards, J., Emes, R. D., Cobb, M. A., Mongan, N. P., and Rutland, C. S. 2015. A predictive model for canine dilated cardiomyopathy—a meta-analysis of Doberman Pinscher data. *PeerJ* 3:e842. doi: 10.7717/peerj.842
3. Simpson, S., Rutland, P., and Rutland, C. S. 2017. Genomic insights into cardiomyopathies: a comparative cross-species review. *Vet. Sci.* 4(1):E19. doi: 10.3390/vetsci4010019
4. Simpson, S., Edwards, J., Ferguson-Mignan, T. F., Cobb, M., Mongan, N. P., and Rutland, C. S. 2015. Genetics of human and canine dilated cardiomyopathy. *Int. J. Genomics* 2015:204823. doi: 10.1155/2015/204823
5. Simpson, S., Dunning, M. D., Brownlie, S., Patel, J., Godden, M., Cobb, M., et al. 2016. Multiple genetic associations with Irish Wolfhound dilated cardiomyopathy. *Biomed. Res. Int.* 2016:6374082. doi: 10.1155/2016/6374082

פורסם אונליין: 31 בינואר 2019

נערך על ידי: Bergithe Eikeland Oftedal, University of Bergen, Norway

ציטוט: Clark N, Alibhai A and Rutland CS (2019) איך מתקנים לב שבור: גנטיקה של מחלות לב. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2018.00019-he

תורגם והותאם:

Clark N, Alibhai A and Rutland CS (2018) Mending a Broken Heart—The Genetics of Heart Disease. *Front. Young Minds* 6:19. doi: 10.3389/frym.2018.00019

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

COPYRIGHT © Clark, Alibhai and Rutland 2018. 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

KATJA, גיל: 16

אני אוהבת לבלות עם חברים ולראות נטפליקס.

OLIVER, גיל: 13

אוליבר אוהב לשחק כדורגל, ואת כל מה שנמצא בתנועה: אופנועים, טרקטורונים, סירות וכו'. הוא לא כל כך מתלהב מקריאה, אבל הוא סקרן מאוד, ויש לו דמיון נהדר.



הכותבים

NATASHA CLARK

אני סטודנטית שנה שלישית לווטרנריה באוניברסיטת נוטינגהם. אני מתעניינת מאוד ברפואת לב ובווטרינריה של גני חיות. אני אוהבת מאוד לצייר כתחביב, זה מרגיע אותי וגם עוזר לי ללמוד יותר על אנטומיה. כחלק מלימודי אני עובדת במרפאות וטרינריות, גני חיות וחוות. בזמני הפנוי אני אוהבת לצאת לטיולים ארוכים עם הכלבה שלי, פופי, וגם לטייל בעולם, לשחות, לקרוא ביוגרפיות, לנגן בגיטרה קלאסית (אני בדרך לדרגה 8) ולהתאמן בג'ו-ג'וטסו (אני בדרך לחגורה שחורה, דאן 2). אני גם חברה ב"קרן הנאמנות" הבריטית (National Trust), השומרת על אתרי היסטוריה וטבע במדינה, ונהנית מאוד לטייל בהם.

AZIZA ALIBHAI

אני מדענית חוקרת באוניברסיטת נוטינגהם. תחום המחקר העיקרי שלי הוא ביולוגיה של הלב וכלי הדם. מטרתי היא ללמד סטודנטים ולקדם אותם בדרכם להיות וטרינרים ומדענים. בשעות הפנאי אני עוסקת הרבה בפעילות למען הנזקקים והקהילה, ואוהבת מאוד לבלות עם המשפחה שלי, כולל שני נכדיי. יש לי שלושה ילדים, הצעירה בתיכון ושני הגדולים כבר סיימו אוניברסיטה.

CATRIN SIAN RUTLAND

אני פרופסורית חברה לאנטומיה ולגנטיקה התפתחותית באוניברסיטת נוטינגהם. אני מלמדת סטודנטים לווטרנריה את מקצועות האנטומיה, המחקר והגנטיקה, וגם עומדת בראש צוות של חוקרי גנטיקה ואנטומיה. מטרתי היא להמשיך לברר מדוע בני אדם וחיות לוקים בבעיות לב, ולנסות למצוא פתרונות. כשאני לא בעבודה אני אוהבת מאוד לנסוע לטיולים, לבקר בכל סוג מוזיאון אפשרי, ולכתוב סיפורי וספרי מדע בדיוני כשהחתולה שלי טווינקס יושבת לצדי - אחרי הכול, הגנומים שלנו 90% זהים. אני גם נהנית מאוד להרצות לאנשים ברחבי העולם. *catrin.rutland@nottingham.ac.u



Hebrew version
provided by

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

