

02.02.12

מוסף כלכליסט

90%

מהתאים החיים בתוך גופנו הם חיידקים

חתיכת מיקרוב

עשור של מחקרים פורצי דרך מגלה: אנחנו לא רק תוצר של גנטיקה וסביבה, אלא גם של 100 טריליון חיידקים שמנווטים אותנו מבפנים

אורן הוברמן, עמ' 16

עשית תאונה?

ייתכן שאתה נושא את הטפיל שמעודד אנשים להסתכן

נוטה להשמנה?

יש קבוצה שלמה של חיידקים שהתיאבון שלהם מעורב בזה

סובל מהתנהגות כפייתית?

ייתכן שהגורם הוא רעלנים שחיידקים משחררים



הביפידו התגלה כשומר הראש הצמוד של התינוק, "זו עסקת החליפין הראשונה בחיינו, והיא נעשית לנו מעל הראש", אומר גרמן. "החיידק הזה מתרבה במערכת העיכול של התינוק ולזמן מה לא משאיר מקום כמעט לאף חיידק אחר. הוא היחיד שמסוגל לעכל את הסוכרים העודפים, וזה נותן לו יתרון על פני החיידקים האחרים, שנדחקים החוצה. ובאופן מעניין, זה קורה בדיוק בתקור פה שבה לתינוק אין כמעט שום הגנה מפולשים. אין לו מערכת חיסון, נוגדנים או מיצי קיבה, ולמעשה הביפידו הוא שמגן עליו מבפנים, והוא ממשיך לעשות את זה כל עוד יש לו אספקה של חלב אם. חשוב על האסטרטגיה המבריקה של האבולוציה", הוא אומר, "אמהות מגייסות צורת חיים אחרת כדי שתעשה בייביסיטר לתינוקות שלהן".

100 טריליון שותפים

קצת אחרי שגילינו את האופטיקה, גילינו את החיידקים. הם תועדו בפעם הראשונה ב-1667 על ידי סוחר הברדים והמרעץ החובב אנטוני ואן לוונהוק, שהביט בהם מבעד למיקרוסקופ האור שפי-תח. "גיליתי יצורים חיים קטנים מאוד במי גשם", כתב באיפוק באחד ממכתביו לחברה המלכותית של לונדון. אך התגלית זכתה לתגובות פשוטות. תעיד על כך העובדה שרק כעבור 150 שנה נוספות היצורים הללו זכו לשם.

מאז ועד לעשורים האחרונים ממש, המדע ראה בחיידקים את הביטוי הפרימיטיבי ביותר לחיים. הם נתפסו כאוסף מכונות מש"תכפלות וחסרות תכלית, עיוורות למציאות סביבן, חסרות חושים ויכולת תקשורת בסיסית. "השאיפה היחידה של הבקטריה", כתב ב-1973 הביולוג הצרפתי זוכה פרס נובל פרנסואה יעקב, "היא לייצר שתי בקטריות". במשך דורות סברו שהשפעת החיידקים על חיינו זניחה, למעט כמה זנים שגורמים מחלות.

בעשורים האחרונים התבררה גודלה של הטעות. מגוון עצום של מחקרים חשף את היהירות האנושית במערומיה: לא רק שהחיידקים עיצבו את עולמנו יותר מכל יצור אחר, הם גם התגלו כצורת חיים מגוונת ומתוחכמת, ובעלת השפעה רבה וישירה על יצורים גדולים ומורכבים מהם בהרבה. כן, גם עלינו, גם כרגע. חיידק הוא יצור חי שכולו תא אחד. כמונו, יש לו דנ"א שקו-כע את צורתו, תכונותיו ותוחלת חייו, שנמשכת בין דקות לש-

המשך בעמ' 18

רוס גרמן, פרופסור לכימיה מאוניברסיטת קליפורניה דיוויס, חוקר זה יותר מעשור את אחת החידות הגדולות ביותר הקשורות בחלב האם: ההרכב המשונה שלו. 21% מהסוכר בחלב אם עשוי מחומר שאף תינוק אנושי אינו מסוגל לעכל. "במשך שנים האמינו שזו טעות אבולוציונית", אומר גרמן בראיון ל"מוסף כלכליסט". "אבל זה לא ייתכן. חלב אם עוצב על ידי 200 מיליון שנות אבולוציה, תחת אילוצים אדירים. הוא חייב להיות חסכוני מאוד, כי הוא עולה לאם באנרגיות אדירות, וכל רכיב בו אמור להיות מדייק על שבריר האחוז, משום שכל מחסור עלול להזיק לתינוק. 21% מבחובזים פשוט לא מסתדרים עם זה".

לגרמן היה רעיון. הוא חשב שהסוכר הבלתי מתעכל כלל לא מיועד לתינוק, אלא למי-

שהו או משהו אחר, שחי בתוך התינוק. הוא וצוותו בודדו את הסוכר המסתורי ממאות דגימות חלב מאמהות מכל העולם, ומזגו אותו למאות צלחות פטרי שהכילו כ-400 זנים שונים של חיידקים שחיים בדרך כלל במערכת העיכול האנושית. אף זן לא שרד. החיידקים לא הצליחו לפרק את הסוכר וגוועו ברעב. רק ב-2009, שנתיים אחרי שהחלו את סדרת הבדיקות, אחד החיידקים הרים את ראשו. זה היה תת-זן של חיידק זניח בשם ביפידובקטריום לונגוס, ובקיצור ביפידו. הוא היה בין האחרונים ברשימה להיבדק כיוון שבגופם של בני אדם בוגרים הוא כמעט ואינו קיים. במעבדה הוא מילא את הצלחת. גרמן מצא את החיידק שאוכל חלב אם.

כמה שאלות נותרו פתוחות: האם החיידק הזה אכן נמצא בגופם של תינוקות? ואם כן, למה דווקא אותו האמהות מזינות בחלב יקר הערך שלהן? למזלו של גרמן, הפעם מישהו כבר עשה עבורו את העבודה המלוכלכת. מלובלכת תרתי משמע.

ד"ר ג'רמי קוניג, ביולוג מולקולרי מאוניברסיטת קורנל, הוא האיש היחיד בעולם שחקר באופן מדויק איך קהילת חיידקים צומחת מאפס לטריליון בגופם של תינוקות. במשך שנתיים הוא אסף 60 דגימות מחיתולים מלובלכים של תינוק אחד, וניתח כל יצור מיקרוסקופי שמצא בהן. הוא תיעד עשרות סוגי חיידקים שכאו והלכו לאורך השנתיים הללו, אבל החיידק המשמעותי ביותר, קוניג דיווח, היה תת-זן של חיידק נדיר בשם ביפידו. "כש מצאתי את העבודה שלו הבנתי שקלענו", אומר גרמן.

עתה לגרמן נותר רק לגלות למה דווקא ביפידו. מה כה חשוב בחיידק הזה עד שהאם בעצמה מאכילה אותו. והתשובה נמצאה.





איך החייזקים שוכלים בנו

מהנטייה להשמנה, דרך העדפת בני
זוג ועד מצבי רוח, מחקרים פורצי דרך
מעלים את האפשרות שאנחנו לא יותר
מאוסף החיידקים שמרכיבים אותנו

אורן הוברמן



רוונברג, חיידיקים
מסים את ההעדר
המיני של הפונדקאי
שלהם כדי לעבוד
כדור הבא

בועות. זעירותו בלתי נתפסת: על הנקודה בסוף המשפט הזה יכולים להצטופף 5 מיליון חיידיקים. על גודלם הזעיר הם מפצים בכמות. מבחינה מספרית, הארץ שייכת להם. הם מהווים 50% מהמסה הביולוגית בעולם ויותר מ-99.9% ממוזון החיים בו. בכפית חול יש יותר מעשרת אלפים זני חיידיקים שונים, יותר מכפליים מכל מיני היונקים הידועים לנו. וכל מקום שתנאו מאפשרים שכריר חיים מתמלא מיד חיידיקים. הם שכריר החיים הזה. והם לא רק מציפים את העולם סביבנו. גם בתוך גופנו אנחנו בנחיתות מספרית מולם. "בני אדם הם ענף של בקטריות עם קליפה אנושית דקה מסביב", אומר ג'פרדי גורדון, מיקרוביולוג מוערך מאוניברסיטת וושינגטון, בריון ל"מוסף כלכליסט". "על כל תא שלנו חיים בגודל פגו תשעה חיידיקים. מניינם עוקף בקלילות את ה-100 טריליון, ומשקלם גדול מזה של המוח והכבד יחד". התגלית הרדמטית של השנים האחרונות היא שענף הבקטריות הזה אינו דייר פסיבי בגוף. החיידיקים משפיעים עלינו, כפי שהם משפיעים על פונדקאים אחרים שלהם בכל עולם החי, באלפי רכים שונות התואמות לצורכיהם. החיידק ששומר עלינו כתינוקות הוא רק דוגמה אחת. "יש לנו תחושה שהתודעה שלנו, אי שם במוח, היא זו שמנווטת את הגוף שלנו בעולם", אומר ל"מוסף כלכליסט" ד"ר שרון מועלם, מומחה לביולוגיה אבולוציונית ומחבר רביהמכר "דווקא החלשים שור-דים". "היום ברור לנו שזו אשליה. התודעה שלנו מורכבת מהרכה דברית, ובהם אזורים שונים במוח וגם מסרים כימיים שנשלחים אליו ממקומות שונים בגוף. ואם עד לאחריה חשבנו שאפשר להסביר את הרוב באמצעות תורשה וסביבה, אם חשבנו שהכל זה נגטיקה, נוירולוגיה ופסיכולוגיה, עכשיו מתחילה לחלחל ההבנה שחייבים להכניס לתמונה הזו גם את הטרי-ליונים הרבים של החיידיקים, הווירוסים והמיקרובים שחיים בתוכנו. לטוב ולרע, הם השותף הסודי לכמעט כל דבר שאנחנו עושים".

השמנה היא וירוס

ב-2006 ג'פרי וצוותו באוניברסיטת וושינגטון חקרו את אחת התעלומות המוכרות (והמרגיזות) ביותר בקשר להשמנה: מדוע יש אנשים שאוכלים מעט ומשמנים, בעוד אחרים מעמיסים קלוריות ונשארים רזים. במשך שנים התשובה המקובלת הייתה "גנים". אבל גורדון חשד שזה רק חלק מהסיפור.

במחקר שערך עם רות לי ופטר טורנגב הוא לקח שני עכברים שניונו מאותו התפריט, וש אחד מהם השמין מאוד והאחר היה רזה מהרגיל. הוא בודד את החיידיקים במערכות העיכול שלהם, והשתיל אותם בעכברי מעבדה רגילים וממוצעי משקל. התוצאות ניכרו בתוך שבועות: העכברים שקיבלו את החיידיקים מהעכבר השמן העלו במשקל במהירות. אלו שקיבלו חיידיקים מהרזה שמרו על משקלם, ואף רזו.

כשגורדון ערך בדיקה גנטית לאוסף החיידיקים שנמצאו בגופם של העכברים השמנים, הוא מצא בהם גנים רבים שקשורים לפירוק פחמימות והמרת פחמימות לזרזי כהמות שמעוררת תיאבון וצבירת שומן בכבד ובישרים. בחיידיקים שהיו בגופם של העכברים הרזים הגנים הללו כמעט לא היו קיימים.

מחקר ההמשך שגורדון ערך עם רות לי גילה שההסבר עשוי להיות תקף גם לבני אדם: גורדון ולי מצאו את אותם חיידיקים שזוהו בעכברים השמנים גם אצל בני אדם שסובלים שעורף משקל. בהתאמה, בקיחותיהם של אנשים רזים נמצאו חיידיקים הדומים לאלה שאותרו אצל העכברים הרזים. "אנחנו מעריכים, וצריך עדיין להיות זהירים בה, שיתכן שהשמנה היא בחי

בין זבובים מושפעת, משום מה, מהרגלי התזונה שלהם. פרופ' דיאן דוד מאוניברסיטת ייל הראתה בשנת 2009 במבחני מעבדה שזבובים שניזונים מאותו סוג אוכל נמשכים זה לזה יותר מלזבובים שניזונו ממזונות אחרים. היא גם גילתה שהם מודישים את הטעם המיני הזה לצאצאיהם. עשרות דורות של זבובים שמרו על טעם מיני רומה ונמשכו לצאצאי הזבובים שאכלו מזון רומה לזה שאכלו אבותיהם. מה שדוד לא הצליחה להסביר היה למה.

ב-2010 שלושה חוקרים ישראלים מאוניברסיטת תל אביב שחזרו את הניסוי, והפעם הם ידעו מה לחפש: הם הפרידו זבובים לקבוצות שונות, האכילו אותם בסוגי מזון שונים, ואחרי שנה איחדו בין הקבוצות. כמו בניסוי של דוד, הזכרים יהיו ללא קושי נקבות שאכלו מזון רומה לשלהם, והעדיפו להזדווג איתן. אלא שהפעם החוקרים הוסיפו עוד שלב לניסוי: הם האכילו את כל הזבובים באנטיביוטיקה, כדי לחסל את אוכלוסיות החיידיקים בגופם. האנטיביוטיקה העלימה באחת את ההעדפות המיניות. הזבובים החלו להזדווג ללא הבחנה.

כדי לוודא שאכן מדובר בהשפעה של חיידיקים, החוקרים, פרופ' יוג'ין רוונברג, פרופ' דני סגל והד"ר קטורנט גיל שרון, חילצו מראש חיידיקים מגופם של הזבובים, ולאחר ניסוי האנטיביוטיקה החזירו אותם לגופם. ההעדפות המיניות חזרו. "אלה לא הזבובים שבוחרים את הנקבות שהכי מתאימות להם, אלה החיידיקים שמושכים את הזבובים לחיידיקים כמותם", אומר יוג'ין רוונברג ל"מוסף כלכליסט". "אנחנו מעריכים שזו אסטרטגיה שנועדה לעזור לחיידק לחזק את האחזיה שלו באוכלוסיית הזבובים", מסביר גיל שרון. "אם שני פרטים שאוכלים את אותו הדבר מזדווגים, יש סיכוי גבוה יותר שהחיידיק שמתמחה בפירוק המזון הזה יהיה גם כדור הבא שלהם".

השיגעון נבע מהרפס

ד"ר מארק היימן, רופא משפחה שפרסם ארכע רביי מכר בנושא תזונה ורפואה מונעת, מספר באחד מספריו על מטופלת שלו שסבלה מהפרעה טורדנית-כפייתית של ניקיון (OCD). היא צחצחה את הבית שעות מדי יום, וכל פריט שהזון ממקומו הוציא אותה מדעתה. ריטלין, נוגדי ריבאון ואפילו תרופה נגד אפילפסיה

לקה בעיה ויראלית", אומר גורדון. "מתברר שכאשר חיידיקים מסוימים רוצים שהפונדקאים שלהם יאכלו יותר – הם יודעים איך לעשות את זה". ואז עלתה השאלה: אם חיידיקים מסוגלים להשפיע על תיאבונם של עכברים, האם ייתכן שיש להם השפעה דומה גם על תחומים אחרים? במחקר שעורך הרים רבים, פרופ' חווייר בארבו מיוניברסיטי קולג' קורק באירלנד מצא שתזונה המלאה בחיידיקים פרוביוטיים, אותם חיידיקים שנמצאים גם ביוגורט, משפיעה ישירות על מוחם של עכברים ומשנה את אישיותם. איכשהו, החיידיקים הופכים אותם לרגועים יותר ופחדנים פחות. בארבו ברק את מוחם של העכברים שהחזנו בחיידיקים הללו, ומצא שהיו בו יותר קולטנים של מולד צעבי בשם GABA, שתפקידו להפחית את תזזיתיות היתר של הנוירונים במוח. תרופות נגד חרדה אצל בני אדם עובדות בריוק באותה הדרך.

כשבארבו ניתק את העצב שמחבר בין מערכת העיכול של העכברים למוחם הקולטנים נעלמו, והעכברי רים חזרו להתנהגותם הקודמת. במחקר צרפתי שנערך בשנה שעברה, התגלה שטיפול בבני אדם עם מנות גדולות של פרוביוטיקה במשך 30 ימים רצופים גורם להשפעה דומה. הוא מקטין את החרדה של המטופלים ומפחית באופן זמני מצוקות פסיכולוגיות.

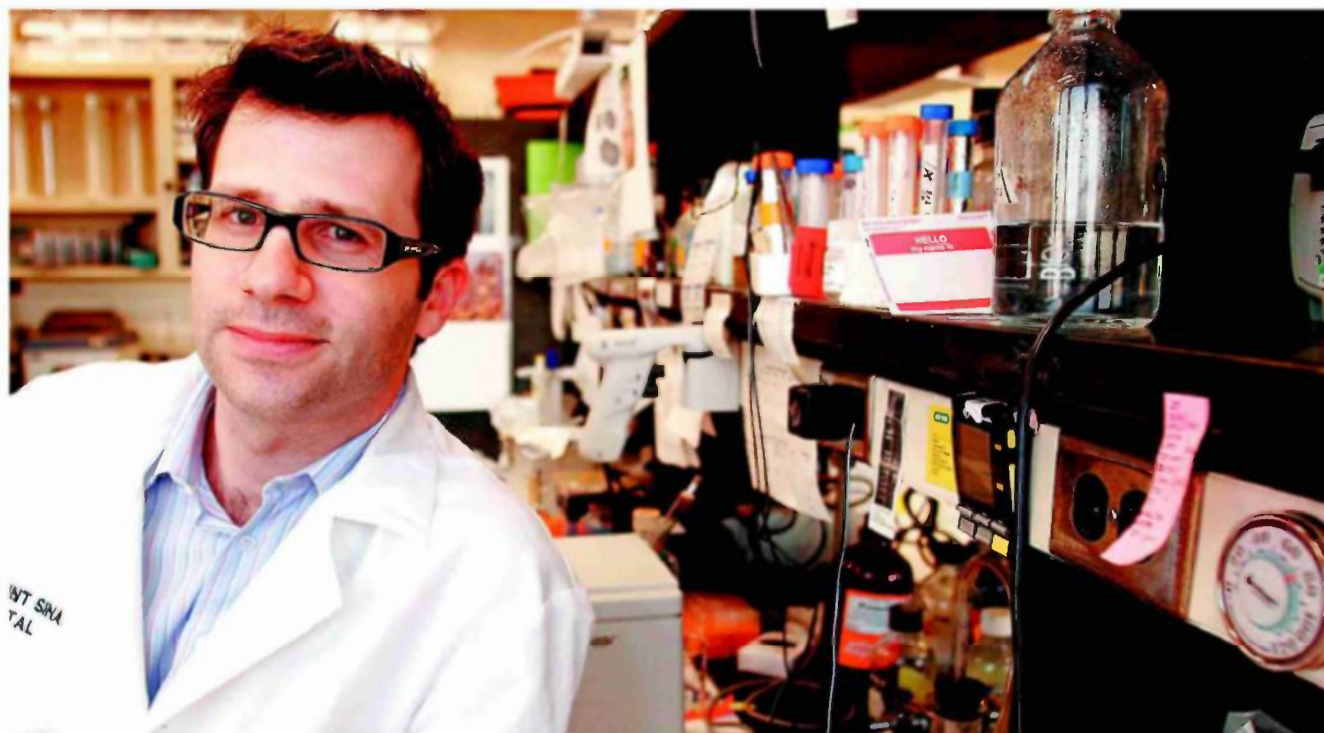
במחקר אחר התגלה שחיידיקים לא רק משפיעים על מוחם של עכברים, אלא ממש לוקחים חלק בעיצובו. החוקר השבדי סוון פטרסון בודד קבוצה של עכברים בני יום במתקן זכוכית נטול חיידיקים וגידל אותם שם בתנאים סטריליים, כדי לבודק אם תהיה לכך השפעה על התפתחותם. התברר כי בלי החיידיקים, מוחם של העכברים התעצב באופן חלקי: יותר ממאה גנים הפעילים בדרך כלל אצל עכברים רגילים לא זכו לביטוי. העכברים שגדלו בתנאים סטריליים איבדו את היכולת ללמוד דברים חדשים, סבלו מהיעדר אנרגיה והפגינו אפאתיות מוחלטת למתרחש סביבם.

משיכה היא חיידק

בעקבות הממצאים החלו חוקרים כרחבי העולם לביחון מחדש תעלומות לא מופענחות בעולם החי, ותפקידים המפתיע של החיידיקים צץ שוב ושוב. תעלומה אחת כזאת היא תגלית מחרה מ-1989, שלפיה משיכה מינית

ד"ר שרון מועלם: "פעם חשבו שאפשר להסביר הכל במונחי תורשה וסביבה. כעת מבינים שהחיידיקים בגופנו והמסרים הכימיים שהם שולחים למוח הם חלק בלתי נפרד מתכונות הגוף והאופי שלנו"

מבין 3,890 נהגים צבאיים שהיו במעקב, נשאי הטוקסופלזמה-גונדי עשו פי שישה יותר תאונות ממי שאינם נשאים. "אולי החיידק פוגע בשרירים ואולי הוא גורם לנטילת סיכונים", אמר פרופ' פלגר, "אין לנו מושג"



מועלים שפועלים כסוכרן יעילים יותר מכל חרופה שבני אדם יפתחו

חקר קרוב של חרובת חיידקים מהמעבדה של אשל בן יעקב מכונת חידע

מועלים אומר שהשפעות כאלה, ברמות שונות של תחכום, משמשות סוגים רבים של טפילים מזיקים המ- נסים להפיץ את עצמם באמצעות הפונדקאי שלהם. "אפילו בצנינון", אומר מועלים, "החיידק עושה שני דב- רים חכמים: הוא דואג לא להחליש אותך יותר מדי, כדי שתוכל להמשיך להסתובב בין בני אדם, והוא זה שמ- פעיל, מבפנים, את רפלקס העיטוש, וכך גורם לך לה- פיץ אותו. יש חיידק בשם סטרפטוקוקוס שמייצר דלקת גרון, וגורם לעתים לילדים ולמבוגרים לגעת בדברים באופן כפייטי. זו גם הדרך שבה הוא עובר מנשא לנשא. כלבת גורמת לכלבים להזיל ריר ולנשוך אחרים משום שהיא עוברת רק במגע של רוק ודם. מלריה, לעומת זאת, ממוטטת אנשים מחולשה. היא עוברת דרך יתו- שים, ומעדיפה שהאנשים לא יזונו ויאפשרו ליתושים אחרים לעקוץ אותם ולהידבק".

לתאונת דרכים גרם זיהום

אחד הטפילים המתוחכמים בעולם קרוי טוקסופי לזמה גונדי. גם אם השם לא מצלצל לכם מוכר, יש סיכוי שאתם נושאים אותו. הוא מקנן באחוזים ניכרים מאוכלוסיית העולם, בני אדם ויונקים אחרים גם יחד, אבל אוהב במיוחד חתולים. הוא גם מוכן לעשות הרבה בשביל להגיע אליהם. כשהוא מדביק עכברים זכרים (על נקבות הוא כמעט אינו משפיע), הוא גורם להם – בניגוד מוחלט לנטייתם הטבעית – להימשך לשתן של חתולים, ובכך להיטרף במהרה על ידי הפונדקאי המועדף עליו.

עד לאחרונה הדעה הרווחת היתה שטוקסופלזמה לא גורם למחלות אצל בני אדם, למעט נשים שנדבקו בו במהלך ההיריון – או הוא מסוכן ממש, לאם ולתינוק גם יחד. זו הסיבה המרכזית לכך שנשים הרות מזהרות לשמור מרחק מארגז החול של החתול ומשושי ובשר נא, שכן נבגיו עשויים להימצא בשני אלה.

אלא שבעשור האחרון מצטברות עדויות לקשר מסתורי בין הטפיל הזה לבין סיבת מוות שעד כה לא נקשרה בשום דרך לחיידקים – תאונות דרכים. הסימן הראשון היה כשכמה בתי חולים בארצות הברית החלו,

שלעיתים ניתנת לחולי נפש – דבר לא עוזר. היימן מספר שהפרעה הרסה לה את החיים.

מה שמזוהה הוא הדבר שריפא אותה: כאבי בטן. באחת הפעמים שביקרה את היימן היא התלוננה על כאבי בטן, ובהיותו רופא משפחה הוא רשם לה אנטי- ביוטיקה. כמה ימים אחר כך היא התקשרה אליו, וסי- פרה לו שה-OCD עבר לה לגמרי. שנים של טיפולים פסיכיאטריים לא הצליחו לעשות את מה שעשו כמה כדורי אנטיביוטיקה.

"המשכנו לחקור את המקרה שלה", מספר היימן, "מתברר שלכל הצרות שלה היה אחראי חיידק שה- תיישב לה במערכת העיכול וייצר כמויות גדולות של אמוניה. רעלן עצבי שמגיע עם זרם הדם למוח ומגרה את תאי. זה היה מקור השיגעון שלה, וחיסול החיידק חיסל את ההשפעה".

ד"ר מועלים מספר שבשנים האחרונות, מאז עלתה המודעות להשפעות ההתנהגותיות של חיידקים, וירר- סים וטפילים אחרים על בני אדם, מתגלים עוד ועוד מקרים כאלה. "לפני כמה שנים קולגה הזמין אותי כדי חיפות לראות ילד בן ארבע שמתופל אצלו", הוא מספר, "ההורים שלו היו בהיסטריה. הם סיפרו שהגנת התלד- ננה שהוא מטריד מינית את חבריו בגן, נוגע בהם ובע- צמו, דוחף דברים לפה ולעתים מתנהג כמו מישהו אחר, כמו אחוז ריבוק". מועלים פגש בילד לראשונה בעיצומו של מופע אימים. "ראיתי פעוט עושה 'אמפינג' לספה בחדר הקבלה של הרופא, כמו שכלבים עושים. זה היה מחריד. מסוג הדברים שאתה לא שוכח", הוא מספר.

הוא החל לתחקר את ההורים. "תחילה חשדתי שמדובר בהתעללות מינית, אבל זה לא הסתדר עם שאר הפרטים", הוא נזכר. הוא הציע לשלוח את הילד לבדיקות דם, ואלה גילו שהילד חולה בהרפס.

וירוס ההרפס עובר לרוב דרך סדקים וזעירים בעור, ואפשר להידיבק בו גם במגע ישיר עם נשאו וגם במגע עקיף. לרוב הוא גורם לנזקים קטנים בלבד – פצעים על השפתיים ובאברי המין, ובמקרים נד- רים מחלת הנשיקה ואדמת. אין תיעוד להרפס שגרם לשינוי התנהגות קיצוני באדם בוגר.

מועלים נתן לילד טיפול תרופתי נקודתי נגד הרפס, וביקש מהוריו להביאו לביקורת מדי יום. ההרפס חלף כעבור שבוע, ואיתו ההתנהגות המזוהה, על כל מא- פייניה. "הניחוש שלי הוא שהנגיף הוא שהשפיע על התנהגות הילד, ושאר ההשפעה הספציפית הזו קשור לעובדה שהוירוס הזה עובר לעתים קרובות במגע מיני. זה לגמרי הניחוש שלי, אבל לדעתי זה מה שהוא ניסה לעודד את הילד לעשות".

מאז תועדו בעולם עוד כמה מקרים כאלה, שכו- לם נפתרו באמצעות חיסול הנגיף. "אצל מבוגרים לא נתקלנו מעולם בתופעה הספציפית הזאת", אומר מועלים. "אנחנו מעריכים שזה מנגנון שההרפס פיתח במקור כדי לעודד מבוגרים להדביק אחרים, אבל מערכת החיסון שלנו למדה ליירט אותו. כנראה אצל ילדים, שמערכת החיסון שלהם פחות מפותחת, הוא קיבל הזדמנות שנייה".

בנפרד זה מזה ובנוהל מקומי, לחפש טוקסופלזמה ברמם של נהגים שהיו מעורבים בתאונות קשות, כחלק מסדרת הבדיקות הנעשות בטרם איביריהם מועברים להשתלה. הסיבה לחיפוש דווקא את הטפיל הזה היתה שבאופן מוזר, הוא כמעט תמיד היה שם.

ב-2002 החליט הביולוג הצ'כי פרופ' ירוסלב פלגר לחקור את צירוף המקרים המוזר הזה. הוא חיפש טוק- סופלזמה בגופם של 146 גברים ונשים שהגיעו לביקו- רת רפואית אחרי תאונת דרכים, והשווה את התוצאות ל-446 אנשים שנבחרו באופן אקראי. שכחות הנגיף בקרב המעורבים בתאונות היתה גבוהה פי 2.5 מבק- בוצת הביקורת.

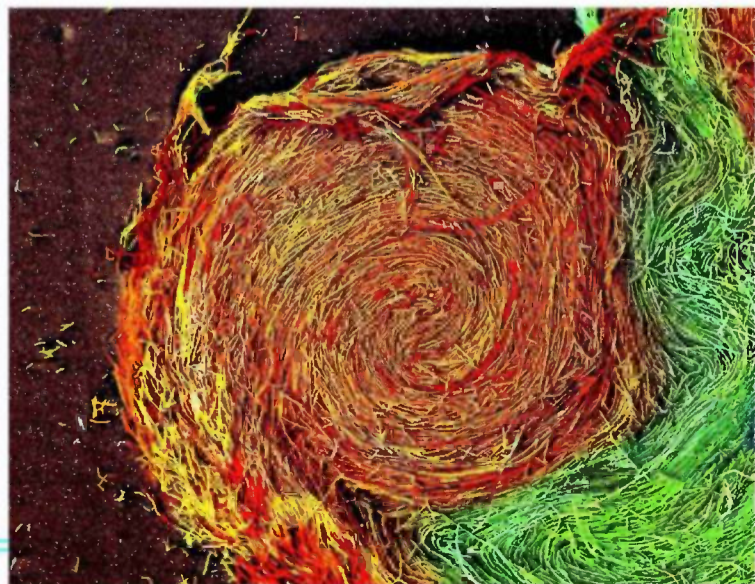
ב-2003 הוא בדק 3,890 איש, כולם נהגים בצבא הצ'כי. כעבור חמש שנים הצליב את רשימת נשאי הטוקסופלזמה בקרבם עם נתוני תאונות הדרכים של המשטרה הצבאית. התוצאה: הסיכוי של נהג בצבא צ'- כיה להיות מעורב בתאונה הוא 2.7% אם הוא לא נגוע בטוקסופלזמה, ו-16.7% אם הוא כן נגוע. פי שישה. "כול להיות שזה קשור לכך שהטפיל מאט את זמני התגובה בשרירים", הסביר פלגר באחד הראיונות שה- עניק. "או אולי בהשפעה הורמונלית שגורמת ללקיחת סיכונים מוגברת. האמת היא שאין לנו מושג".

עוד בטרם הסערה הזאת שככה, הטפיל הראה כישרון נוסף: הוא גורם לנשים שנדבקו בו ללדת זכרים בהסת- ברות גבוהה משמעותית מנקבות. זה התגלה לראשונה במחקר על עכברות שנדבקו בנגיף, והמשיך בבדיקה סטטיסטית מקיפה שערך פלגר בנתונים של שלושה בתי חולים גדולים בפראג. הבדיקה העלתה שלנשים שנדבקו בטוקסופלזמה נולדו 72% בנים ו-28% בנות – לעומת החלוקה הנפוצה בעולם, של 51% בנים ו-49% בנות. המחקר פורסם במגזין המדעי המוביל "סיינס".

"השפעה על מין הצאצאים היא מסוג הדברים שט- פילים וחיידקים מתמחים בו, לפחות בעולם החרקים", אומרת ד"ר עינת צחורי פיין, אנטומולוגית (חוקרת חרקים) זוכת פרס וולף ממכון וולקני. "אחת הרוגמאות הטובות ביותר לזה היא חיידק בשם וולבכיה, שנמצא במחצית מסוגי החרקים בעולם. אחת הסיבות להצלחה שלו היא שהוא מצמצם כל הזמן את האוכלוסייה שאינה נגועה בו. אצל חלק מהחרקים, למשל, הוא עובר דרך האמא לצאצאים, אבל האבא לא מעביר אותו לשום מקום. במקרים האלה הוא פשוט דואג שיהיו פחות זכרים, באמצעות שינוי האיוון ההורמונלי בזמן הטלת הביצים. בגלל הוולבכיה אתה נתקל בטבע בהרבה מאוד חרקים שיחס המינים שלהם מופרע. יש פרפר אפריקאי שבתוך כמה שנים השתנה איוון הזכרים-נקבות שלו ל-99% נקבות. ועוד דבר יוצא דופן עם החיידק הזה, זה שהוא משנה את האסטרטגיה בהתאם לחרק. אצל חרקים שבהם הזכרים מעבירים אותו לדור הבא, הוא משאיר את הזכרים בחיים".

על מה חיידקים מדברים

איך יצורים כה זעירים ופשוטים משפיעים בכזו עו- צמה על מארחיהם? בנוי בסלר, פרופ' למיקרוביולוגיה מאוניברסיטת סטנפורד, נשיאת האגודה האמריקאית למיקרוביולוגיה חוכמת פרס מקארטור היוקרתית, מצאה לפחות חלק מהתשובה: הם מתקשרים ביניהם. בסדרת מחקרים פורצי דרך היא וצוותה הצליחו להוכיח לראשונה שמושבות בנות מיליארדי חיידקים מנהלות תקשורת פנימית עניפה ומורכבת, עם שפה ייחודית, סימנים מוסכמים וחלוקת תפקידים ברורה. התקשורת החיידקית נעשית באמצעות מולקולות זעיר-





אנחנו חייבים נשק אחר לגמרי".
ומשם גם מגיע אחד מכיווני המחקר המבטיחים ביותר בתחום: מלחמה בחיידקים באמצעות שימוש בטכנולוגיה שלהם. "אם אנחנו יודעים שיכולתם לתכנן מתקפה אלימה קשורה ישירות ליכולתם לשוחח זה עם זה", אומרת בוני בסלר, "מה יקרה אם נשבש להם את התקשורת הזאת?".

את המחקר הראשון בנושא ערכה בסלר עם חיידקי כולרה. היא פיתחה מולקולה שנועלת בקולטני התקשורת של החיידקים, ומנטרלת את יכולתם לקבל מסריים מחיידקים אחרים. לאחר מכן היא הדיביקה עכברי מעבדה בכולרה ונתנה להם לאכול תמיסה עם המולקולה שפיתחה. לרוב, עכברים אינם שורדים יותר ממכה ימים אחרי שנדבקו בכולרה. אצל עכברי המעבדה שלה המחלה מעולם לא התפרצה. "דרוש עוד הרבה מחקר, אבל אני מאמינה ששם טמון הדור הבא של האנטיביוטיקה", אומרת בסלר. "אנחנו מנסים עכשיו ללמוד את השפה שלהם. אם נצליח, נוכל לרגל אחרי המסרים שהם מעבירים ביניהם וגם לשתול מסרים משלנו".

בשורה נוספת מגיעה מקבוצת מחקר גדולה הכוללת מאות מדענים מרחבי העולם ומכונה "פרויקט המיקרוביום האנושי". מטרתה לפצח את הקוד הגנטי של חיידקים שחיים בגוף האדם, בדיוק כפי שפוצח הגנום האנושי. הקבוצה קיבלה ב-2007 150 מיליון דולר מהממשל האמריקאי, כדי שתוכל לבצע ניתוח גנטי מלא של יותר מ-600 חיידקים. "זה פרויקט מעניין מאוד", אומר שרון מועלם. "פיצוח הגנום האנושי היה אכזבה במובנים רבים. חשבנו שנחשוף את הקוד שמרכיב אותנו, אבל מצאנו המון חורים גדולים ומעט מידע מסביב. התקווה הגדולה היא שהגנום של החיידקים יוכל להשיג לים חלק מהחורים האלה".

לאכול חיידקים של אחרים

אבל המדע, ובטח הרפואה, מתקרבים לאט. גם החוקרים האופטימיים ביותר מעריכים שיידרשו לנו לפחות עוד שני עשורים בטרם נוכל להשפיע על עור' למם של החיידקים ללא השימוש המזיק באנטיביוטיקה. ומה עד אז? אחת התשובות המפתיעות לשאלה הזאת הגיעה בשנים האחרונות מבית חולים באוסטרליה. לא היתה מעורבת בה טכנולוגיה מהפכנית, אפילו להפך.

היה הבעיה הכי בוערת של האנושות. במאה ה-14 חיידק יחיד בשם ירסיניה פסטיס חיטל יותר מש' ליש מאוכלוסיית אירופה, במה שכונה "מגיפת הדבר השחור". אחרי כמה מאות שנים החליף אותו חיידק הכולרה, שהרג מיליונים בהודו, סין, רוסיה ואמריקה. בעשורים האחרונים זו השחפת, שחיידקה קוטלים 3 מיליון איש בשנה, רובם ככולם בעולם השלישי. ההיסטוריה רצופה מגיפות כאלה. הביולוג ג'יאורג' ג'ארד דיימונד מנה כמה מהן בספרו זוכה הפוליצ'ר "רובים, חיידקים ופולרה", וקבע שהחיידקים, על האסונות הרמוגרפיים שהביאו איתם, הם אחד הגורמים המרכזיים שעיצבו את התרבות האנושית.

ב-1928 הרופא הסקוטי אלכסנדר פלמינג גילה את הפניצילין ושינה באחת את מאזן הכוחות בינו לבניגם. האנטיביוטיקה נולדה, והבטיחה להוריד שאולה את החיידקים הרעים. למשך כמה עשרות שנים אנטיביוטיקה היתה הנשק האולטימטיבי נגד חיידקים באשר הם. היא הרגה את כולם, הרעים והטובים. מחלות שהרגו מיליונים, משפעת עד שחפת, רופאו בעזרת כדורים. זה היה נס, שהביא לפלמינג תהילה עולמית ופרס נובל. אבל הנס לא החזיק זמן רב. באמצע המאה ה-20 התברר שכמה חיידקים מזיקים מצאו דרך לשרוד את האנטיביוטיקה, וזכו ביתרון תחרותי, התרבו וכבשו את השטח. ומאז מתחולל מירוץ חימוש שבו בני האדם משקיעים מיליארדים בפיתוח אנטיביוטיקות חדשות, והחיידקים מתגברים עליהן במהירות מתסכלת.

נכון להיום, אנחנו מפסידים במלחמה הזאת. המרכז האמריקאי לבקרת מחלות ומניעתן הגדיר לאחרונה את העמידות העולה לאנטיביוטיקה "אחת הבעיות הדחורות בעולם כיום", והעלה חשש לכך שהמגיפה הקטלנית הבאה קרובה משדמה. בארגון הבריאות העולמי מי מהמרים על אחד מונוי השחפת החדשים שנמצאו לאחרונה, העמידים לחלוטין לכל סוגי האנטיביוטיקה בשוק. "השחפת מעולם לא נעלמה", אמרה לרויטרס סוניה ג'קאב, בכירה בארגון הבריאות העולמי. "היא מתפתחת עכשיו בצורה נקמנית במיוחד".

אז מה עושים? "אנחנו מבינים עכשיו שאי אפשר להמשיך להילחם בקבוצות גרילה באמצעות הפצצה מהאוויר", אומר מועלם. "בטווח הקצר זה נראה כאילו הבעיה נפתרה, אבל בטווח הארוך המעטים ששורדים נוטים להיות הקיצוניים ביותר, וגם המופרעים ביותר.

בן יעקב "אפשר להשוות את חנונון החקשורת של החיידקים להצבעה דוקרטיית"

רות שכל חיידק משחרר לסביבתו בפולסים קבועים. "זו שפה כימית עשירה עם לקסיקון נפרד שייחודי לכל זן חיידקים", היא מס' בירה בראיון ל"מוסף כלכליסט". "באמצ' עות השפה הזאת הם מסוגלים לעשות 'ספירת ראשים' כדי לדעת עד כמה הקהילה שלהם גדולה, הם יכולים להזהיר חיידקים אחרים בקהילה שלהם מפני איומים מבחוז, והם יכולים לשדר גם מידע מורכב יותר – כמו כמה גדול האיום הזה ואיך כדאי להגיב אליו.

"כשהבנו איך השפה הזאת עובדת, פתאום מגוון גדול של תופעות משונות בעולם החי קיבל הסבר פשוט", אומרת בסלר. "דוגמה מצוינת היא דיונון בשם בובטייל הואי שיכול להאיר מהבטן. העניין המשונה הוא שהוא עושה את זה רק בערב, ושהאור הזה נדלק בכנת אחת.

"מי שמייצר את האור עבורו הוא חיידק ימי בשם ויבריו פישצ'רי. מיליונים ממנו. העניין הוא שהחיידק הזה לא מאיר בדרך כלל. הוא עושה את זה רק בשכמות החיידקים במושבה שלו מגיעה לרמה מסוימת. כשזה קורה, כולם מדליקים את האור ברוזמנית. אבל איך כל חיידק בנפרד יודע מתי להידלק? מצאנו שיש להם סימן מוסכם. לכל חיידק חיידק יש קולטן מיוחד לריכוז של מולקולת תקשורת בסביבה שלו, וכשהריכוז מגיע לנ' קודה מסוימת, הוא נכנס לפעולה".

למה החיידק הזה בכלל מאיר?

"החיידקים מהזן הזה חיים בתוך שני כיסים שקופים בחלק התחתון של גוף הדיונון. הדיונון הזה צד בלי' לות, ובמים רדודים יחסית, כך שאור הירח והכוכבים חודר אליהם. יוצא שבכל מקום שהדיונון מגיע אליו הוא מטיל צל, וגם הטורפים שלו וגם הניצודים שלו יכולים להבחין בו. אז מה שהדיונון פיתח זה מין מנגנון תאורה מתוחכם שמבוסס על החיידקים. על הגב שלו יש גלאים שבעזרתם הוא חש כמה אור פוגע בו מלמעלה. אז, בא' מצעות החיידקים ותריסים טבעיים שיש לו בגוף, הוא יכול להקרין את אותה כמות אור אל תוך המים ולהע' לים את הצל. במהלך היום החיידקים האלה לא מאירים. הוא נפטר מרובם בכוכר, ואלו שנשארים מתרכיבים בדיוק עד הערב, בדיוק בזמן שהוא צריך לחזור לצוד".

שפת החיידקים החדשה היתה גילוי מפתיע, אך לא השיבה באופן מספק לשאלה הגדולה: איך הם מב' צעים פעולות כה מורכבות. קדיחת שיניים אנושיות, למשל, היא משימה מורכבת שדורשת שיתוף פעולה מושלם של מאות זנים שונים של חיידקים. כמה מהם מנטרלים את הרוק, כמה מפרישים חומצות לחיזור האמייל, ואחרים מפרקים את הסוכר שנדבק לשיניים כדי שיהיה לכולם מה לאכול. זה צבא שלם. "היה לנו ברור שכדי לתפעל מערך כזה חייב להיות עוד סוג של תקשורת", אומרת בסלר.

והתקשורת הזאת אכן נמצאה. "הופתענו לגלות שיש לחיידקים עוד שפה, עם לקסיקון שונה לגמרי מהראשונה", היא אומרת. בסלר וחוקרים אחרים מצאו שרוב החיידקים מצוידים באנזים שמייצר סוג נוסף של מולקולות תקשורת, וקולטן נפרד שקורא רק אותו. את ה"שפה השנייה" כל החיידקים יכולים להבין. "זו מין שפת אספרנטו חיידקית, שמאפשרת להם לקיים דיאלוג חוצה-זנים", מסבירה בסלר.

התקשורת הגלובלית, ושיתוף הפעולה שהיא מא' פשרת, נותנת לחיידקים יכולות אדירות. "תחשוב על 5,000 בעלי מקצוע שונים שעובדים יחד, בעוצמה משותפת של 100 מיליארד פריטים", היא אומרת. "הם יכולים לעשות הכל".

לרגל אחרי החיידק

99% מהחיידקים בגופנו טובים לנו. אבל יש גם מיעוט זעיר שלא. עד ממש לאחרונה המיעוט הזה

פרופ' בסלר: "אנחנו יודעים שהמגיפה הגדולה הבאה תדרוש סוג חדש של אנטיביוטיקות. אנחנו חושבים שהן יגיעו מלימוד השפה של החיידקים. אם נלמד אותה, נוכל לצותח למסרים שלהם ולשתול מסרים משלנו"

פרופ' ברוס גרמן: "הבייביסיטר הראשון שלנו הוא חיידק ששומר על התינוק מפולשים עד לפיתוח המערכת החיסונית. המזון הייחודי שלו, מזון שבני אדם לא מעכלים, נמצא כחלק מחלב האם. זו עסקת חליפין"

פוליטיקה חיידיקית

איך חיידיקים מקבלים החלטות?

האם כל חיידיק מעבד בנפרד את המידע, או שכולם רק מגיבים אוטומטית ומעבירים הלאה? "אני טוען שיש כאן סמנטיקה וסוג של עיבוד מקומי. החיידיק לא מעביר רק עובדות, אלא גם משמעות, והחיידיק שמקבל את המסר לא מגיב אוטומטית אלא בהתאם למידע קודם שיש לו. אנחנו מתחילים לראות במעבדה הוכחות לזה. למשל, אם הקהילה נדרשת להצמצם כדי לשרוד אנחנו רואים שהמסר הכימי עובר לכולם, אבל רק חלק מהחיידיקים מגיבים. אם לא מספיק חיידיקים מגיבים בחזרה, התהליך לא יוצא לפועל. לפעמים אנחנו רואים שהתגובה הדרגתית, או מגיעה בגלים. זה נראה כאילו שחלק מהחיידיקים פשוט מחכים לראות מה יעשו אחרים. אם יש רוב בדרך כלל כולם מתגייסים, כי הם לא רוצים להיתקע לבד. אפשר להשוות את זה לסוג של הצבעה דמוקרטית."

אחד המחקרים האחרונים של בן יעקב עוסק בדרך שבה חיידיקים מעבירים ביניהם מידע גנטי. הוא מראה לי סרטון שצולם תחת מיקרוסקופ, ובו רואים שני חיידיקים שנראים כשתי אליפסות מוארכות, גדולה וקטנה יותר, הנעים לאטם בתוך נוזל צמיגי. אלו שני זנים שונים לגמרי של חיידיקים. "לחיידיק הגדול יותר יש עמידות לאנטיביוטיקה", הוא מסביר בהתלהבות. "אתה לא יכול לראות את זה, אבל כרגע שניהם מדברים ביניהם באמצעות כימיקלים. אני מריץ את זה קדימה, כי הפורפליי הזה לוקח בערך רבע שעה שבמהלכה כל צד מנסה לבדוק עד כמה הצד השני רציני. עכשיו אחד מהם יגרום לך להתכווץ בכיסא". לפתע האליפסות הקטנה יותר מתעוותת מעט, ושולחת באטיות צינור ארוך מאוד שעושה את כל הדרך עד לאליו. פסה הגדולה. "היתה חדרה!", בן יעקב אומר, מושך מבטים חשודים מהשולחנות הצמודים בבית הקפה. "מה שדאית עכשיו, לדעתי, זה הבסיס לסקס בכל המינים. אצל חיידיקים, בניגוד לחברה האנושית, האינטלקטואלים זוכים להדבקה. במקרה הזה, לחיידיק אחד יש מידע מאוד יקר ערך על עמימות לאנטיביוטיקה. באמצעות מסרים כימיים, אצלנו קוראים לזה הורמונים, הוא מספר לחיידיק השני שיש לו את היכולת הזאת. אם החיידיק השני מחליט להאמין למסר הם מתקרבים, הוא שולח צינור ודרכו החיידיק הגדול מעביר לו עותק של חתיכת המידע הספציפית שיודעת להילחם באנטיביוטיקה. זה ממש מקטע של מידע גנטי. עכשיו תשאל מה יוצא לו מזה. ובכן, מתברר שלסחוב איתך מידע גוזל הרבה מאוד אנרגיה. בתמורה למידע, החיידיק מעביר לו מזון – חומצות אמינו. אתה רואה, מאז ומתמיד סקס היה עסקת חליפין."

בן יעקב מראה בהנאה רבה את הסרטון הזה לסטודנטים. "למרתית כבד שגברים ממש לא אוהבים לראות את זה. גורל הצינור הוא לא עניין קל לצפייה."

פרופ' אשל בן יעקב (60) מאוניברסיטת תל אביב נחשב אחד החוקרים המובילים בעולם לחקר התקשורת הבין-חיידיקית. הוא מדען רב-תחומי אמיתי, ולצד מחקריו בפזיקה ובביוכימיה היה מעורב לאורך השנים גם בעבודות בתחום חקר המוח ובכ"ל כלה. בחיידיקים התאהב רק לפני קצת יותר מעשור. "רציתי לדעת מה המקורות של אינטליגנציה וקוגניציה, מאיפה זה מתחיל", הוא מספר. "היה לי ברור שלא יכול להיות שהיכולת שלנו לחשוב הגיעה בבת אחת. הרברים הגדולים חייבים להתחיל בקטנים, וחיידיקים הם הקטנים ביותר". האינטואיציה שלו הובילה למחקר פורה, וב-2004 הוא היה אחד המדענים הראשונים שדברו בפומבי – על דפי כתב העת היוקרתי "נייצ'ר" – על כך שחיידיקים הם צורת חיים מתוחכמת בהרבה מכפי שנהוג להעריך. "טעינו לגבי הסיפור שלהם", הוא מסביר, "חיידיקים הם לא מכוונת שכלול – הם מכוונת מידע. כל חיידיק בעצמו קולט רק שביי אינפורמציה קטנים מהסביבה שלו, אבל משום שהמידע משותף בתוך הקהילה, הם למעשה יודעים הרבה מאוד."

"דמיון חיידיק יחיד שאין לו פתאום מה לאכול", אומר בן יעקב. "הוא רוצה לדעת ממה זה נובע. בשלב הראשון הוא מתקשר עם חיידיקים מהקהילה שלו, כדי לברר אם המצב דומה אצלם. אם כולם מתחילים לשלוח את אותם איתותים, כל הקהילה מתחילה לזוז בחיפוש אחר מקומות עם תנאים טובים יותר."

"אבל איך הם יודעים לאן לזוז? הם מתחילים לשלוח מסרים לקהילות של חיידיקים אחרים ולבחון מה המצב אצלם. תחשוב על זה כמו טוויטר. אתה לא ישר קורא למהפכה חברתית. אתה קודם מתלונן על זה שמחיד הקוטג' מוגזם, ורואה מה אחרים אומרים בחזרה. אם החיידיקים יקבלו מסר ידידותי מקהילות שכנות, הם ילכו לכיוון שממנו הוא הגיע. אם גם שם רע"בים, הם ינסו את הצד השני."

באחד ממחקריו מצא בן יעקב שגם הדרך שבה החיידיקים מתארגנים בחלל – הם מתכנסים במושבות צפופות – קשורה ישירות לתקשורת ביניהם. "מדענים מגדלים חיידיקים במעבדה כבר הרבה שנים, אבל כמעט אף אחד לא התייחס למבנים הגיאומטריים המדהימים שהם יוצרים", הוא אומר. "כשאפשרנו למושבת חיידיקים מזון מסוים להרחב בחופשיות על צלחת פטרי היא יצרה מבנה דמוי צמח, שבקצה של כל ענף נמצאים דיכוזים גדולים של חיידיקים. הדיכוזים האלה ממשיכים להתחלק ולנוע כל הזמן, ויוצרים מעין עץ עם המון ענפים ותתי-ענפים. זה מבנה גאוני: העץ הוא הדרך היעילה ביותר לנוע במקומות שיש בהם מחסומים פיזיים, והוא גם דואג לכך שהמושבה לא תצמח עד שהיא תכלה את כל המשאבים שיש לה בשטח הנתון. החיידיקים שנשארים מאחור עוזרים למידע לזרום במהירות בין הקצוות השונים של המושבה. הם קווי תקשורת."

קשה לראות, אבל החיידיקים משוחחים ביניהם כרגע, אומר בן יעקב. "והתקשורת שתראה מיד היא מקור הסקס בכל צורות החיים"



החיידיקים משוחחים ביניהם באמצעות כימיקלים. איור: אורי גופנא, מומחה למי קרוביולוגיה מאוניברסיטת תל אביב שעוקב באדיקות אחר התפתחות הטיפול מימיו הראשונים, "הרעה המ"קובלת היתה שהאוסטרלים פשוט משוגעים".

למעשה היא הועתקה, בשינויים קלים, מתרבות עתיקה שער היום נשמרת מכל טכנולוגיה שהיא. זה החל כניסיון הצלה אחרון לבחורה אוסטרלית שמערכת העיכול שלה הפסיקה לתפקד, ושום טיפול לא עזר: היא איבדה משקל, ובריאותה הירדדה עד שכנת חיים. ברגע האחרון גסטרוולוג מקומי בשם תומס בורדי פגש אותה, והעלה את הסברה שהבעיה אינה באיברים הפנימיים ולא בדלקת כלשהי, אלא שאוכלוסיית החיידיקים שיושבת דרך קבע בקיבה שלה נכחדה, והחלפה בחיידיקים אחרים ועוינים. הפתרון שהציע היה למצוא דרך להחזיר לקיבתה את החיידיקים ה"טובים" שהיו בה בעבר.

המדע המודרני יודע להרוג חיידיקים, אבל החלפת אוכלוסיות חיידיקים בתוך גוף האדם היא משהו שעוד לא נוסה. לא על ידי רופאים לפחות. הסיפור היחיד על השתלת חיידיקים התגלגל במשך עשרות שנים כש מועצה, עד שהועלה לראשונה על הכתב ב-2001, על ידי הביוולוג האמריקאי ראלף א' לוין. לוין, שבין היתר חקר שיטות ריפוי בתרבויות קדומות, סיפר על תרופה בדואית מסורתית לדיזנטריה: אכילת צואת גמלים. הוא מצא תיעוד לשימוש בטיפול המאוד מיוחד הזה במלחמת העולם השנייה, כשחייילים גרמנים לקו בהרעלת קיבה באפריקה, וכמה מהם, בייאושם, התגברו על הגועל והעזו לנסות את תרופת האליל הברואית. והם החלימו בתוך שעות. החיידיקים שחיים בקיבות הגמלים הם מחסלי דיזנטריה מיומנים, ופשוט עברו בשלמותם למערכת העיכול של החיילים.

בורדי, שהיה מעריץ של לוין, קיבל אישור מיוחד מבית החולים לנסות על החולה האוסטרלית טיפול בהשאת הטיפול. הוא ביקש מבעלה של האשה הגרסה דגימת צואה, בודד ממנה את החיידיקים שמצא בה, והכניס אותם לגלולות לבלעיה עטופות מעטה פלסטיק. הוא קיווה שחיידיקי הקיבה של בעלה יגיעו לקיבתה, ויצליחו לכבוש אותה מידי הפולשים. "זה היה קוריוז בהתחלה", אומר ד"ר אורי גופנא, מומחה למי קרוביולוגיה מאוניברסיטת תל אביב שעוקב באדיקות אחר התפתחות הטיפול מימיו הראשונים, "הרעה המ"קובלת היתה שהאוסטרלים פשוט משוגעים".

ואז הגיעו התוצאות. החולה האוסטרלית החלימה בתוך שבועיים. מאז הטיפול בוצע בעשרות מקרים דומים באוסטרליה, וב-2008 אומץ על ידי אוניברסיטת מינסוטה והחלו לבצע אותו גם בארצות הברית. עד כה מאות חולים בעולם עברו את הטיפול, בשיעורי הצלחה חריגים של 90%-95%. "מתברר שחיידיקים טובים אפ"קטיביים יותר מכל תרופה", אומר שרון מועלם. או אולי כל מה שצריך לעשות זה ללמוד מה החיידיקים הטובים עושים נכון.

"אני חושב שבאופן כללי יש לנו הרבה מה ללמוד מהם. ככל שאנחנו, עם המוח הגדול שלנו, הפכנו למי טובים יותר, הם הפכו ליעילים ומרויכים יותר במיני ניפולציות שהם מפעילים עלינו. עצם הניסיון להבין אותם הוא התקדמות אדירה בשבילנו. זה לא טריוויאלי, להבין שמישהו מפעיל אותך."