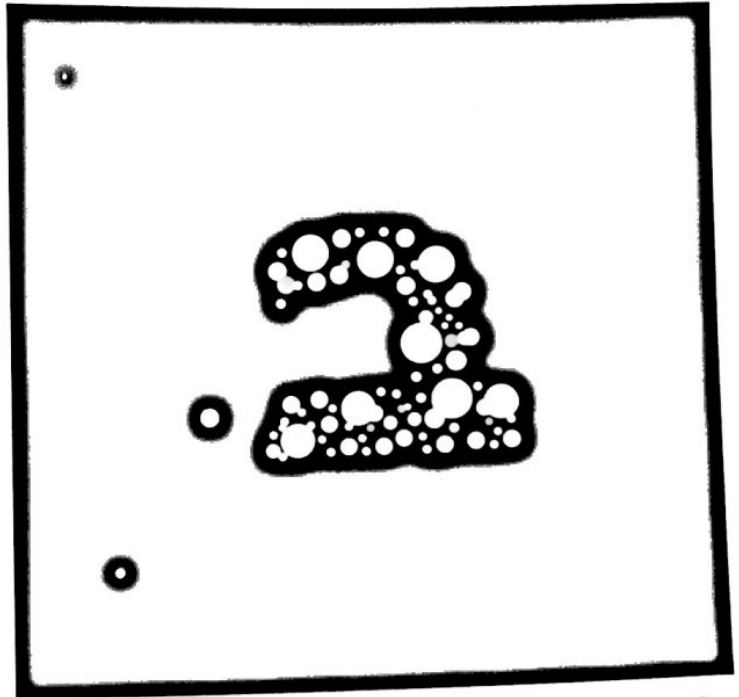


במשך עשרות שנים לימדה אותנו הגנטיקה אמת פשוטה: כל תא בגוף שלנו (ויש מיליארדים) מכיל את תכנית האב שאומרת לנו כיצד לגדול. יכול להיות שזה לא הסיפור המלא. לזין ואחרים אומרים כעת שאותות ביו-חשמליים זעירים שזורמים דרך התאים שלנו וביניהם פועלים כהוראה להפעיל ביטוי גנטי. האותות האלה מכוונים תאים בכיוון הנכון כשהם מתחילים להתפתח לאיברים כמו לבבות, ומשפיעים על צורת הגוף ותפקודו. לזין עובד במשך שני עשורים כדי להוכיח זאת.

תוך כדי כך, הוא יצר גן חיות של יצורים בסגנון האי של ד"ר מורן. הוא כפה על ראשנים לגדל עין על הבטן שלהם; עורר צפרדעים להצמיח ששרגליים; גרם לתולעים לגדל שני ראשים, שכשעורפים אותם, הם גדלים חזרה כמו זנב חתוך של סלמנדרה - והכול על ידי תמרון האותות הביו-חשמליים החלשים ביותר.

כיום הוא חושב, בעצם הוא יודע - שיבוא יום והוא יעשה את אותו הדבר גם עבור בני אדם. כך שאם חייל ייבד זרוע בפיצוץ מטען בשדה הקרב, הוא פשוט יגדל אחת חדשה. "אני לא יודע אם זה יהיה מהיר יותר מתהליך הצמיחה הרגיל של העובר האנושי", אומר לזין, שיושב במשרד המעבדה שלו באוניברסיטת טאפטס, שם הוא עובד היום, מטפל ביצירות שלו במקביל לג'ונגל של צמחי בית. "במקרה הגרוע ביותר: אם הזרוע שלך נכרתת בפיצוץ בגיל 25, עד גיל 35 תהיה לך זרוע של מתבגר, שמתפקדת באופן מלא".

כדי לעשות זאת, לזין חוצה את המעברים הזעירים ביותר. על פני השטח של כל תא יושבים חלבונים חלולים המוכרים כערוצי יונים. מולקולות טעונות (או יונים) זורמות דרך המעברים האלה, נכנסות ויוצאות מבעד לתאים ומשנות את הקוטביות ואת שיעור המתח החשמלי (הפער במתח החשמלי על פני הגוף) של התאים. שערים זעירים בתוך הערוצים שולטים בזרימה, נפתחים ונסגרים בהתבסס על אותות מסוימים; כשמספיק שערים נפתחים, יונים מציפים את התא ומשנים את המטען שלו. התא מעביר מידע אל שכניו באמצעות קבוצה נוספת של שערי חלבונים שנקראים "חיבורי gap junction". על ידי שימוש בכלים מיקרוסקופיים כמו ניויר-טוקסינים, לזין פותח או חוסם בקלות ערוצים, מציף אותם ביונים או חונק אותם. תוך כדי התהליך הוא



בוקר אחד, באביב 2000

התיישב מייקל לזין והפעיל את המחשב הנייח שלו. לזין, מרצה חדש באוניברסיטת הרווארד, אז בן 30, רצה לפתור חידה שבלבלה את המדע במשך מאות שנים: כיצד התאים העובריים המתחלקים שלנו יודעים באיזה צד של הגוף לגדל את הלב, הכבד וכיס המרה? אין-ספור בני אדם לאורך ההיסטוריה נולדו עם חלק מהאיברים שלהם, ואפילו כולם, במקום הלא נכון. אך הם בכל זאת תפקדו. לזין חשד שה-DNA לא היה האחראי הבלעדי לכך; לדעתו היה חייב להיות לכך גורם כלשהו אחר. ימים קודם לכן, הוא הזמין סריקת דימות של חצי תריסר עוברי אפרוחים על סף התפתחות ממוינת. כשהעלה את התוצאות, הוא נדהם. מטענים חשמליים, מוצגים בצהוב ואדום, נמתחו על פני התאים כמעין כתמים, משמאל לימין, בצורה ברורה כמו חץ כיוון. לזין נשען לאחור ומצמץ בעיניו. הוא היה עד, בפעם הראשונה בהיסטוריה, לאופן שבו תאים עובריים מכוונים זה את זה לימין ולשמאל באמצעות חשמל.

2/ כיפה ביולוגית
כדי להוליך זרמים חשמליים, אזור הפציעה חייב להישאר לח ומונן מהאוויר, אשר עלול לייבש אותו ולחשוף את הפצע לזיהום. לכן המנתחים מכסים את האזור בכיפה עשויה סיליקון, גומי ומשי, ובכך מחקה את הסביבה המימית של הרחם.



1/ זרוע קטועה
כירורגים מכינים את אזור הגדם לקראת התחדשות איבר, על ידי ניקוי אזור הפציעה. הם חושפים עצבים, עצמות, גידים, ושרירים חיים ורקמות אחרות, כדי שהמולקולות שבהם יוכלו לעבור טיפול באמצעות זרם חשמלי חלש.



כיצד לגדל

זרוע

על ידי שימוש בזרמים חשמליים כדי לעבור מגדם לאיבר מתפקד במלואו מאת רייצ'ל פלטמן

יוצר יצורים שהטבע מעולם לא תכנן, ושמעטים מבינינו היו מצליחים לדמיין בכלל.

"המטרה הסופית של התחום הזה", אומר לוין, "היא אפיון צורה מלא. תוכלו לשבת ליד מחשב, וכמו בפוטושופ לצייר מה שאתם רוצים, וזה יתגשם. אם הייתם אומרים 'אני רוצה צפרדע משולשת עם שבע רגליים, והעיניים צריכות להיות כאן', אני לא רואה סיבה מדוע לא תוכלו לעשות זאת."

זו מטרה שנשמעת מגלומנית, אבסורדית, פרנקנשטיינית. אפילו תומכיו - כולל המנטור שלו לשעבר מהרווארד,

הביולוג ההתפתחותי קליף טאבין - מפקפקים בטענות השנויות במחלוקת שלו. בעוד העוסקים בתחום הגנטיקה מאמינים עכשיו שערוצי יונים משחקים תפקיד ביצירת איברים ומיקומם בגוף, רבים מפקפקים בכך שלוין יכול לשלוט במגננון הזה. "כיצד אתה שולט בו?" שואל טאבין. "אם אתה מתכנן את ההיגיון של המערכת, כיצד אתה מחליט היכן למקם את הראש ואיפה את הזנב? אתה עשוי להזדקק לערוצי חלבונים כדי לבצע את ההחלטות האלה, אבל ייתכן שזה לא רכיב המפתח של ההחלטה עצמה."

לוין לא מסכים. ועבודת חייו, הכוח המניע והמטרה שלו, הם להוכיח שהוא יכול להשתמש בביו-חשמל כדי לתקן כל דבר.

לוין, בן 47, נמוך יחסית, עם עיניים כחולות בהירות ופעמים רבות עטור זקן מרושל, דומה מאוד לפאבל צ'קוב, הנווט בתכנית הטלוויזיה מסע בין כוכבים המקורי. זה בעיקר בגלל השיער החום הדבוק למצחו ברישול. אבל הוא גם רסי, כמו צ'קוב. אך על פי שהוא היגר לסוואמפסקוט, מסצ'וסטס, עיירת חוף צפונית לבוסטון, כשהיה ילד, במבטא הבוסטוני שלו מורגשת לפעמים נגיעה של חיתוך דיבור סלבי.

"זוהי צפרדע בעלת שש רגליים שיצרנו, המראה שאפשר לעורר

צד אחד קדימה

המעבדה השתמשה באור כדי לשנות את החשמל הביולוגי בצפרדע הזאת, וגרמו לה לגדל רגל מפיה.



היווצרות איברים חוץ-רחמית באמצעות שיעורי מתח חשמלי מתאימים", אומר לוין, בפנים חתומות. לעתים רחוקות הוא מביע תדהמה, הומור, או אפילו טיפה של זחיחות בנוגע למה שיצר. הוא עומד במסדרון, מחוץ למשרד שלו, מוקף באוסף מטריד של היצירות שלו. כמו אוסף תקליטי הזהב של מפיק מוזיקלי, הוא תלה פוסטרים המציגות את כריכות כתבי העת המדעיים שהוקדשו לו, כמו זה של המגזין Development משנת 2007, המציג צפרדע בעלת שתי רגליים, זרוע שמאלית אחת ושלוש בליטות דמויות

צבתות של סרטן שצומחות מצדו הימני של גופה.

כשלוין היה בערך בן עשר, אביו נהג להביא הביתה מחשבים מעבודתו כמתנת בחברת Digital Equipment Corporation, אשר ייצרה את המחשבים הקופסתיים שאתם רואים בסרטים של אדי מארפי. לוין השתמש בהם כדי להתחבר לרשת המרכזית של החברה וללמוד תכנות. עד גיל 15, הוא כתב גרסה של פק-מן, יצר תכנה לעצוב גרפי של תכנות, ופרסם מאמר בכתב עת, שמציג כיצד להשתמש בטריגונומטריה כדי לסרטט צורות דמויות תלת-ממד על מסך דו-ממדי.

שנה לאחר מכן, ב-1986, אביו של לוין לקח את המשפחה לוונקובר, לכנס ה-Expo 86 (המוכר גם כתרוכה העולמית). החוויה שינתה את חייו של לוין. מונורייל זמזם מעל ראשו. יורית'מיקס הופיעו. ג'נרל מוטורס התגאתה בטכנולוגיה הולוגרפית חדשה. אבל רגע ההארה הגדול של לוין לא התרחש בביתן או על רכבת מגנטית מרחפת. זה קרה בחנות ספרים זעירה במרכז העסקים של ונקובר, הרחק מקהל המבקרים.

יום אחד, כשנבר במדפי החנות, מצא לוין עותק של ספר משנת 1985 *The Body Electric: Electromagnetism and the Foundation of Life* (החשמל בגוף: אלקטרומגנטיות ויסודות

5/ זרוע חדשה

קצב התהליך מקביל לקצב תהליך הגדילה הרגילה של עובר אנושי. פירוש הדבר שחייל בן 25 שאיבד את זרועו בהתפוצצות מטען צד יצטרך להמתין עשור, עד גיל 35, בשביל זרוע של ילד בחטיבת ביניים - אבל כזאת שתתפקד באופן מלא.



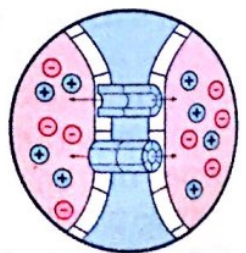
4/ מפעיל גנים

האותות הביו-חשמליים של התא משפיעים על הפעולה והכיוון של ביטוי הגנים, ופועלים כסוג של קוד תכנה לכל הגוף. ברגע שיינתן האות לחלוקת תאים, תרחש תגובת שרשרת, והגוף יתחיל את התהליך הטבעי של גידול זרוע.



3/ הצפת יונים

השרוול מכיל תרופות שיכולות לתמרן את ערוצי היונים של הגוף, וחלבונים חלולים שיושבים על פני השטח של התאים שמאפשרים לחולקולות טעונות לנוע פנימה והחוצה, ולשנות בכך את המטען של התא ואת האיתות שלו לתאים אחרים ברחבי הגוף.



העמוקות יותר: מדוע וכיצד. "יש לי כמה סטודנטים חכמים מאוד, מוכשרים ושאפתנים, אך אף אחד מהם לא היה מוכן לגעת בזה אף לא עם מקל ארוך", אומר טאבין. הם לא רצו להסתכן ולזרוק שנים מחייהם אל תוך חור שחור. ברגע שהוא נכנס למעבדה, לזין - על אף הספקות שהביע מנחה התזה שלו - קפץ על המציאה. לזין הבין, "נכונה", אומר טאבין, שזה אזור במדע שנחקר באופן מינימלי. "כשמשהו נראה לו כמו רעיון מגניב במיוחד, מייק לא מוטרד ממה שאחרים חושבים", אומר טאבין.

לזין מצא אז גנים אחרים ששלטו בסימטריית הימין-שמאל של חלקי הגוף, ובסופו של דבר האיר את הנתביב הגנטי שסייע לזין את הפעולה. אבל הוא עדיין האמין שדבר נוסף מניע את האותות קדימה. עד לשנת 2000 הוא ידע שזה ביו-חשמל, אבל הוא היה צריך לגלות כיצד הוא פועל. לאחד מעמיתיו הייתה גישה לכלי שגרם לתאים לזהור באדום, ירוק, צהוב וכחול בהתבסס על מתח חשמלי. לזין ביקש ממנו לנסות אותו על עוברי אפרוחים. ואז, ביום אביבי בשנת 2000, זה קרה: נמצאה הוכחה שחשמל משחק תפקיד מפתח בביו גנטי, והוא משפיע על היכן ומתי איברים מתפתחים.

הפחת חיים באיברים קטועים כדי לגרום להם לגדול מחדש אינה עניין חדש במיוחד. בשנות ה-70 של המאה ה-20, חלוצים כמו הביולוגים ליאונל ג'אפה וריצ'ארד בורגנס הראו שהם יכולים לעורר חידוש איברים בצפרדעים על ידי שימוש בזרמים חשמליים. אבל הם ניהלו את הניסויים שלהם עם סוללות פשוטות. לזין הוא הראשון שכונן במדויק אותות ביו-חשמליים ברמה התאית, וניסה לפצח את הקוד של המשמעות שלהם לתאים האלה. הוא בנה בטאפטס ארגז כלים מורכב כדי לעשות זאת. בין הכלים האלה: ניו-טוקסינים ותרופות שחוסמות את ערוצי היונים שבתנאים אחרים היו נשאים פתוחים, או פותחות את אלה שהיו נשאים סגורים; RNA שגם כותב קוד לערוצים חדשים, אותם מזריק לזין אל תוך תאים בעזרת מיקרו-פיפטה מזכוכית; מולקולות שיכולות להעביר יונים דרך קרומי תאים; גנים שכותבים קוד עבור ערוצי יונים (שהתגלו על ידי מומחי מוח, כליות ומעיים). הוא מתחקה אחר ההשפעה של שינויי מתח בעזרת חלבונים זוהרים וצבענים, אשר מתבהרים כשיעור המתח עולה.

כל פני שטח של תא מארחים מאות ערוצי יונים. אבל רק אחד או שניים שולטים בשיעורי המתח האלה, כך שלזין יכול לתמרן אותם בקלות לדוגמה, רק ארבעה ערוצים פועלים ככפיתורי השליטה הראשיים שקובעים אם איברים יגדלו בצד הנכון של הגוף. שינוי כיוון של כל אחד מהם הופך את מיקום צמיחת האיבר לרנדומלי. לזין גידל עין על הבטן של ראשו, רק על ידי הוספת ערוץ אחד. "אם שואלים את השאלה, 'מהיכן הגיעה העין מלכתחילה?' אפשר להסתכל בתוך

החיים) מאת רוברט בקר וגארי סלדן. בקר, אורתופד מנתח במחלקה לחיילים משוחררים של צבא ארצות הברית התמקד בביו-חשמל: הדרך שבה הגוף שלנו פועל באינטראקציה עם שדות מגנטיים (כמו כבלי מתח גבוה), נוסף על האימפולסים שמניעים את השרירים והמוחות שלנו. כבר בשנות ה-80 של המאה ה-18 גילה הפיזיקאי האיטלקי לואיג'י גלווני את נוכחותו של חשמל בבעלי חיים, על ידי כך שחיבר אל רגליה של צפרדע מתה אלקטרודות וגרם להן להתעוות. מדענים אחרים הבינו מאוחר יותר שיונים נשארו את האנרגיה הזאת ברחבי הגוף. רק החל משנות ה-30 וה-40 של המאה ה-20 סייעו כלים חדשים לחוקרים ללמוד שזרימות יונים יכולות לשלוט בקוטביות של התא.

בקר לקח את המחקרים האלה והוסיף פרטים מהניסויים שלו. כשקטע את האיברים של צפרדעים וסלמנדרות, וחיבר מד מתח אל נקודות הפציעה, הוא גילה שבתוך 24 שעות מהכריתה המתח בנקודת הפצע בשני המינים זינק ממינוס עשרה מגה-וולט ל-20+. אבל המתח בסלמנדרה צנח לאחר מכן למינוס 30 מגה-וולט, תבנית שקדמה להתחדשות איברים.

בקר תהה אם אפשר היה לשנות את המתח אצל הצפרדע, האם זה היה גורם לאותו דבר: לצמיחה מחדש של איבר כרות? הוא חשב שכן. אבל באותו הזמן לא היו לו כלים מדויקים מספיק כדי לנסות לעשות זאת.

לזין, רק בן 16, היה מרגש מהשאלה הזאת. כשהוא שב הביתה, הוא הצליח לאתר כל מחקר שבקר ציטט, קרא אותו, איתר את האזכורים, קרא אותם, והתחקה אחר הדרך חזרה לגלווני, תוך שהוא מצלם במכונות צילום לאורך הדרך מאות מאמרים.

האובססיה שלו הפכה לתחביב, פרויקט משני לצד העבודה האמיתית שלו: תכנות. ובכל זאת, העניין המשיך להשתררב לתוך העבודה שלו. מאוחר יותר, כסטודנט למדעי המחשב באוניברסיטת טאפטס הוא רצה ליצור בינה מלאכותית, שעל פי התכנון, תזדקק ליכולת תיקון עצמי. אבל כדי להבין כיצד לגרום למכונה לעשות זאת, הוא היה צריך קודם להבין כיצד הטבע עושה זאת. לכן הוא לווה סלילים מגנטיים ממעבדת הפיזיקה, כרך אותם מסביב לעוברי קיפודי ים, ומדד את האופן שבו גלים אלקטרומגנטיים שינו את קצב חלוקת התאים, ממצאים שהובילו אל כתיבת שני המאמרים המדעיים הראשונים שלו. עוד לפני שנת הלימודים האחרונה שלו, הוא הקים חברת תכנה. אבל מה שהוא באמת רצה היה להצטרף למעבדת מחקר כדי לגלות תגליות שישנו את עולם המדע. לכן הוא עזב את חברת התכנה ועד מהרה מצא את עצמו במעבדה של טאבין, בבית הספר לרפואה של הרווארד.

בזמנו, הצוות של טאבין זיהה גן מאותת שלכאורה מתבטא בצד השמאלי של הגוף בשלב מוקדם של ההתפתחות. הם ידעו מעט על מה שהוא עושה בשלבים מאוחרים יותר, אבל הם לא בדקו מדוע הוא ממוקם היכן שהוא ממוקם. אף אחד מהפוסט-דוקטורנטים שלו לא היה מוכן לבחון את השאלות



לזין חייב
לעבור
בערוץ הזעיר
ביותר, חלבון
חלול המוכר
כערוץ יון,
שרוחבו אינו
עולה על
אטום או
שניים.

העובר, ולראות שיש תבנית ביו-חשמלית ייחודית שמארגנת את שדה העין האנדוגני, מסביר לוי. "אם אני מארגן את אותה התבנית במקום אחר, האם אני אקבל עין? התשובה, כפי שאנחנו יודעים, היא כן".

כדי לגרום לאיבר לצמוח מחדש יש להשקיע עוד קצת אהבה ומסירות. כדי לגרום לראשן לגדל זנב מחדש, לוי משרה את הפצע בתמיסה כדי שיונים טעונים ישטפו את התאים שלו. זמן ההשריה: שעה אחת. שמונה ימים לאחר מכן יש זנב חדש. הצמחת איבר מחדש דורשת השריה של 24 שעות. רגל מתפקדת דורשת כשישה חודשים. לוי אומר שמטרת ההשריה היא "להתניע את כל שרשרות ביטויי הגנים האחרות של התנהגות תאית".

לוי מתמודד עם האתגר לעשות את אותו הדבר עבור בני אדם, או כל יונק אחר עם דם חם. ראשית, לבעלי חיים עם דם חם יש לחץ דם גבוה בהרבה מאשר לזוחלים. לכן קיימת סכנה של דימום למוות אם הפצע אינו סגור עם גלד. דבר שני, איברים עם דם חם נוטים לצמוח לאט יותר, ולכן יש סיכון גבוה יותר שיתפשט במקום זיהום. ובדיוק כמו עם כל בעל חיים, הגוף תוקף זיהום עם דלקת אשר עלולה לעכב צמיחה תאית. נוסף על כך, כדי להוליך זרם חשמלי מסביב לפצע, הוא חייב להישאר לח ולהיות מוגן מהאוויר.

לוי, יחד עם דיוויד קפלן, יו"ר מחלקת ההנדסה הביו-רפואית בטאפטס, פיתח כיפה ביולוגית אטומה למים שהם יכולים למקם מעל סביבת הפצע של בעל החיים. התקווה של לוי היא שקטוע אנושי יצטרך ללבוש אותה רק לכמה שעות, מספיק זמן כדי לאותת לתאים להתחיל לגדול. הכיפה הזאת, העשויה סיליקון, גומי ומשי, תכיל סביבה מימית דומה לזו שאפשר למצוא מסביב לעובר, אבל מלאה בכלים מתמרני יונים שיעוררו צמיחת איברים מחדשת. השניים הניחו כיפות ביולוגיות על איבריהן הכרותים של צפרדעים, אשר סייעו לצפרדעים להצמיח מחדש רגליים מתפקדות. "הכלים נמצאים שם", אומר קפלן. "אנחנו רק צריכים לגרום לכל הדברים לעבוד יחד, לכן זה רק עניין של זמן".

העבודה של לוי תוכל בקרוב לשנות את הטיפול בסרטן. במרס האחרון, הוא ועמיתיו הגיעו לכותרות ברחבי העולם כשגרמו לגידולים סרטניים בצפרדעים להצטמק על ידי שימוש באור כדי לתמרן אותות ביו-חשמליים. לגידולים סרטניים רבים, אומר לוי, יש אותות ביו-חשמליים חריגים שבאים לידי ביטוי בקיטוב תאים מאסיבי. זה האות המעוות הזה, הוא מאמין, שגורם להם לגדול ולהתפשט.

במקום להפגז את הגוף בכימותרפיה, יכול להיות שאפשר יהיה בבוא היום לשדל תאים סוררים לחזור אל תוך הרקמות הרגילות. הוא הראה גם שהוא יכול לבטל פגמים עובריים מולדים, כמו מוח קדמי מעוות בצפרדע, פגם שדומה לאלה הנגרמים בעוברים אנושיים בעקבות צריכת אלכוהול של ההורה. כבר היום רופאים משתמשים בתרופות שמשפיעות על תעלות יונים כדי לטפל במחלות לב ובמחלות עצבים מסוימות. לוי אומר שאותן תרופות עשויות לשמש בטיפול בסרטנים וכדי לתקן פגמים מולדים, אם הם מזוהים בעובר, על ידי השבת האותות הנדרשים. "הייתי שם כסף על העובדה שזה הולך לקרות ב-25 השנים הבאות", אומר לוי. "אני שמרן, אבל אני חושב שעוד בתקופת חיי אנחנו נראה את זה".

לא כולם בטוחים. רוב העבודה בתחום הרפואה הרגנרטיבית מתרחשת סביב הגנום ותאי הגזע. ובעוד ישנם מדענים שחושבים שההתמקדות המוחלטת הזאת מזניחה גורמים פוטנציאליים אחרים - כמו ביו-חשמל - המדע בכללותו לא ממש מוכן לקבל את הטענות של לוי שביו-חשמל הוא טריגר עיקרי.

"כדי שנוכל להאמין להרבה מהדברים שהוא מנסה 'למכור' לנו, אני חושב שצריכה להיות קצת יותר תובנה מכניסטית", אומר אנדרה לבצ'נקו, מהנדס ביו-רפואה שמנהל את מכון מערכות הביולוגיה של ייל. "אנחנו צריכים להבין באותה רמה ובאותה מידת בהירות כפי שאנחנו מבינים מידע גנטי ששולט בתפקוד תאי. אין לנו הבנה כזאת בנוגע לפוטנציאל חשמלי. אם המטרה שלו היא להגיע לאותה מידה של הבנה, זה ראוי לשבת. הוא צריך לזכות לתמיכה. זה בבירור חלק מהסיפור".

על אף הספקות, לוי הצליח לגייס מימון משמעותי לניסויים שלו, שמומנו על ידי מכוני הבריאות הלאומיים של ארצות הברית. באפריל שעבר העניקה קבוצת Paul G. Allen Frontiers שהושקה על ידי פול אלן, המייסד השותף המיליארדר של מיקרוסופט, מענק של עשרה מיליון דולר, אשר יוכל לצמוח ל-30 מיליון דולר. תומאס ס. סקאלק, המנהל בפועל של הקבוצה, נזכר בתגובה אחרי שלוין הרצה בפניהם בחורף שעבר בלוויית מצגת עם תמונות של היצירות שלו. "זה היה מרעיש", אומר סקאלק. "אנשים אמרו שזה שינה את הראייה שלהם בנוגע לביולוגיה, שהם מעולם לא ראו נתונים שמראים שאפשר לגרום לשינויים קבועים במורפולוגיה של אורגניזם מעל לרמת השינוי הגנטי. זה באמת היה מפתיע". התקווה שלו היא שלוי יפצח וייסד תחום חדש בביו-מדע. "אנחנו מצפים שזה יתפתח בצורה משמעותית".

גם לוי מקווה. המטרה השאפתנית ביותר שלו היא לגדל כל צורה שהוא רוצה, במעבדה או בתוך רחם. פירושה של הבנה כזאת יהיה שהוא יוכל לתקן כל מחלה. והוא משתמש ביכולות התכנות שלו כדי לעשות זאת. הוא מתכנן מודלים ממוחשבים ותכנות בינה מלאכותית שניתחו ויחזו כיצד שיעורי מתח משתנים משפיעים על צורתו ותפקודו של אורגניזם - למעשה, פיצוח הקוד הביו-חשמלי של החיים כדי לשלוט בו באופן מלא. "כרגע אנחנו יודעים רק מעט על הנושא", אומר לוי. "אנחנו צריכים לעשות עוד הרבה כדי שבאמת תהיה לנו שליטה". הוא משווה את זה למדעי המוח. אנחנו יודעים שזיכרונות מוטבעים במוח, אבל מדעני מוח לא יודעים כיצד לכוון מצבים ספציפיים של תאי עצב כדי לערוך אותם. "אותו הדבר אתנו", אומר לוי. "אנחנו יודעים שמאפיינים חשמליים מקודדים סוג של זיכרון תבנית ברקמות שגורמות לשינויים מורפולוגיים, אבל אנחנו רק מתחילים להבין את המשוואה שמחברת את התבניות האלה. והוא מוסיף: "אני אופטימי שנראה את הדברים שבטוח הארוך. זה קשה מאוד. אלה דברים שעומדים על גבול הידע. אבל אתם ואני נראה את זה בתקופת חיינו."%

אדם פיורה הוא מחבר הספר The Body Builders: Inside the Science of the Engineered Human, שיצא לאור בחודש מרס.