



סלמנדרה מצויה. צילום: אסף שדה

מחירה של התפתחות מואצת

אילן ילנוב

חיפה, נערך בשיתוף נועה טרוסקנוב מאוניברסיטת חיפה ופרופ' מרק מנגל (Mangel) מאוניברסיטת קליפורניה. הסלמנדרה המצויה מתרבה בהרי צפון הארץ בבריכות עונתיות שמתמלאות במהלך גשמי החורף ומתייבשות בדרך כלל במהלך האביב ולכן חייבים ראשני הסלמנדרה להשלים את התפתחותם לחיים יבשתיים לפני שהבריכה מתייבשת; כישלון לעמוד בלוח זמנים זה פירושו מוות ודאי. בחלקו הראשון של המחקר ביקשו החוקרים לבדוק אם עומד לרשות ראשני הסלמנדרה מנגנון התראה מוקדמת שמונה להם להאיץ את קצב התפתחותם על מנת להימלט מהתייבשות במידת הצורך. ההשערה של החוקרים לגבי מנגנון זה התמקדה בשרידי ראשנים שמתו עקב התייבשות קודמת של אותה בריכה. כדי לבדוק את ההשערה הוכנסה קבוצת ניסוי של ראשני סלמנדרה לבריכות שפוזרה בהן אבקה במינון מזערי. האבקה הופקה משרידי ראשנים שמתו בבריכות טבעיות בשל התייבשותן. קבוצת ביקורת הוכנסה לבריכות שלא נחשפו לאבקה

האצת קצב ההתפתחות, שנתפשת בדרך כלל כיתרון, גוררת מחירים פיזיולוגיים שעלולים להיות אפילו קטלניים, כך עולה ממחקר שנערך באוניברסיטת חיפה בשיתוף אוניברסיטת קליפורניה, סנטה קרוז, ופורסם במאמר בכתב-העת המקוון PLoS ONE. "ממצאי המחקר שלנו, שנערך על סלמנדרות, ותואמים ממצאים של מחקרים בבעלי חיים נוספים, מפנים זרקור למחקר על האצת קצבי ההתפתחות גם אצל בני אדם", אמר אסף שדה, מוביל המחקר. המחקר הנוכחי, שהוא חלק מעבודת הדוקטורט של שדה במעבדה לאקולוגיה של פרופ' ליאון בלאושטיין מאוניברסיטת

זו. הראשנים חשו, מיד עם השרצתם לבריכה, בשרידיים המיובשים והאיצו את קצב התפתחותם באופן מובהק לעומת קבוצת הביקורת. החוקרים משערים כי רקמותיהם של הראשנים שהתייבשו משנות את הרכבן הכימי בזמן שהן מתייבשות בשמש, תהליך שיוצר "ריח מוות" ייחודי שמשחרר למים כאשר הבריכה מוצפת שוב. "ריח מוות" זה מספק מידע לראשנים שמושרצים לאחר מכן לגבי אי-יכולתה של הבריכה להחזיק מים לאורך זמן וכך הם יודעים שבבריכה זו כדאי להם לקבוע קצב התפתחותי גבוה כדי להימלט מגורל דומה.

בחלקו השני של המחקר שינו החוקרים את מפלסי המים בבריכות כך שיִדמו מצבים בפועל של התייבשות או אי-התייבשות. נמצא שלאחר זמן מה תיקנו הראשנים את קצבי ההתפתחות ההתחלתיים על פי השינויים בפועל במפלסי המים בבריכותיהם.

החוקרים מצאו גם שלהתפתחות מהירה יש מחיר: הממצאים המרכזיים מראים כי ראשנים שהגיבו בהתפתחות מהירה סבלו מתמותה מוגברת, ככל הנראה בשל מחיר פיזיולוגי הכרוך בקצב ההתפתחות המהיר. תמותה גבוהה במיוחד התרחשה בקרב ראשנים שלא קיבלו התראה מוקדמת מ"ריח המוות" ונאלצו להאיץ את התפתחותם באופן קיצוני בתגובה לשינויי מפלס המים. לדברי החוקרים, המנגנונים הפיזיולוגיים שעומדים בבסיס המחירים הללו טרם ידועים, אך הם משערים שהם כוללים גורמים ברמת התא, כגון נזקי חמצון עקב קצב מטבולי מוגבר, וכן גורמים ברמת הרקמה כגון ניצול יתר של תאי גזע או הפרת האיזון בין תהליכי התמיינות וגדילה של רקמות שונות בגוף. המחירים הפיזיולוגיים הללו עלולים לגרום לראשנים להיות פגיעים יותר בפני עקות אחרות כגון טמפרטורה



”
**ממצאי המחקר שלנו, שתואמים
 ממצאים של מחקרים בעלי חיים
 נוספים, מפינים זרקור למחקר על האצת
 קצבי ההתפתחות גם אצל בני אדם**
 “

פחב' לאון בלאושיין (מימין) ופחב' חוק מרק מנגל

צילום: אוניברסיטת חיפה

למטה: אסף שדה

צילום: שי לוי

רבה לחקר קצבי התפתחות גם אצל בני אדם כגון התפתחות מוטורית, חיסונית, מינית וקוגניטיבית. "תוצאות המחקר מגרות את המחשבה בהקשר של תפישות נפוצות לגבי התפתחות אופטימלית של הילד. אמנם המרצת פן מסוים של התפתחות הילד מאפשרת לו להתמודד טוב יותר עם הסביבה, אולם יש צורך לבדוק אם היא עלולה לבוא על חשבון פן התפתחותי אחר, ולגרום לילד קשיים בהתמודדות עם אתגרים סביבתיים אחרים", אמר שדה, והדגיש כי המחקר בתחום זה עודנו בעריסתו, ושתידרש עבודה נוספת לפני שאפשר יהיה להסיק מסקנות יישומיות לגבי התפתחות האדם. ❖

אילן יבלברג, מערך תהוד"ה, אוניברסיטת חיפה.

המאמר המקורי:
 Sadeh A, Truskanov N, Mangel M, Blaustein L (2011) Compensatory Development and Costs of Plasticity: Larval Responses to Desiccated Conspecifics. *PLoS ONE* 6(1): e15602.
<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0015602>

גנטי (גנוטיפ) נתון מסוגל לבטא תכונות שונות (פנוטיפים שונים) בהתאם לתנאי סביבה שונים. אחד מכיווני המחקר בביוגיה אבולוציונית הוא מציאת המנגנונים המגבילים את הגמישות ההתפתחותית ומונעים את התפתחותה של "מפלצת דרוונית" – אורגניזם המאמץ באופן מושלם כלתכונה הנדרשת על ידי סביבתו. באמצעות מודל מתמטי המתבסס על תוצאות הניסוי ונתונים מהספרות, החוקרים טוענים שהמחירים הכרוכים בשינוי קצבי ההתפתחות הם גורמים יסודיים בהגבלת הגמישות ההתפתחותית. מניתוח תיאורטי זה עולה שמידת הגמישות משתנה לאורך תקופת התפתחותו של הפרט, ותלויה במאבק בין המחיר הפיזיולוגי הכרוך בהפעלת הגמישות כדי להשיג התאמה מקסימלית לסביבה, ובין המחיר הסביבתי שכרוך בויתור על התאמה כזאת. המודל מנבא, בין היתר, מגמה כללית של אובדן הגמישות לאורך שלבי ההתפתחות של הפרט, תופעה שאכן נצפתה במחקרים רבים (loss of plasticity).

נוסף על כך, עקב הממצאים הדומים בקרב סוגים שונים של בעלי חיים, החוקרים טוענים כי יש חשיבות



גבוהה, טורפים וטפילים, ובכך אף לגרום למוות. תוצאות אלו עולות בקנה אחד עם תוצאותיהם של מחקרים נוספים שבוצעו לאחרונה על מחירה של האצה בגדילה לאחר תקופת רעב בחרקים, בדגים, בדו-חיים וביונקים. חלקו השלישי של המחקר התבסס על כך שתוצאות הניסוי משקפות כנראה תופעה כללית, ובו הציעו החוקרים הרחבה לתיאוריה הקיימת על אודות האבולוציה של גמישות התפתחותית (developmental plasticity). גמישות התפתחותית היא תופעה רחבת היקף בעולם הביוגיה, שבה פרט בעל מטען