

### שבירת סימטריה, אלגוריתם ודינמיקה

סימטריה, דינמיקה רפלקסיבית וריחוק מהמעטפת הסנסורית-מוטורית (השכבה הבאה במגע מידי עם העולם הממשי) מציבים אתגר בפני מערכת מתפתחת ומסתגלת. זאת מפני שפעילות – בכל נקודה שנבחר לבחון בתוך מערכת העצבים המושגית – אינה מייצגת תכונות חושיות באופן ייחודי ונאמן. תחת זאת, פעילות עצבית היא תוצאה של קלט חושי, המתערבב בדינמיקה פנימית בלתי תלויה ובשיירי השפעות קודמות של החושים: "[...] התפיסות שלנו הן תמיד תערובת של מעט קלט מהערוצים החושיים והרבה מאוד מידע שכבר קיים בזיכרוננו".<sup>240</sup> כשהעובר נמצא בתוך הרחם, אתגר ההסתגלות מצומק במידה ניכרת; הוא ניזון מהשלייה, איבר פיזיולוגי "אדיש" המחובר לדמה של האם ומספק את צרכיו כמעט ללא תלות בדפוסי תנועותיו. פיירברן, כפי שנידון בפרק הרביעי, מתייחס למערך האוטופי הזה כ"תנאים תיאורטיים מושלמים", שבהם תסכול (אי-נחת) – מנוע שבירת הסימטריה וההתפתחות המנטלית הנובעת ממנה – "כמעט שאינו מתעורר".<sup>241</sup> אבל עבור התינוק בעולם שמחוץ לרחם, שם הצרכים הבסיסיים תלויים באם-סובייקט, המצב אחר לגמרי. בגלל ההקשר ההתייחסותי שמחוץ לרחם, אין להימנע מאם מתעתעת ומגירויים אמביוולנטיים, ולכן לתנועותיו של התינוק ביחסיו עם הסובייקט יש השלכות. הרי האובייקט החיצוני – האם או השד שלה – נראה פחות או יותר אותו הדבר בסיטואציות סותרות של הזנה/נסיגה. אותו אובייקט חיצוני מחייב דפוסיים שונים של פעילות מוחית שמתורגמים לתנועות (לינוק או לנשוך?). בפני התינוק עומד אתגר שנראה על פניו לא אפשרי: מנקודת המבט הפיזית, האובייקט החיצוני בשתי הסיטואציות הללו זהה כמעט, או נכון יותר – זהה באופן כללי. כלומר מערך דומה של קולטנים חושיים מופעל מפני

240. Braitenberg (1977[1973], p. 106).

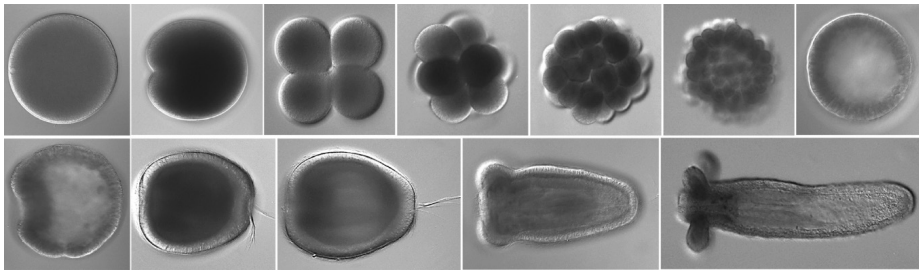
241. Fairbairn (1944).

שהתכונות הפיזיקליות של הגירוי דומות (אותה האם הפיזית, אותו השד הפיזי). אבל יש הבדלים. מוכרחים להיות – מתח, רכות, מחווה זו או אחרת או קול זה או אחר – הבדלים בפרטים הקטנים בין האובייקט החיצוני הטוב המזין לבין האובייקט החיצוני הרע הנסוג. המשימה המנטלית של התינוק המתפתח היא לפענח את הסיטואציה ולסווג (על סמך אותם פרטים קטנים) את שני המצגים השונים של האובייקט החיצוני.

אפשר לחשוב על המצב האמביוולנטי במושגים פיזיולוגיים, כהפעלת מערכת העצבים המושגית בשתי נקודות "סמוכות". המשימה הפיזיולוגית של מערכת העצבים המתפתחת של התינוק היא ללמוד לסווג בין הקלטים הסמוכים הללו, ליצור פעילות עצבית שתבטא בתנועות מתאימות ומועילות. במידה מסוימת (גסה ביותר) היכולת הזו מובנית ברפלקסים הינקותיים. אבל אורגניזמים מסדר גבוה (אדם) אינם יכולים להסתמך רק על דפוסי רפלקסים מולדים ומוגדרים מראש; אנו חיים במציאות התייחסותית כה אמביוולנטית עד שהפנטזיות המוקדמות או ההשערות הראשוניות אינן מספיקות. האמביוולנטיות נפתרת על ידי שבירת הסימטריה ויצירת מסלולים מועדפים בתוך החומר האפור.

לאור הסימטריה הראשונית והדינמיקה הרפלקסיבית והמתמשכת שנכפית על ידי אוכלוסייה גדולה של מיליארדי תאי עצב מצומדים, המשימה של התאמת דפוסי הפעילות המוחית לדקויות ההתייחסותיות המוקדמות והבלתי צפויות הללו היא משימה אימתנית. פתרון האמביוולנטיות חורץ גורלות, לא פחות. זוהי המקבילה הנורו־התפתחותית של תהליך אוניברסלי יותר בהתפתחות העוברית, היינו ההתקדמות ממבנה סימטרי ("הכול פתוח") למימוש יחיד, מצומצם.

בהקשר זה, כשאני מהרהר בקרע הנוצר במוחו של התינוק – כמו גם בנפשו – עולה בדמיוני המטפורה של גֶסְטַלְצְפֶּה, תהליך התפתחותי שבו "כדור עופרי" סימטרי מתקפל אל תוכו פנימה



איור 8: התפתחות עוברית של שושנת ים (*Nematostella vectensis*). שלבים רבים של שבירת סימטריה הייררכית מתרחשים במשך שבעה ימים, החל בביצה (שמאל למעלה; קוטר של כ־250 מיקרון), עבור בסדרה של חלוקות עד לקבלת בלסטולה (ימין למעלה; כדור חלוק המוקף בתאים), לאחר מכן בגסטרוֹלְצִיָה (שמאל למטה), וכלה בפוליפ צעיר (ימין למטה; אורך של כ־800 מיקרון). רפרודוקציה מתוך Lee et al (2007).

ויוצר ציר ראש-זנב שממנו יצמחו איברי הגוף (איור 8). זהו תהליך שבירת הסימטריה הדרמטי ביותר בהתפתחותו של אורגניזם. מקובל לייחס ללואיס וולפרט, ביולוג התפתחותי נודע, את האמירה הבאה: "לא הלידה, לא הנישואין ולא המוות; גֶסְטְרוֹלְצִיָה היא הרגע שבו נחרץ גורלכם". אי אפשר להחמיץ את הדמיון, ברוח ובדימוי, למילותיו של פרויד על "קרע באני, קרע שלא יירפא לעולם, ותחת זאת ילך ויגדל עם הזמן"<sup>242</sup>.

כיצד עלינו לגשת אל הפרשנות הפיזיולוגית של שבירת הסימטריה הפסיכולוגית? איזו פורמולציה יכול המדע להציע לרצפים כאלו של אירועים החורצים גורלות?

בין שאנו מפרשים תהליכים אבולוציוניים או התפתחותיים, התפתחות עוברית או אדפטציות עצביות או מנטליות, אנו מוצאים את עצמנו בנקודה כלשהי על הקשת הנמתחת בין שתי עמדות קיצון, נקודה המשקפת את הנטיות ואת היכולות האישיות, את ההיסטוריה החינוכית ואת הכלים הניסיוניים והאנליטיים העומדים לרשותנו. את אחד הקטבים אפשר לכנות "עמדה מכנית-תוכניתית". זו צומחת מתוך התבוננות בתהליכים כגון ההתפתחות העוברית המוצגת

Freud (1938) .242

באיור 8. על פי עמדה זו ההתפתחות מתרחשת באופן מתוזמן להפליא בהתאם לתוכנית מוגדרת מראש. קשה לעמוד בפיתוי ולהימנע מפירוש סדרת הצילומים המוצגת באיור 8 כתוצאה של תוכנית שבה כל שלב מוביל לשלב הבא אחריו. העמדה המבנית-תוכניתית כרוכה בחיפוש אחר רצף האירועים המתוכנת ואחר זהותם ומיקומם של המרכיבים המבצעים (או האחראים לביצוע) כל אירוע, הקואורדינטות של המרכיבים הללו, השדות והכוחות שהם מפעילים זה על זה. עמדה זו תובעת להסביר מה השתבש בתוכנית, באלגוריתם, כשהדפוס הנוצר חורג מהמצופה – כלומר כשיש כשל בתוכנה. מדענים המאמצים את העמדה המבנית-תוכניתית מתייגים את התוכנות המשוערות הללו במונחים של "אופטימליות" ביחס לתוצאות הרצויות, ונוטים להיעזר במדידות ובשיטות האופייניות לתחומי מחקר מתקדם בהנדסה ובתורת האינפורמציה. מטבע הדברים העמדה המבנית-תוכניתית קשורה בעבותות להיבטים היישומיים של מדעי החיים ומתמקדת בהבדלים פרטניים במבנה. כפי שיתואר בפרק האחרון של חיבור זה, העמדה המבנית-תוכניתית נטועה עמוק בתרבות האנושית. בגרסתה הקיצונית היא משקפת צורך אנושי להאמין שלדברים יש סיבות מוגדרות היטב השוכנות במבנים שאפשר לאתרם במדויק. ואולם, מידת הפלסטיות של תהליכים התפתחותיים קודאת תיגר על ביטויים קיצוניים של העמדה המבנית-תוכניתית. למשל, ידוע שהתפתחות עוברית מהסוג שמודגם בתמונה 8 מתאימה את עצמה למגוון שינויים בלתי צפויים, אפילו להסרה או להוספה של תאים.<sup>243</sup> כך גם הארגון בקליפת המוח מציג פלסטיות מרשימה ומשתנה במידה ניכרת כדי להתאים את עצמו לפגיעות בלתי צפויות.<sup>244</sup> תצפיות אלו

243. לסקירה בנושא, ראו למשל: Wennekamp et al. (2013)

244. לסקירה בנושא, ראו למשל: Buonomano and Merzenich (1998); Xerri (2012)

ורבות כדוגמתן אינן עולות בקנה אחד עם עמדה מבנית-תוכניתית בגרסתה הנוקשה. ובכלל, עצם האבולוציה הביולוגית והתפתחות הפרט המתאימות את עצמן לשינויים בלתי צפויים אינו עולה בקנה אחד עם מושג התוכנה בגרסתו הנוקשה. את הביקורת הזאת אי אפשר לבטל על ידי הוספה של התניות באלגוריתם (ביטויים של "אם-אז"), מפני שבביטויים הללו ה"אם" מוכרח להיות מוגדר מראש, וכך לא מתאפשרת התמודדות עם תנאים בלתי צפויים.

הביקורת לעיל משמשת בדרך כלל הצדקה לאימוצה של עמדה חלופית שאפשר לכנותה "עמדה פונקציונלית-דינמית". העמדה הפונקציונלית-דינמית מייחסת את תבונת החיים לקומפלקס כולו, המערכת והסביבה שבה היא מצויה. עמדה פונקציונלית-דינמית קיצונית גורסת שהסביבה היא שמעצבת את המבנים ואת הדפוסים של המערכת המתפתחת, על ידי אינטראקציות משמעותיות עם המערכת. עמדה זו מתמקדת על כן בהכללות, בפורמולציות במונחים של ארגון-עצמי, במערכות דינמיות מצומדות, בזיהוי אילוצים וגבולות, בשדה הממוצע ובהתפלגויות (ולא במקרים פרטניים). בשל הראייה הכוללנית הזו, הסיכוי שעמדה פונקציונלית-דינמית תניב יישומים שימושיים נמוך בהשוואה לסיכוייה של עמדה מבנית-תוכניתית.

לשתי העמדות, מבנית-תוכניתית ופונקציונלית-דינמית, יש גוונים רבים ובהתאם קוראים להן בשמות שונים; אלה הם ה"איזמים" של אֶדְלְמָן.<sup>245</sup> מעניינים ככל שיהיו היבטים פילוסופיים הנוגעים לקשת שבין שתי העמדות, לא אפתחם כאן. המתח בין העמדה המבנית-תוכניתית לבין העמדה הפונקציונלית-דינמית קיים

---

G.M. Edelman, *Bright Air, Brilliant Fire: On the Matter of the Mind*, 1992, .245  
 של עמדתו של p. 158 ("A Graveyard of Isms: Philosophy and Its Claims")  
 אדלמן בנוגע לפילוסופיה בכלל, ולאפיסטמולוגיה בפרט, זוכה לפיתוח  
 נוסף בספרון קטן המציע תיאוריה על מקורו הנוירופיזיולוגי של הידע  
 האנושי (2006) *Second Nature: Brain Science and Human Knowledge*.

כבר מראשית המחשבה האנושית, ומשתקף במסורות התרבותית המערבית והמזרחית כאחת. בהיסטוריה של הפסיכולוגיה, הדיכוטומיה בין שתי העמדות הללו נחשפת במתח שבין תפיסת העולם הפונקציונלית לתפיסת העולם הסטרוקטורלית, מתח שהוליד רבים מהרעיונות המקוריים והחתרניים במאה השנים האחרונות. נקרא כמה פסקאות הנוגעות לתפיסות הללו כפי שהן באו לידי ביטוי בתחילת המאה ה-20, לפני שאציג אינטגרציה המתארת הופעתם של אובייקטים פיזיולוגיים, כפי שהיא נתפסת מנקודת המבט המוטה שלי.

במפנה המאה ה-20 התרחש פיצול בפסיכולוגיה האקדמית בין האסכולה הסטרוקטורלית (גרמנית בעיקרה) לבין האסכולה הפונקציונלית (אמריקנית בעיקרה). בנאומה כנשיאת האיגוד האמריקני לפסיכולוגיה (1906), תיארה מארי ויטון קולקינס<sup>246</sup> את ההבדלים בין שתי האסכולות:

הגישה הסטרוקטורלית מבוססת על התפיסה שמשימתה של הפסיכולוגיה היא, ראשית, לנתח התנסויות עד שמגיעים למרכיביהן הבסיסיים שאינם ניתנים עוד לפירוק, ושנית, לסווג את ההתנסויות בהתאם למרכזיותן של מרכיבי זה או אחר בהן. הפסיכולוג הסטרוקטורלי מבקש להעשיר את הניתוח והסיווג הללו על ידי הסבר מדעי – כלומר ניסיון להצביע על קשר לעובדות אחרות, או קבוצות של עובדות, בין שיהיו אלה עובדות נפשיות, פיזיולוגיות או פיזיקליות. [...] פסיכולוגים פונקציונליים [...] תופסים את האורגניזם הפסיכופיזי כמרכיב בסיסי פסיכולוגי [שאינו ניתן לפירוק], וסבורים שעניינה של הפסיכולוגיה ביחסים שבין עצמי פסיכופיזי פונקציונלי ומודע זה, ובין הסביבה [...] הפסיכולוגיה הפונקציונלית כוללת גם

---

246. קולקינס (1863-1930) הייתה האישה הראשונה ששימשה נשיאת האיגוד.

את הדוקטרינה שלפיה יש להבין ולסווג את התודעה לא רק כִּיחסים באופן כללי, אלא כִּיחסים מועילים – או במילים אחרות, כפונקציה בעלת משמעות או ערך.<sup>247</sup>

בהמשך נאומה מציגה קולקנס גישה מפייסת, וגורסת ששתי העמדות – הסטרוקטורלית והפונקציונלית – משלימות זו את זו. אני מסכים, ולמרות זאת יש להודות שלפער העמדות בין סטרוקטורליזם לפונקציונליזם בפסיכולוגיה כמדע יש השפעה משמעותית על האופן שבו מפורשים ממצאים ועל כיווני החקירה שבהם מושקעים משאבים. הרברט סיימון (1916–2001), אחד ההוגים הגדולים של המאה ה־20, מדגים את ההבדל הזה על ידי הצבתה של שאלה דידקטית־במתכוון: כיצד אפשר להסביר את העובדה שלבעלי חיים רבים באוקיינוס הקרח הצפוני יש פרווה לבנה? סיימון טוען שההסבר שאנו בדרך כלל מציעים הוא ש"הצבע הלבן הוא הצבע הטוב ביותר לסביבת אוקיינוס הקרח הצפוני, מכיוון שיצורים לבנים מתבלטים פחות מאחרים בסביבה הזו";<sup>248</sup> להסבר זה אנו מוסיפים את רעיון הברירה הטבעית, או איזשהו מנגנון מקביל אחר. סיימון מדגיש שהסבר פונקציונלי מהסוג הזה "[...] תובע הבנה בעיקר של הסביבה החיצונית. כשאנו מביטים בסביבתנו המושלגת, אנו יכולים לנבא מהו הצבע העיקרי שניתקל בו; אנחנו צריכים לדעת מעט מאוד על הביולוגיה של היצורים עצמם, מעבר לעובדה שהם בדרך כלל אויבים הדדיים, שרמזים חזותיים מנחים את התנהגותם, ושהם מסתגלים (באמצעות ברירה טבעית או מנגנון אחר)."<sup>249, 250</sup> ואכן, בפרקטיקה המדעית כאתגר אינטלקטואלי (בניגוד להיבטים היישומיים של

247. Calkins (1906).

248. Simon (1996, pp. 7–8).

249. Ibid.

250. ההדגשה לא במקור.

המדע), האני מאמין של הפונקציונליזם שונה מאוד מזה של הסטרוקטורליזם. כשמביאים את נקודת המבט הפונקציונלית לקצה, עולה שלפסיכולוגיה כאתגר אינטלקטואלי אין מה להרוויח מהתבוננות במוחו של הפרט, מסקנה הדומה לרעיונות שהשמיעו פסיכולוגים רבים במאה השנים האחרונות, מוונדט ופרויד (תלוי איזה מהטקסטים שלו בוחרים לצטט) ועד סקינר וקולות עכשוויים המתנגדים לניסיונות הביולוגיזציה של הפסיכואנליזה.<sup>251</sup>

דיון דומה מתעורר סביב ההשלכות הגנטיות-אפיגנטיות על ההתפתחות,<sup>252</sup> שם העמדה המבנית-תוכניתית מיוצגת על ידי הטענות שהדנ"א הוא "ספר החיים" והגנום הוא "תוכנה גנטית" המגדירה את האורגניזם מאל"ף ועד ת"ו. בגרסתה הקיצונית ביותר תומכת העמדה הזו בסיווג הסובייקט האנושי על סמך הגנים שלו, ובהשפעתה צמחה תעשייה ביו-רפואית מודרנית המבוססת על מחקרים במדעי החיים. העמדה הפונקציונלית הדינמית מיוצגת על ידי רעיונות של "מלמעלה למטה" או "סיבתיות במעלה הזרם", שם הגנום נתפס כמעטפת חושית המגיבה לאותות סביבתיים; על פי תמונה זו אורגניזם נתפס כאסופה של אפשרויות שמתוכן הסביבה מגלפת מימוש יחיד.

מקובל לציין את ראשיתה של האסכולה הפונקציונלית במאמר נודע של ג'ון דיואי שפורסם בשנת 1896 וכותרתו: "מושג קשת הרפלקס בפסיכולוגיה".<sup>253</sup> במאמר תוקף דיואי את גישת הפסיכולוגים הסטרוקטורליים שלפיה "הגירוי החושי הוא דבר אחד, הפעילות המרכזית מייצגת המחשבה היא דבר אחר, ואילו הפעילות המוטורית המסמלת את הפעולה עצמה, היא דבר

251. למשל, Blass and Carmeli (2007), והפניותיהם.

252. דניס נובל (Noble), פיזיולוג ידוע מאוניברסיטת אוקספורד, מחדד את הטענות בחיבורו "The Music of Life: Biology Beyond the Genome" (2006) ובסדרת מאמרים ושיחות מוקלטות.

253. Dewey (1896).



שלישי".<sup>254</sup> הכללה בלתי הולמת זו של המסגרת של קשת הרפלקס לפסיכולוגיה, טוען דיואי, "[...] מתמקדת בפיסה אחת מתהליך ומציגה אותו כשלם. היא מציגה לנו קשת במקום מעגל; אך אם אין בדינו תיאור המעגל שהקשת היא חלק ממנו, איננו יכולים למקם או למרכז את הקשת. [...] המעגל עצמו הוא תהליך של תיאום בין גורמים, חלקם מנוגדים זה לזה; רצף של ניתוקים וחיבורים רגועים המחולל את היכולת להבחין בין גירוי חושי מחד גיסא לתנועה מאידך גיסא".

דיואי ממשיך ומתאר מעין ריקוד:

הגירוי הוא השלב במעגל שבו מוצגים תנאים שצריכים להתקיים כדי שהתיאום יצליח; התגובה היא שלב ביצירה של אותו מעגל עצמו [...] ומשמשת אמצעי ליצירתו של התיאום המוצלח תוך עמידה בתנאים שמציב הגירוי. הגירוי והתגובה מתואמים ומתקיימים באותו פרק זמן. הגירוי הוא משהו שיש לגלותו, שיש לפענחו. התנועה היא כלי לגילוי וליצירתו של הגירוי; במובן כלשהו התנועה מזמנת לעצמה גירוי, ולכן אין לדבר על גירוי כשלעצמו [...] ורק כשהגירוי והתנועה הולמים, אז ורק אז [...] התיאום נשלם.<sup>255</sup> [התרגום, לצורכי בהירות, אינו נאמן הדוקות לסדר הופעת המשפטים במקור]

בטקסט לעיל מציג דיואי רעיונות שממשיכים להדהד בנוירופיזיולוגיה ובפסיכולוגיה, ובימינו מבוטאים במונחים כגון "חישה פעילה", "מעגל חישה-תגובה", "מודלים ניבויים של המוח", "עיבוד חושי מלמעלה למטה" ועוד. בכולם מדובר, גם אם במונחים שונים, ביחסי פרשנות והשלכה, בתיקוף באמצעות הלימה שתואר בפרק השלישי, או בפרגמטיזם ג'יימסיאני לשמו, כפי שנתאר מיד.

Ibid., p. 358 .254

Ibid., p. 370 .255

אחד הניסויים הפסיכולוגיים המוקדמים שחשפו – באופן משכנע ביותר – את משמעות דבריו של דיואי על הגירוי "שיש לגלותו" בעזרת התגובה המוטורית, הוא פרויקט קרוסלת החתלתולים של הֶלְד וְהֵיין.<sup>256</sup> הם יצרו מערך ניסוי המבטיח חשיפה בזמנית של זוג חתלתולים לגירוי חזותי זהה. ההבדל בין השניים היה שאחד מהחתלתולים (ה"פעיל") היה חופשי לקבוע – באמצעות תנועה – את החוויה החושית. החתלתול השני חווה בזמנית את אותו עולם גירויים שנקבע על ידי הראשון, באופן סביל ומבלי לשלוט בו. אף על פי ששניהם חוו בדיוק את אותו העולם החזותי, רק החתלתול הפעיל – זה ש"גילה" את הגירוי החושי על ידי תנועה וחקירה – פיתח תפקוד חזותי תקין. רעיונות דומים לחזונו של דיואי בנוגע לגירוי "שיש לגלותו", "שיש לפענחו" באמצעות התנהגות, ידונו בהרחבה בסעיף "יחסים, אמת ופתולוגיה", ויקושרו לאובייקטים התייחסותיים בפסיכולוגיה ולמשמעות הבסיסית של מושג הפרגמטיזם של ג'יימס כהליך של יצירת אמת.

ההיסטוריה של המדע מלמדת שבדרך כלל, לנוכח שתי עמדות קיצון, נעשים ניסיונות להדגיש את הקיטוב ביניהן, ניסיונות חשובים שבעזרתם המתדיינים יכולים ללטש את העמדות שלהם, הנמצאות בדרך כלל באיזשהו מקום באמצע. פעם חשבתי שאני מזדהה לחלוטין רק עם אחת העמדות, העמדה הפונקציונלית-דינמית. אבל בזמן שקראתי והכנתי את החומרים לקראת כתיבתו של פרק זה, גיליתי שאני מתרכך ומסוגל להכיר בעובדה שהעמדה תלויה בהגדרת הסקאלות הרלוונטיות. במעגל החיים הגדול והאיטי יותר, פרשנויות ברוח העמדה הפונקציונלית הדינמית מתאימות יותר, מפני שהן מתארות את המאבק לאדפטציה בשפתו הפונקציונלית הדינמית של דרווין. התוצאה הפוטנציאלית של תהליך פונקציונלי דינמי היא אסופה של מנגנוני הסתגלות, שרובם אינם אלא דפוסים

---

Held and Hein (1963) .256

מוגדרים היטב של יחסי גירוי-תגובה שאותם העמדה המבנית-תוכניתית מיטיבה לתאר. ועל כן, הסוגיה תלויה בשאלה העומדת על הפרק: האם אנו שואלים "מה מתרחש כעת?" או האם אנו שואלים "מדוע, או איך, מתרחש דווקא דבר זה ולא אחר?". את התשובה לשאלה הראשונה נקבל באמצעות פרשנות מבנית-תוכניתית, ואילו את התשובה לשאלה השנייה אפשר לנסח אך ורק במושגים פונקציונליים-דינמיים. הבחנה זו קשורה קשר הדוק לסיווג התשובות האפשריות לשאלה "למה?", שמקורו בארבע הסיבות של אריסטו (החומרית, הצורנית, הפועלת והתכליתית)<sup>257</sup> ובגרסתן המודרנית על פי טינברגן, המביאה בחשבון את תורת האבולוציה.<sup>258</sup>

בעולם הפיזיולוגיה בא לידי ביטוי השוני בין תפיסת עולם סטרוקטורלית-תוכניתית לבין תפיסת עולם פונקציונלית-דינמית בדיון הנוגע להופעתם של אובייקטים פיזיולוגיים, נושאו של הסעיף הבא.

### התפתחות אובייקטים התייחסותיים

רוב הנירו-פיזיולוגים המקדישים מחשבה לתהליכים העומדים בבסיס הופעתם של אובייקטים נוטים לתארם במונחים של יצירה או שינוי של ייצוגים עצביים, דפוסי פעילות עצבית במרחב ובזמן. ההנחה המקובלת היא שקיים איזומורפיזם (תואם) בין ההתנהגות האנושית לבין דפוסי הפעילות החשמלית במוח, הנחה שעליה מבוססים כל ענפי מדע המוח המודרני. אני כמובן מאמץ את הנחת היסוד הזו; איני מכיר חלופה סבירה.

257. Irwin (1998, pp. 419–20).

258. ניקולאס טינברגן (Tinbergen, 1907-1988), חתן פרס נובל לפיזיולוגיה ולרפואה (עם קונרד לורנץ וקרל פון פריש). במאמר משנת 1963 ניסח את ארבע השאלות של הביולוגיה של ההתנהגות; ראו גם: Bateson and Laland (2013), סקירה של ארבע השאלות של טינברגן, 50 שנה לאחר פרסומן.

נקודת המוצא היא שאי אפשר לפרש התנהגויות במונחים של פוטנציאל פעולה יחיד המתעורר בתא עצב אחד; תחת זאת, התנהגויות – גם הפשוטות ביותר שאפשר להעלות על הדעת – מפורשות בשפת הפיזיולוגיה לקבוצות של פוטנציאלי פעולה. קבוצות פוטנציאלי הפעולה הללו יכולות לנבוע מתא עצב אחד לאורך זמן, או מאוכלוסייה של תאי עצב הפעילים באופן סינכרוני או דיאכרוני. המושג "קבוצת פעילות עצבית" ישמש אותנו לתיאור מערך של פוטנציאלי פעולה המפורשים כאובייקט פיזיולוגי; זהו מושג כללי, שאינו מחויב לאופי הממשי הפיזיקלי של המבנה העצבי הקיים (שיידון בהערה בהמשך). קבוצות פעילות עצבית נוצרות ומשתנות לאורך החיים באופן דינמי ותלוי-היסטוריה, נענות לתכתיבים ארוכי הטווח של האבולוציה ולתכתיבים קצרי הטווח של הסביבה.

יצירה ושינוי של קבוצות פעילות עצבית – אובייקטים פיזיולוגיים – מתוארים לעתים קרובות במושגים "למידה" ו"אדפטציה", מילים טעונות הנושאות משמעויות שונות בהקשר הכללי של מדעי החיים ומדעי החברה. בחיבור זה נעשה עד כה שימוש נדיב למדי במילה "אדפטציה", כאילו מובן מאליו שיש לה פרשנות מקובלת אחת. אולם זהו אינו המצב. בשיח הגנטיקה והאבולוציה, אדפטציה פירושה שינויים שבדרך זו או אחרת מקדמים את התפקוד של מערכת או חלקים במערכת. מה שהגנטיקאים מכנים אדפטציה, הנורופיזיולוגים מכנים למידה, מילה נדירה למדי בתחומי הגנטיקה והאבולוציה. גם המושג אדפטציה שכיח בטקסטים נורופיזיולוגיים, אבל במשמעות שונה. כדי להבהיר את הנושא, נפנה לקלאוס קריפנדורף, ממובילי הדעה בדיסציפלינת הקיברנטיקה. קריפנדורף מציע להבין את הלמידה כתהליך של שיפור יכולת תפקודית של מערכת לנוכח סביבה קבועה פחות או יותר. הלמידה מתבטאת בעיצוב תגובות המובילות למצבים רצויים, הצלחה, הקטנת שגיאות או השגת

שליטה על חלק מסוים של העולם. לעומת זאת, אדפטציה הנה תהליך שימור היכולת התפקודית לנוכח שינוי בתנאי הסביבה.<sup>259</sup> רוח הדברים של קריפנדורף מתאימה למטרות הדיון שלנו, אולם הגדרותיו רוויות שיפוטיות (מצב רצוי, שגיאה, הצלחה וכיוצא באלו). יתר על כן, ההגדרות של קריפנדורף עמומות בכל הנוגע לדינמיקה של היחסים בין הסובייקט לסביבה. אנו זקוקים להגדרה מותאמת שאינה משתמשת במושגים שיפוטיים ושיש בה פן התייחסותי, הגדרה הנסמכת על מושג ההלימה כפי שהוא מוצג בפרק השלישי. לכן, אני מציע להגדיר אדפטציה כתהליך המשמר יחסי תיקוף הולמים עם הסביבה לנוכח שינויים סביבתיים, ואילו למידה כתהליך של הגברת התיקוף ביחסים עם הסביבה, בין שזו משתנה ובין שלא. בשפת הפרגמטיזם הג'יימסיאנית, אדפטציה היא תהליך של שמירה על יחסי אמת עם סביבה, יחסי הלימה שנוצרו בעבר, לנוכח שינויים בתכונות הסביבה. למידה, לעומת זאת, היא תהליך ביסוסם של יחסי אמת חדשים עם אובייקט חדש או שונה לגמרי מהמוכר.

הגישות השונות לסוגיית הלמידה בניררופיזיולוגיה משקפות את המקום לאורך קשת הנמתחת בין העמדה המבנית-תוכניתית לבין העמדה הפונקציונלית-דינמית. חשבו על התינוק הרעב: כשהוא ניצב מול העמימות הבלתי נמנעת של יחסים עם האם המזינה-הנסוגה, התינוק מציג רפרטואר של התנהגויות שונות (תנועות). כל עוד ההתנהגויות של התינוק אינן מביאות את שד אמו אליו ומשאירות אותו בקרבתו, צרכיו הבסיסיים אינם מסופקים והוא ממשיך לייצר תנועות שונות. רצף של תנועות, כלומר התנהגות, שאחריהן יש

---

259. ההגדרות המלאות של קלאוס קריפנדורף ללמידה ולאדפטציה כפי שנוסחו ב: *A Dictionary of Cybernetics* (1986), מסמך שמעולם לא פורסם, מצוטטות אצל: F. Heylighen, C. Joslyn, and V. Turchin (editors): Principia Cybernetica Web (Principia Cybernetica, Brussels), URL: <http://cleamc11.vub.ac.be/learning>

התקרבות (או לכל הפחות אין התרחקות) של השד אמור להרגיע את התינוק ולהטביע בו חותם, כך שבמצבים דומים בעתיד גדל הסיכוי שהוא ייצר רצף דומה של תנועות.<sup>260</sup> נבחן תרחיש זה תחילה מנקודת המבט המבנית-תוכניתית: בפני התינוק מצב מצוי (למשל, שד מרוחק או נסוג מהתינוק) ומצב רצוי (למשל, שד מזין המתקרב או נשאר קרוב לתינוק). מה שהופך את שני המצבים הללו לרלוונטיים בנקודת זמן כלשהי הוא נוכחותו של דחף – רעב, או איזשהו צורך אחר – שהוא ממשק, שִׁכְבַת המגע בין העולם הפיזיולוגי שבו אנו דנים כעת ובין המרחב הפסיכולוגי הינקותי. ההתנהגויות הן תנועות, פעולות המשקפות את מבנה רשתות העצבים הרלוונטיות במוחו של התינוק, פעולות שעשויות להשפיע על הסביבה, ואולי להעביר אותה ממצב אחד למצב אחר. כל התנהגות היא תוצאה של קבוצת פעילות עצבית ייחודית שמשקפת קונפיגורציה מסוימת של יחסים בין תאי עצב במוח התינוק. אם בעקבות התנועה השד נשאר מרוחק או מתרחק מהתינוק, ימשיך התינוק לחפש "פתרון": כלומר קבוצת הפעילות העצבית שהולידה את התנועה האמורה ננטשת פחות או יותר לטובתה של קבוצה אחרת. לרוב מציעה הגישה המבנית-תוכניתית תהליך מתוחכם שבו הגמול אינו בינארי (שד מזין או שד שאינו מזין, "כאן ועכשיו"); מידת האי-נחת "מחושבת" בהתאם להשפעתן של ההתנהגויות האחרונות על ההתקדמות לכיוון המצב הרצוי. בתהליכים מתוחכמים כאלה החיפוש אינו לגמרי אקראי אלא מוכוון על ידי כללים שמגבירים את יעילותו. נציין שדנו כבר באריכות באחד מכללי ההכוונה הללו – אולי החשוב שבהם – במעלה החיבור, כלל הֶבֶ שנוסח בהשראת הפסיכולוגיה: יצירת אסוציאציה על ידי סימולטניות.

260. גרסאות שונות של הטיעון הבא פורסמו בעבר. ראו: Shahaf and Marom (2001), Marom and Eytan (2005), Braun and Marom (2009), Marom et al. (2009), Marom (2010)

אם כן, ההסבר שמציעה העמדה המבנית־תוכניתית להופעתם של אובייקטים פיזיולוגיים הוא שינוי מונחה בארגון של קבוצות פעילות עצבית (כלומר אובייקט פיזיולוגי), תהליך שמקורו ברחף פיזיולוגי. השינוי הוא מונחה, לפחות במידה מסוימת, על ידי המרחק מהמצב הרצוי של היחסים עם הסביבה. ההסבר הנירורפיזיולוגי המבנית־תוכניתי ללמידה נראה משכנע, עולה בקנה אחד עם תיאוריות למידה פסיכולוגיות מבוססות, ויש לו תימוכין פיזיולוגיים נרחבים. אפשר לתארו בסימולציות מחשב מרהיבות, כפי שמעיד מערך עצום של דיווחים בספרות הרלוונטית. פיזיולוגים הצליחו לזהות קבוצות פעילות עצביות הממוקמות בתת־קליפת המוח ( $\Phi$ ), במערכת העצבים המושגית) שמראות מתאם סטטיסטי נאה עם אירועים סביבתיים בעלי משמעות שנובעים מתנועות. יתרה מזאת, כמה מקבוצות תאי העצב הללו, כשהן פעילות, גורמות לשחרור נירומודולטורים שמשפיעים על הקליפה ( $\Psi$ ) של מערכת העצבים המושגית; מקובל להאמין שהמודולטורים הללו מייצבים קבוצות פעילות עצבית שהצליחו לגרום לגמול חיובי, וכך מבססים את האובייקט הפיזיולוגי.<sup>261</sup> הפעילות של אותם תאי עצב  $\Phi$  תת־קליפתיים, כמו גם השפעותיהם על תאי עצב  $\Psi$ , הם אתרי פעילות מרכזיים של חומרים פסיכואקטיביים חשובים, ובכלל זה תרופות פסיכיאטריות.

אולם מושכת ככל שתהא, הגישה המבנית־תוכניתית מעלה שאלות רבות ודורשת הבהרה וחיזוק. תומכי העמדה ניצבים מול סוגיות מאתגרות שברובן נוגעות להנחה הבעייתית שקיים ידע אפריורי במוח. אחרי הכול, אנחנו יודעים שמרחב האפשרויות

261. בהקשר הזה מקובל לציין תאי עצב הגורמים לשחרור הנירומודולטור הגלובלי דופמין, אבל גם תאי עצב אחרים המשחררים מודולטורים אחרים (למשל, סרוטונין, אצטילכולין, נוראדרנלין) מציגים תלות דומה בתהליך ההתנהגותי של למידה.

השונות לארגון עצבי הנו – לכל צורך ועניין – אין-סופי. את זאת אנו יודעים מתוך חקירות ברמת החלבונים והתאים, ברמת הרשתות העצביות וברמת המוח בשלמותו, כמו גם ברמות ההתנהגותיות, שמלמדות שיותר זה אחר ושהפחות אינו פשוט.<sup>262</sup> כשמספר האפשרויות עצום, בלתי נתפס וחוצה רמות ארגון, מהי הסקאלה שבה מוגדר "מצב" מערכת? ובתוך סקאלה נתונה, מה מהווה מצב בדיד? מה או מי קובע מצב מסוים כרצוי? האם יש שיטת מדידה, סטנדרט שיכול לבטא מבחינה פיזיולוגית את המרחק מהמצב הרצוי מבלי לבלבל "בין כוונות החוקר (כוונות לתגמול או להעניש) לבין התנהגות טובה או רעה מצד בעל החיים?"<sup>263</sup> כדי להתמודד עם הקשיים הללו אין לגישות המבניות-תוכניות ברירה אלא להטמיע מידה מסוימת של ידע מוקדם, לאמץ את עמדתו של אפלטון בתיאור תגובתו של סוקרטס על שאלתו הנצחית של מנון: "ואיך תחקור, סוקרטס, את מה שאינך יודע בכלל מהו? מה מן הדברים שאינך יודע תעמיד לעצמך כמטרה לחקירה שלך? או, נניח שממש תיתקל באחד הדברים האלה, איך תדע שזה מה שלא ידעת?"<sup>264</sup> סוקרטס משיב, בתום פולמוס ממושך: "[הידיעה] היתה תמיד ברשותו [...] האמת על הדברים שישנם קיימת תמיד בנפשנו".<sup>265</sup> כלומר אנחנו לא לומדים דברים חדשים, אומרים סוקרטס, אפלטון ותומכים מודרניים רבים בגישה המבנית-תוכניתית לבעיית הלמידה. אנחנו נזכרים בידוע מראש.

262. מושג מרחב המצבים העצום וההשלכות הקומבינטוריות שלו מוצג בבהירות רבה בספרו של וולטר מ. אלססר (Elsasser) *Reflections on a Theory of Organisms* (1987). לסקירה של מרחב המצבים העצום בתחום הטמפורלי של מערכות מוח והתנהגות, ראו Marom (2010)

263. Guthrie (1946, p. 7) [Presidential address of the APA, Evanston, Illinois, 1945]

264. אפלטון, מנון, 51.

265. אפלטון, מנון, 66-67.



הדרישה להנחת ידע קודם אינה ייחודית למדעי המוח כלל וכלל. נשגב ככל שאנו רוצים שהמוח יהיה, הוא אינו אלא חלק ממערך ביולוגי רחב יותר. ובביולוגיה, למידה – כתהליך של הגברת ההלימה של יחסים עם הסביבה – היא תופעה שכיחה. כיצד לומדת מערכת החיסון לזהות מחוללי מחלות בלתי צפויים? כיצד לומדת מושבה של נמלים את השבילים מהקן אל מקורות המזון, כשהמידע הזמין לכל נמלה בודדת על תוואי השטח הכולל מצומצם כל כך? כיצד לומדים חיידקים לקשר בין טמפרטורה גבוהה למחסור בחמצן, לאור הסקאלה הנמוכה של החיידק הבודד, שהוא כל כך קטן עד שאינו מסוגל לחוש שינוי של טמפרטורה וחמצן לאורך ציר הראש-זנב של גופו? כיצד אפשר להסביר את התופעות הללו לאור העובדה שבמערכות ביולוגיות, בשונה ממכונות מעשה ידי אדם, אין מעצב או מנהל, אין "אחד שיודע"; כשאף אחד לא מבטיח שהכוח המניע מצוי באותה סקאלה כמו הפער בין המצב המצוי למצב הרצוי; כשבחיפוש שולטים משתנים מקומיים התלויים במרחק הגלובלי מהמצב הרצוי, והגמול מתקבל לעתים קרובות בדיחוי? מה משמעותו של גמול בתנאים הללו? ולבסוף, כיצד יכולה מערכת למצוא פתרון טוב מספיק למגוון הקשרים אינטראקטיביים ולנהל מספר רב של יחסים סותרים עם הסביבה, בלי שהחיפוש אחר פתרון אחד יבטל את ארגונם של כל האחרים? או באופן כללי יותר: מהו אופיים של המנגנונים המאפשרים ארגון מחדש של מספר עצום של ישויות המעורבות במימושים ביולוגיים של למידה? העמדה המבנית-תוכניתית מציעה פתרונות להיבטים רבים של השאלות הללו, אם מניחים מידה מסוימת של ידע מוקדם, הנחה לא בלתי סבירה לאור האבולוציה הממושכת של היצורים החיים.

הגישות הפונקציונליות-דינמיות לסוגיות לעיל שונות מהגישות המבניות-תוכניתיות בעיקר מבחינת המשקל הרב יותר שהן מניחות על יחסים עם סביבה דינמית. תומכי הגישה הפונקציונלית-דינמית ללמידה מאמינים שהערכים (טוב-רע, נכון-שגוי וכן הלאה) והידע

המוקדם הנטועים בתיאוריות סטרוקטורליות, אין מקומם במערכת העצבים עצמה, אלא בקומפלקס הרחב יותר הכולל את הסביבה, המערכת והצופה. את מגוון הגישות החלופיות שמציעה הגישה הפונקציונלית-דינמית אפשר לכנות באופן קולקטיבי "תיאוריית שיכוך הדחף",<sup>266</sup> שלפיה אין הכרח להניח שקיים מנגנון בחינת אי-נחת המובנה בתוך המוח, נפרד מהמנגנון המחפש אחר פתרונות. תחת זאת, אפשר לחשוב על המושג ההתנהגותי של גמול כהתפוגגות הדחף המניע את החיפוש במרחב אפשרויות של תגובה רשתית, התפוגגות הנובעת מתואמות בין הדינמיקה של הסביבה וזו של המוח. תהליך דיאלקטי של אדפטציה הדדית בסביבה עשירה ובלתי מסווגת, נטול התכוונות.

בדומה לפרשנות המבנית-תוכניתית, כך גם הפרשנות הפונקציונלית-דינמית להופעתם של אובייקטים פיזיולוגיים פנימיים עושה שימוש באיך-סופיות (המעשית) של מרחב המצבים כמצע שממנו נברר ארגון הולם. המסע ברפרטואר העצום של קבוצות הפעילות העצבית  $\Psi$  הוא תוצאה טבעית של שינוי תלוי-פעילות המתרחש בכל סקאלת זמן פיזיולוגית. לפני כמעט מאה שנים החלו פיזיולוגים להבחין בצורות רבות של שינויים תלוי-פעילות בתאי עצב ובקשרים שביניהם. התהליכים הללו קרויים באופן כללי "פלסטיות" (לטווח קצר או ארוך), אדפטציה או הסתגלות, סנסיטיזציה ודה-סנסיטיזציה, אינאקטיבציה וכן הלאה. בשונה מהפרשנות המבנית-תוכניתית, גישה פונקציונלית-דינמית מסווגת את תפקוד המוח כתהליך דרוויני<sup>267</sup> הדומה למתרחש בדוגמאות הביולוגיות של מערכת החיסון, היווצרות דפוס יעיל במושבות של נמלים, נהירה כימית (כימוטקסיס) בחיידקים ועוד.

266. מושג השאול מקלארק ל. הל (Hull, 1884-1952), פסיכולוג אמריקני משפיע.

267. Edelman (1987).

למידה ביולוגית הנתפסת כך היא תופעה של אוכלוסייה הכרוכה בחיפוש בתוך מרחב אפשרויות ארגון עצום, חיפוש המואט כשנוצרת הלימה בין הדינמיקה של האוכלוסייה וזו של הסביבה. בתהליך הברירה הזה "[...] אין הבדל בין אופן היצירה של דבר־מה בעל ערך ודבר־מה חסר ערך",<sup>268</sup> היות שאין בו ישויות המעריכות את התוצר. ובוודאי שאין צורך להניח צופה יודע־כול שיכתוב למערכת העצבית ארגון זה או אחר של קבוצת פעילות עצבית.

תוך תנועה הלך וחזור בין העמדה המבנית־תוכניתית לבין העמדה הפונקציונלית־דינמית, אני חש קרבה עזה יותר לזו האחרונה בשל מיקודה בקומפלקס מערכת־סביבה. אבל יהיה הוגן לומר שלפחות עד כה, המסגרת הפונקציונלית־דינמית נותרה עמומה ולא השיאה תשובות פורמליות משביעות רצון לבעיה העיקרית של התכנסות ליחסים הולמים מוח־סביבה תוך שיטוט לא מונחה במרחב מצבים אין־סופי. הטענה הכללית שאפשר לדמיין נסיבות שבהן תיוצר הלימה בין דינמיקה מוחית ודינמיקה סביבתית ללא הכוונה, ללא ידע מוקדם וללא "אלגוריתם", הנה אמת מתמטית שאפשר להדגים בניסויים ביולוגיים מבוקרים. אבל אין די בכך, בייחוד לאור קצב ההתכנסות האיטי בתנאים הללו, שלעתים קרובות אינו מתאים למגבלות המציאות ולצורך להתמודד באופן סימולטני עם ריבוי הקשרים התייחסותיים סותרים. כל זאת בניגוד לעושר הפתרונות הפורמליים שהועלו על ידי תומכי הגישות הסטרוקטורליות התוכניתיות. לעומת זאת, אלה האחרונים צריכים להיזהר שלא ליפול למלכודת היוריסטיקת הזמינות – היינו, נטייתנו לדבוק במה שקל לנו להבין.<sup>269</sup> העובדה שהמתמטיקה של מערכות ברירה דרוויניסטיות המבוססות על יחסי אוכלוסייה־סביבה אינה מניחה את הדעת ואינה קלה לתפיסה, אין פירושה שהמתמטיקה המרשימה

268. James (1950[1890], Volume 1, p. 552).

269. Khaneman (2011).

של מכוונות למידה – המתוכננות על ידי אדם והמבוקרות על ידי גורמים בעלי ידע מוקדם – רלוונטיות באיזושהו אופן לביולוגיה. להיוריסטיקת הזמינות עלולות להיות השלכות גם על פרקטיקת ההנדסה המהופכת בתחום הביולוגיה ועל האופי הדיאלקטי של יחסי האדם וסביבתו, כפי שנידון במקום אחר במסה זו.<sup>270</sup> ככל שאפשר להשתמש בהיסטוריה של המדע כדי לנבא את העתיד, לתומכי העמדה הפונקציונלית-דינמית יש מקום לאופטימיות, כפי שכתב ג'רן:

כשסוקרים את ההיסטוריה של הביולוגיה, נראה שבכל פעם שתופעה דומה ללמידה, בתחילה מוצעת תיאוריה מנגנונית מבנית. ובכל פעם, התיאוריה הזו מוחלפת לאחר מכן בתיאוריה של ברירה. הנה, סברנו שמינים שונים התפתחו על ידי למידה או אדפטציה של פרטים לסביבתם, עד שהגיע דרווין והראה שהדבר קרה בתהליך של ברירה. התפתחות העמידות של חיידקים לחומרים אנטיביוטיים יוחסה תחילה לתהליך של אדפטציה, עד שהגיעו לוריא ודלֶפְרוֹק והראו שגם מנגנון זה הוא ברירתי. מונו והאסכולה שלו הראו שהסתגלות אנזימים הנה תוצר של תהליך ברירה מאוכלוסיית גנים קיימת. ולבסוף, אף שסברנו תחילה שהיווצרותם של נוגדנים מבוססת על הנחיות האנטיגן, מתברר היום שהיא תוצאה של ברירה מקרב דפוסים קיימים. על כן נשאלת השאלה אם למידה של מערכת העצבים המרכזית אינה אלא תהליך של ברירה; כלומר אולי גם למידה כלל אינה למידה.<sup>271</sup>

אחת מתוצאות הדיון לעיל על היווצרותם של אובייקטים נדמית רלוונטית ביותר לדיאלוג בין הפיזיולוגיה לפסיכואנליזה. לא משנה

270. ראו סעיף הנדסה מהופכת בפרק 2, והערות הפתיחה של פרק 5;

Vygotsky (1978); Kasparov (2010)

271. Jerne (1967, p. 204)

מה צורתם של אובייקטים פיזיולוגיים עצביים, פתרון האי־נחת הפיזיולוגי בשלבים הראשוניים של החיים האינטראקטיביים מכריע. לתהליכי שבירת סימטריה המתרחשים לאחר מכן יש פחות דרגות חופש ביצירתן של קבוצות פעילות עצבית מפני שפתרון המקרים הבאים של אי־נחת מוכרח לשמר את פתרון המקרים הקודמים. שוב, אם כן, מפתה לחזור אל הרעיון של ה"קרע [...]" שלעולם אינו מחלים", כפי שפרויד כינה אותו;<sup>272</sup> שבירת הסימטריה הראשונה, קרע המשפיע באופן דרמטי על קרעים המתרחשים מאוחר יותר בחיים, שעל פי אוגדן, מבוססים על פיצולים קיימים ואינם כרוכים ביצירת פיצולים חדשים.<sup>273</sup>

בשל רמת ההפשטה שנוקט חיבור זה, אין אנו עוסקים באופי הפיזיקלי של אובייקטים פיזיולוגיים – קבוצות הפעילות העצבית. עם זאת, למען קוראים בעלי רקע בפסיכולוגיה, ראוי להתעכב מעט על הסוגיה. כדי להבהיר את נושאה, נדמיין שקיימות שיטות המאפשרות להתבונן בכל הפעילויות המתרחשות במוחו של סובייקט; כיצד "נראית" קבוצת פעילות עצבית, או כיצד "נראה" אובייקט? כשתהליך פסיכולוגי כרוך במשא ומתן עם אובייקט האם הטובה, האם יש "דבר־מה", צורת פעילות עצבית ייחודית, שהוא אובייקט האם הטובה? בנוירופיזיולוגיה שאלה זו נקראת שאלת הייצוג. מאמץ רב מושקע בזיהוי התכונות הפיזיקליות של קבוצות פעילות עצבית, וידע נאגר ממחקרים ניסיוניים המתמקדים בייצוג תכונות התנהגותיות סנסוריות ומוטוריות פשוטות יחסית: צליל ייחודי, פס אור, פנים מסוימות, תנועה של היד ממקום אחד למקום אחר, כיוון המבט וכן הלאה. ההיבטים המאתגרים ביותר במחקרים הללו נוגעים לקבוצות פעילות עצבית במערכת התת־קליפתית ובמערכת הקליפתית Ψ. נסכם את התוצאות ונאמר שמבחינה טכנית

272. פרויד, מיניות ואהבה, עמ' 213.

273. Ogden (1983).

אפשר לזהות דפוסים של פעילות עצבית שיש להם מתאם סטטיסטי נאה עם תחושות או תנועות, אבל הדפוסים הללו – בייחוד במערכת הקליפתית  $\Psi$  – אינם ייחודיים או יציבים לאורך זמן. ייצוגים אינם ייחודיים במובן הבא: לאותה התנהגות מתאם סטטיסטי עם היבטים שונים של פעילות עצבית, שלעיתים נדמים בלתי תלויים זה בזה. למשל, יש נוירופיזיולוגים המדגישים את התזמון המדויק פוטנציאלי הפעולה ואת הזהות הספציפית של תאי עצב כאופי הפיזיקלי של קבוצת פעילות עצבית מסוימת. אחרים עשויים להצביע על הפעילות הכוללת של קבוצת תאי העצב, ללא קשר לזהות תא העצב הפעיל בכל רגע נתון. יתר על כן, אין אזור פיזי אחד במוח שאפשר להצביע עליו בתור המקום היחיד שבו שוכן ייצוג של אובייקט התנהגותי (סנסורי או מוטורי). חוסר הייחודיות של הייצוגים וחוסר היציבות שלהם לאורך זמן הם השתקפות נוספת של בעיית הלוקליזציה והקשיים המושגיים הכרוכים בה, שנידונו באריכות בתחילת הפרק. הם גם משקפים את מגבלות ההנדסה המהופכת בהקשר שבו יותר זה אחר והפחות אינו יותר פשוט, שנידונו בפרק השני. בעוד שהאופי הפיזיקלי של קבוצות פעילות עצבית, היציבות שלהן והמימושים השונים שלהן חשובים למי שמתעניין בנוירופיזיולוגיה יישומית (למשל, גירוי מוחי להקלה על תסמינים נוירולוגיים ופסיכיאטריים), אין הסוגיות הללו מהותיות לדיאלוג הפיזיולוגי-הפסיכואנליטי.

### יחסים בין אובייקטים פיזיולוגיים

אפשר לפרש היבטים מסוימים של תיאוריית היחסים בין אובייקטים פסיכולוגיים, כמשורטט בפרק הרביעי, בשפת הפיזיולוגיה, ולתרגם אותם לצמדים של אובייקטים פיזיולוגיים, ייצוגים, או – כפי שכינינו באופן כללי – קבוצות פעילות עצבית. אולם לשם כך עלינו להסתפק בהרבה פחות מאשר התמונה הפסיכואנליטית העשירה שתיארנו מעט ממנה בפרק הרביעי. זהו המחיר הבלתי נמנע שיש לשלם עבור