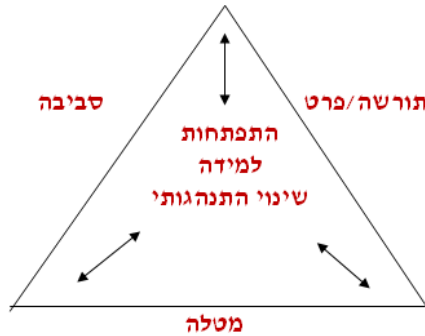


גישת "תאוריית המערכות הדינמיות"

חזקיה (חזי) אהרוני, המכללה האקדמית לחינוך ע"ש קיי

מוטורית) יכולה להיות מוגדרת כאינטראקציה בין התורשה, הסביבה והמטלה (לפי Gallahue & Ozmun, 1995), (איור 1).



איור 1: התפתחות/למידה נוצרים מיחסי הגומלין בין התורשה, הסביבה והמטלה

צורות התנהגות ותפקידים שונים הולכים ונבנים בתהליך ההתפתחות בזמן אמת בעת שהפרט מתנסה בפעילויות, ולא דווקא כתוצאה מבשלות ניורולוגית אוטומטית. למשל, התנהגות מוטורית, כגון שליטה בהליכה, אינה מתבצעת דרך אימון רגיל בלבד. הליכה היא התנהגות חדשה שאין בה סוג של אימון מהכיוון ההתפתחותי, אלא שכל חלקיק התנהגות בשעת ההליכה נלקח בחשבון בעזרת "בחירה, בנייה ושימור" תוצאות ההתנהגות החדשה. חוק בסיסי זה של פעילות עצמית היזומה על ידי הפרט מיושם בתהליך ההתפתחות בכל התפקודים ההתנהגותיים: התנהגות מוטורית, התפתחות התפיסה, קוגניציה ועד להתנהגות חברתית. נקודה זו היא הנקודה המרכזית המאפיינת את גישת המערכות הדינמיות.

"תאוריית המערכות הדינמיות" היא גישה עכשווית ללמידה ולהתפתחות שצמחה כתוצאה מהבנת תפקודן של מערכות מורכבות שאינן ליניאריות, כגון, במערכות בפיסיקה ובמתמטיקה, וגם ביישום בתחומים נוספים בפסיכולוגיה, בכיולוגיה ובמדעי החברה (Abraham, Abraham & Shaw, 1990). המונח "מערכות דינמיות" באופן כללי ופשטני מתייחס למערכות אלמנטים המשתנים לאורך זמן.

עקרונות בסיסיים של התאוריה

1. **אינטראקציה** - תנועה או שינוי אצל הילד נוצרים מושפעים כתוצאה מאינטראקציה בין שלושת המערכות השונות: **הפרט, המטלה** (דרישות מפורטות של המשימה) **והסביבה** (הזדמנויות, עידוד, הכוונה, גירויים). כל המערכות נמצאות ביחסי גומלין ביניהן בנקודות זמן שונות כדי לייצר תנועה או כדי להשיג מטרה מסוימת.

תאוריות התפתחות הולכות ומשנות את פניהן בחפשו דרכים חדשות למתן הסבר להתפתחות הפרט ולהתנהגותו המורכבת. תיאוריות חדשות כגון תאורית ההתפתחות המבוססת על המערכות הדינמיות מנסות לספק הסברים מדעיים להתפתחות ולהתנהגות הפרט המורכבות שתאוריות התפתחות פסיכולוגיות שהשתרשו בספרות אינן יכולות להסבירן בסבירות מדעית (סולברג, תשס"ז; Thelen & Bukatko & Dachler, 2004; Smith, 2006) והן חלוקות מאוד או פשטניות.

חוקרים מתחום הפסיכולוגיה ההתפתחותית וההתפתחות המוטורית (Clark & Whittall, 1989; Thelen & Smith, 1994), מיישמים גישה חדשה יחסית המבוססת על "תאורית המערכות הדינמיות" (DST - Dynamical Systems Theory) על מנת להסביר תהליכי התפתחות בתחומי הפסיכולוגיה, החינוך והשיקום. גישה זו טוענת שהתפתחות אנוש אינה תהליך פשטני ודואלי כפי שנסקר בתאוריות בנות זמננו, כולל התאוריה, למשל, של ההתפתחות הקוגניטיבית של פיאזה ותאוריית עיבוד מידע (Berk, 2012; Haywood & Getchell, 2009) שלרוב הדגישו את הגורמים הביולוגיים כמשפיעים העיקריים על התפתחות הפרט. למרות ההבנה של תרומת הסביבה להתפתחות, תאוריות אלה טענו שהסביבה אינה מסוגלת לשנות את המטען הגנטי באופן משמעותי. מחקרים חדשים מלמדים שלסביבה השפעה עצומה על התנהגות והתפתחות אנוש. במקרים מסוימים, דרך התערבות סביבתית ניתן לשנות התנהגות ותהליכים המתרחשים במערכות הגוף השונות אף ברמה המולקולארית בתוך ה-DNA שלנו (Abraham, Abraham & Shaw, 1990, Ormish, et al., 2008).

מיומנויות מוטוריות כמערכות דינמיות

תאוריית המערכות הדינמיות קשורה בין היתר לתחום ההתפתחות המוטורית. התאוריה מסבירה, כי בתוך האורגניזם פועלים תהליכים רבים ומורכבים בדרך של ארגון עצמי, ושתנועה מתפתחת ומשתנה דרך תהליכי גומלין (Smith & Thelen, 1993). תאוריה זו מספקת לנו תובנות על רמת המוכנות להתפתחות של הילד ברכישת מיומנויות מוטוריות חדשות.

חקר מיומנויות מוטוריות המתפקדות כמערכות דינמיות החל בשנות ה-1980 על ידי תהלן (Thelen, 1989). באמצעות המערכות הדינמיות ניתן להסביר את ההקשר בין מבנה, תהליכים ניורולוגיים והתנהגות בהתבסס על ברנשטיין (Bernstein, 1967). עקרונות אלה נסמכים על "תאוריית המערכות הדינמיות" הטוענת שאינטראקציה בין תורשה וסביבה אינה לוקחת בחשבון מניעים אחרים ונוספים המשפיעים על התנהגות ועל התפתחות הפרט. למשל, השפעת סוג המטלה ורמת המטלה (הביצוע) שבו מעורב הפרט. לפי תאוריה זו, התפתחות (כולל התפתחות

הבשלות והמוכנות הניורולוגית של הילד כגורם העיקרי להתפתחות ולשינוי.

2. אחד מעקרונות ההתפתחות הידועים הנו שהתפתחות הניורולוגית והשליטה בתנועה אצל התינוק מתחילה מכיוון הראש לכיוון הרגליים (cephalocaudal). אולם חוקרים (Galloway & Thelen, 2004) מצאו שניתן להבחין בתנועת שליטה ברגליים כחודש לפני יכולת השליטה בראש, בניגוד לעיקרון זה. כל זה בהתאם לתאוריית המערכות הדינמיות הטוענת שהשליטה בתנועה תלויה באנטומיה של החלק של הגוף שבו נעשה שימוש - **מטלה, הסביבה**, והמאמצים של התינוק - **הפרט**.

3. מחקר (Zelazo, Zelazo & Kolb, 1972) הראה שעל ידי אימון מוקדם של רפלקס ההליכה, ניתן לזרז הליכה של תינוקות באופן משמעותי והרבה לפני ממוצע הגיל הביולוגי המקובל (11 חודשים ו-7 ימים). החוקרים קיבצו תינוקות בני 6 חודשים שאמותיהם העמידו אותם על כפות רגליהם על משטח הליכה, אחזו בבית השחי שלהם ועודדו אותם ללכת. "אילוץ" זה הביא לכך שהתינוקות שאומנו התחילו ללכת מוקדם יותר ובאופן משמעותי בהשוואה לילדים אחרים בני גילם שלא אומנו. תהליך (Thelen, 1989) הסבירה את זירוז ההליכה (בניגוד לגישת הבשלות הניורולוגית) בכך שמשקל התינוק הנתמך על ידי ההורה והמועמס על כפות רגליו עם המגע על משטח ההליכה יוצר מצב של "אילוץ" וגירויים התורמים לזירוז ההליכה. לאחר אימונים חוזרים ונשנים, הליכה זו הופכת ממצב רפלקסי למצב הליכה רצוני הנשלט על ידי הילד.

מסקנות ויישומים בחינוך, טיפול ושיקום

1. בהתערבות חינוכית-טיפולית או שיקומית עם ילדים, חשוב לאמץ גישה סביבתית-אקולוגית מערכתית בה מופעל מגוון התערבויות ואינטראקציות של מערכות שונות כדי לקדם את ההתפתחות והלמידה אצל הילד. גישה זו מערבת את הילד, המורה, בית הספר, הבית והקהילה, כדי לייצר תהליכי למידה והתפתחות יעילים.

2. גישת "האילוץ" משמשת בלמידה ובהתערבויות חינוכיות-טיפוליות ושיקומיות. בגישה זו יוצרים אצל הילד/ הלומד מצב של חוסר איזון בתנועה, בהתנהגות או בסביבת הלמידה - מצב זה מאתגר את הילד לחתור לאיזון מחדש, ועל ידי כך מתרחשת למידה והתפתחות שהן מהוות תגובה למצב הלא מאוזן והמאתגר אצל הפרט.

3. התנהגות מסוימת שנפגעה (יכולת קריאה, זיכרון, תנועה) כתוצאה מלידה, מטראומה, ממחלה או מתאונה ושפגעה במערכת חשובה ומרכזית במוח - המוח מגלה גמישות וחלק אחר או מערכת אחרת במוח מפצה על החסר ולוקחת על עצמה למלא תפקוד זה שנפגע. כלומר, לפי גישת המערכות הדינמיות גם מערכות משנה קטנות יכולות ליזום התנהגות חדשה.

2. **ארגון עצמי** - המערכות המשניות בתוך הפרט מתארגנות באופן עצמאי וגמיש, משתפות פעולה ויוצרות קשר האחת עם השנייה בדרך ייחודית להן על מנת לייצר פתרון לתנועה יעילה. אין מערכת אחת או מערכת משנית שהנה השלטת, החשובה והמשפיעה ביותר בתהליך ההתפתחות. מערכת משנית אחת, כגון, מערכת התנועה יכולה ליזום ולפתח תכנית של תנועות חדשות באופן ספונטני (Thelen, Kelso, & Fogel, 1987).

3. **התפתחות לא ליניארית** - התפתחות הנה תהליך המושג באופן לא ליניארי - תנועה אינה מתפתחת באופן מתמשך ובשיעור קבוע ויציב הניתן לניבוי. מערכת לא ליניארית היא מבנה שלא ניתן להגדיר את צורתו או את התנהגותו כסכום של כל חלקיו. יחסים לא ליניאריים שונים וקטנים יכולים להביא להשפעה גדולה על כל המערכת ("אפקט הפרפר"). לגרום להשפעה דומה בהתנהגות או בשנוי, או לא להשפיע כלל. כל שינוי קטן באחת מהמערכות, יכול לגרום לכל המערכת לנוע או להתנהג בכיוון מסוים, דבר התורם להתנהגות מוטורית חדשה.

התפתחות מתרחשת, כאשר קיימת התאמה בין דרישות המטלה, הסביבה ויכולות הילד- הפרט. התאמה שכזו תביא ליותר התנסויות ולשיפור ברכישת המיומנויות המוטוריות הנלמדות. התאמה יוצרת כר פעולה נרחב של סביבת למידה עשירה, פעילה, מוכחת ומאתגרת המספקת משוב מתאים המחזק את ההתנהגות הרצויה. בניגוד להנחה שאורגניזם חי שואף לאיזון מתמיד (homeostasis), לפי תאוריית המערכות הדינמיות, האורגניזם צריך "לצאת מהאיזון", כדי שלמידה והתפתחות תתרחשנה באופן מאתגר ויעיל. במקרה של ניסיון הילד לאזן את עצמו בהליכה על קורה, "ציאה מהאיזון" בהליכה על הקורה דווקא היא זו שדוחפת את הפרט ליזום תנועת נגד ולייצב את עצמו, כך שהלומד מוצא פתרון ייחודי ויעיל לאתגר תנועתי (Thelen & Ulrich, 1991). תופעה זו של יציאה מהאיזון וחזרה לאיזון שתוארה למעלה מכונה "אילוץ" ("constraints") ומיומנויות יסוד מוטוריות נלמדות בדרך זו, כאשר אילוץ אלה נכפים על הילד בסביבת הלמידה, ולא דווקא כתוצאה ממטען גנטי (Newell, 1986).

דוגמאות לעקרונות התאוריה

1. פיאז'ה הדגיש את השפעת התורשה על התפתחות הילד וקבע שלבים אוניברסאליים בהתפתחות הקוגניטיבית. אחת מהתופעות מתוארת כ"קביעות האובייקט" - כאשר ילד יכול להבין ולהיות מודע לקיומו של עצם או חפץ גם אם אין הוא נראה לעין. למשל, עד גיל 9 חודשים בממוצע, לפי פיאז'ה, אם נחביא צעצוע מתחת לכרית, הילד לא יביט בכרית ולא יבין שהצעצוע אכן שם. אבל, אם נראה לילד מספר פעמים שהצעצוע מתחת לכרית, לאחר מספר ניסיונות הילד ידע שהצעצוע שם למרות השערת פיאז'ה. כלומר, התנהגות זו יכולה להיות מוסברת על ידי תאוריית המערכות הדינמיות לפי שלושת העקרונות שמנינו למעלה, אך לא על ידי התאוריה של פיאז'ה המדגישה את

סיכום

חקר התפתחות אנוש המבוסס על תאוריית המערכות הדינמיות מספק לנו הסברים, דוגמאות ויישומים מעניינים מזווית שונה, חדשה ומאתגרת. התנהגות, למידה והתפתחות אינן נשלטות על ידי מערכת-על אחת. גירויים ויזמה להתנהגות ולשינוי בהתפתחות, כמו גם התנהגות ולמידה מושפעות מגורמים רבים שחלקם תלויים בסביבה וחלקם בפרט. הפרמטר השולט והאחראי ליוזמה ולשינויים בהתפתחות ובהתנהגות שונה מפרט לפרט, הוא תלוי גיל, מצב ואופי המטלה שהפרט מבצע. שליטה מוטורית והתנהגות בכלל, הנם תהליכים דינמיים המתרחשים כתוצאה מאינטראקציה בין אלמנטים שונים המשתנים ומתארגנים באופן לא מסונכרן כחלק ממערכות קואופרטיביות שלהן מטרה או תפקיד מוגדר במערכת. תאוריה זו מאתגרת ביישומה בתחום הלמידה ובתחום ההתפתחות המוטורית ובשנים האחרונות מתווספים מחקרים המקדמים את יישומה בחינוך.

מקורות

Newell, K.M. (1986). Constraints on the development of coordination. In Wade M., & Whiting, H.T.A. (Eds.): *Motor Development in Children: Aspects of Coordination and Control* (pp. 341-360). Dordrecht, Germany: Martinus Nijhoff.

Smith, L.B., & Thelen, E. (Eds.) (1993). *A dynamic systems approach to development: Applications*. Cambridge, MA: MIT Press.

Thelen, E. (1989). The (re)discovery of motor development: Learning new things from an old field. *Developmental Psychology*, 25(6), 946-949.

Thelen, E., & Smith, L.B. (2006). Dynamic Systems Theories. In R.M. Lerner & W. Damon, (Eds), *Handbook of child psychology* (6th ed.): Vol 1, *Theoretical models of human development*, (pp. 258-312). Hoboken, NJ: Wiley.

Zelazo, Zelazo & Kolb (1972). "Walking" in the newborn. *Science*, 176, 314-315.

סולברג, ש' (תשס"ז). פסיכולוגיה של הילד והמתבגר: מבוא לפסיכולוגיה התפתחותית (מהדו' 2). ירושלים: מאגנס וידיעות אחרונות.

Abraham, F.D., Abraham, R.H., & Shaw, C.D. (1990). *A visual introduction to dynamical systems theory for psychology*. Santa Cruz, CA: Aerial Press.

Berk, L.E. (2012). *Infants, children, and adolescents* (7th. ed). Boston: Allyn & Bacon.

Bernstein, N. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Bergamon Press.

Bukatko, D., & Daehler, M.W. (2004). *Child development: A thematic approach* (5th. ed.). Boston, MA: Houghton Mifflin.

Gallahue, D.L., & Ozmun, J.C. (1995). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*. (3rd. ed.). Madison, WI: Brown & Benchmark.

Haywood, K.M., & Getchell, N. (2009). *Life span motor development* (5th. ed.). Champaign: IL. Human Kinetic.

Ornish, D., Magbanua, M.J.M., Weidner, G., Weinberg, V., Kemp, C., & Green, C. (2008). Changes in prostate gene expression in man undergoing an intensive nutrition and lifestyle intervention. *PNAS*, 105, 24, 8369-8374.