

**שינוי תבנית תנועתית על פי הגישה האקולוגית-דינמית: יישומים בהוראת  
מיומנויות מוטוריות יסודיות ופעילות גופנית מותאמת**

**נועה לויאן-אלול ושעיהו הוצלר  
המכללה לחינוך גופני ע"ש זינמן במכון וינגייט**

זוהי גרסה מוקדמת של מאמר שהתפרסם בכתב העת בתנועה, ז', 3-4, 281-330, 2005

מועד הגשה ראשון: ינואר 2004

כתובת המגיש: ד"ר ישעיהו הוצלר

המכללה לחינוך גופני ולספורט ע"ש זינמן במכון וינגייט

מכון וינגייט 42902

דואר אלקטרוני: [shayke@macam.ac.il](mailto:shayke@macam.ac.il)

נועה לויאן-אלול

המכללה לחינוך גופני ולספורט ע"ש זינמן במכון וינגייט; מכללת גבעת וושינגטון

[lavyan@macam.ac.il](mailto:lavyan@macam.ac.il)

## **שינוי תבנית תנועתית על פי הגישה האקולוגית-דינמית: יישומים בהוראת מיומנויות מוטוריות יסודיות ופעילות גופנית מותאמת**

**תקציר :** מטרת המאמר היא לתאר מודל הוראה ושיטות לשינוי תבניות תנועה בהתאם לגישה האקולוגית-דינמית. יישומי המודל מיועדים לקדם הוראת מיומנויות מוטוריות יסודיות, ופעילות גופנית מותאמת לבעלי צרכים מיוחדים. מתואר מודל אקולוגי של הוראת מיומנויות, המבוסס על ההנחה, שתהליך הלמידה מתרחש בתלות הדדית בין תנאים אישיים וסביבתיים עם מטרת המשימה. תהליכי הלמידה, שעיקרם שינוי התבנית התנועתית מתבנית בלתי אפקטיבית לאפקטיבית, עשויים על פי מודל זה להתרחש באופן ספונטני, ללא הדרכה מילולית ושימוש במשוב, תוך קביעת אילוצים סביבתיים. כתוצאה מהאילוצים הפרט מאמץ תבניות תנועתיות המתאימות ביותר לתנאים הפיזיקליים שלו (כגון: אורך אברים, כוח, קואורדינציה). גישה זו מתאימה במיוחד במצבים ששיטת הוראה המבוססת על הפנמה ולמידה בשיטת עיבוד המידע איננה מתאימה, עקב קשיים קוגניטיביים ותפיסתיים של הפרט. כמו כן היא מתאימה להתאמת תבניות תנועה במצבים של מגבלות במערכת התנועה והתפיסה, כאשר התבניות האיכותיות, אליהן מכוונים את תהליך ההוראה, בדרך כלל, אינן, בהכרח, אפקטיביות עבור הפרט. תהליך ההתאמה מתייחס להיבטים הבאים: (א) זיהוי הקריטריונים הנדרשים במשימה (מיומנות) המוטורית המבוקשת; (ב) תיאור התוצאה התפקודית המצופה; (ג) איפיון קריטריונים של מגבלות אינדיבידואליות; (ד) איפיון משתני בקרה המבטאים יחסים בין הפרט והסביבה, שניתן לנצלם להשגת מטרות משימה, למרות התנאים המגבילים; (ה) תיאור אילוצים סביבתיים האמורים להפעיל משתני בקרה, ולהוביל לתוצאה של שינוי תבנית. במאמר זה נציג דוגמאות מעשיות לשימוש במודל לשם התאמת משימות תנועה הקשורות לחינוך גופני בגיל הרך ולפעילות עם אוכלוסייה עם צרכים מיוחדים.

**תאריכים :** גישה אקולוגית-דינמית, חינוך גופני מותאם, מיומנויות יסוד.

## **שינוי תבנית תנועתית על פי הגישה האקולוגית-דינמית: יישומים בהוראת מיומנויות מוטוריות ופעילות גופנית מותאמת**

במהלך שנות ה-60 של המאה ה-20 ואילך התפתחה בספרות גישה אקולוגית (Ecological approach) העוסקת ביחסים שבין החי לבין סביבתו. המונח היווני Ecos שפירושו בית או משכן, הושאל על ידי הביולוגיה האבולוציונית ומתייחס למשכנו של החי. הגישה האקולוגית מבוססת על כתביו של גיבסון (Gibson, 1977, 1979) ועל עבודותיו של ברנשטיין (Bernstein, 1967) במחקר של תנועות קואורדינטיביות בלמידה של מיומנויות מוטוריות.

תורת המערכות הדינמיות הופיעה לפני כמעט 100 שנים במדעי המתמטיקה והפיזיקה. ולפני כ-25 שנים התרחבה לתחומי המטאורולוגיה, כלכלה ונירו-פיזיולוגיה (Luenberger, 1979). בתחום מדעי התנועה הגישה הוצגה לראשונה בשנת 1980 על ידי קוגלר, קלסו וטורביי (Kugler, Kelso & Turvey, 1982), שהציעו השקפה ותפיסה חדשה של ביצוע ורכישת מיומנויות. לתפיסה זו יש השלכות יישומיות להתפתחות תפיסתית-מוטורית להבנת היווצרותם של תפקודי תנועה בקרב תינוקות וילדים טרם הבשלת מערכת העצבים שלהם במלואה ובקרב אנשים עם לקויות נוירולוגיות (Clark, 1995). גישה זו גם השפיעה על ההגדרה של "התפתחות המוטורית". קיו וסאגדן (Keogh & Sugdun, 1985)

רואים בהתפתחות המוטורית תהליך מתמשך של שינוי והסתגלות לקראת השגת כשירות (competence). הגדרה זו מבוססת על התפיסה שהתפתחות היא תהליך הנמשך כל החיים וכדי שהפרט ירגיש קומפלטני (בעל כשירות) וישיג שליטה במיומנויות, הוא נדרש להסתגלות, לפיצוי או להשתנות. בהתאם לגישה האקולוגית, החוקרים גאלהיו ואוזמן (Gallahue & Ozmun, 2002) מגדירים התפתחות מוטורית כשינוי פרוגרסיבי בהתנהגות המוטורית של הפרט, המושפע מאינטראקציה בין גורמים בתוך הפרט (התורשה הפילוגנטית והאונטוגנטית), בין תנאים ספציפיים של הסביבה (כלומר, הזדמנויות לפעילות גופנית, עידוד והכוונה), לבין הדרישות הספציפיות של המשימה (נאבל-הלר, רביב, לידור ולויאן, 1999).

הגישה האקולוגית-דינמית עוררה ופיתחה רעיונות חדשים בהתפתחות ובקרה מוטורית לאחר תקופה רדומה ארוכה שבאה אחרי התנועה התפיסתית-מוטורית בהשפעת תיאוריית עיבוד המידע. החלה התעניינות חדשה ביחסים שבין תנועה ותפיסה אצל בעלי ליקויים מוטוריים עם דגש על מערך חדש של גישות לניתוח האינטראקציה התפיסתית-מוטורית (Lord & Burton, 1987; Howard & Henderson, 1989; Lord & Hulme, 1988). עד כה, הכלים השכיחים שבהם השתמשו כדי להעריך תפקוד תפיסתי התמקדו בראש ובראשונה על התפיסה מחוץ להקשר התנועתי כמו תפיסה חזותית (Frostig, Maslow, Lefever, & )

(Whittlesey, 1966). הגישה האקולוגית שקודמה על ידי גיבסון (Gibson, 1977, 1979) הציעה בסיס קונספטואלי חדש להגדרה ולהערכה של תפיסה (perception) ופעולה/תנועה (action) שנראים כבלתי מופרדים. לפי גישה זו, בתפיסה של האדם את הסביבה, האדם מתייחס באופן אינטואיטיבי למשתנים כגון גודל איברי הגוף, מרחק ביחס לעצמים, כוחות של הגוף וכוחות שפועלים על הגוף. תופעה זו באה לידי ביטוי בין היתר בשימוש הקלסי במושגי מרחק יחסיים לגוף כגון "רגל" המשמשת עד היום בארה"ב למדידת מרחק, והמונח התנכי "כמטחווי קשת" המציג מרחק תלוי כוח גופני. הפעולה – נתפסת כפתרון הכרחי לאיזון של כוחות הפרט המבצע וכוחות הסביבה. בעקבות ברנשטיין (Bernstein, 1967) וסמית (Smith & Smith, 1966) החוקרים יוצאים מתוך הנחה, שאורגניזם חי איננו שואף, בהכרח, לאיזון כוחות בטבע (הומיאוסטזיס) אלא, לעתים קרובות, להפרת האיזון הקיים (הומיאוקינזיס). הכוחות הפיזיקליים הנוצרים במערכת התנועה ובסביבה פועלים כמנוע תרמודינמי השואף להמשיך בפעולתו כדי להשיג יציבות דינמית. דוגמא טיפוסית לתופעה מעין זו היא השמירה על שיווי משקל על גבי בסיסי תמיכה לא יציבים (אופניים, רולרבלידס, גלשני גלים ועוד), המחייבת ייזום תנועה. כבר בשנות השישים, ערער החוקר היהודי-רוסי ברנשטיין (Bernstein, 1967) על הבלעדיות של גישה עיבוד המידע, וציין כי תבנית הביצוע של תנועה מיומנת משתנה פעמים רבות באופן תלוי קונטקסט סביבתי (context conditioned variability). הגישה הדינמית שהתפתחה בעקבות רעיונותיו של ברנשטיין ואחרים, הביאה לתפיסה חדשה של התארגנות עצמית, ספונטנית כבסיס להתפתחות הבקרה של תבניות מוטוריות. הנחת היסוד של החוקרים היא שתבניות תנועה חדשות מופיעות כתוצאה מאינטראקציה בין רכיבים שונים במסגרת קונטקסט תפקודי נתון קרי, הסביבה (Thelen & Ulrich, 1991). הן התיאוריה של גיבסון והן התיאוריה של ברנשטיין חלקו נושא משותף הכולל אינטראקציה שבין המבצע לבין הסביבה הדינמית שבהן הפרט נע. הרעיון המרכזי הוא, שהלומד מנסה לגלות את התכונות הפיזיות של האובייקטים בסביבה שמאפשרים ללמוד מיומנויות מוטוריות. בעת הגילוי של תכונות אלה הלומד מסוגל ליצור פתרון לכל בעיה תנועתית. בדומה לגישת המערכות הדינמיות המתמקדות באינטראקציה בין המבצע לסביבה בבקרה של תנועה, גם הגישה האקולוגית מדגישה את השינוי ביחסי הגומלין בין התפיסה של המבצע וסביבת הפעולה שבה הלמידה לוקחת חלק.

יחסי גומלין אלו הביאו את החוקר ניואל (Newell, 1986) להשערה שמיומנויות יסוד בסיסיות

מתפתחות הודות לאילוצים (constraints) הנכפים על התינוק והילד בסביבה ולא רק כתוצאה של מרשם גנטי המצוי בהתפתחות האנושית. בהקשר לתנועה, אילוץ הוא כל תכונה, או דרישה של הפרט או הסביבה שיש להם משמעות בביצוע המשימה. למשל: אילוץ הפרט (personal attribute or performer constrains) יכולים לכלול גודל איברים, כוח, תכונות הכרתיות ורגשיות. אילוץ הסביבה (environmental constrains)

יכולים לכלול תנאים פיזיים כגון מרחק וגודל מטרה ותנאים חברתיים-תרבותיים ייחודיים (כגון היכרות מוקדמת עם מודלים של זריקת כדור בסגנון כדור-בסיס בחברה האמריקנית). אילוצי המשימה (task requirements or task constrains) יכולים לכלול את משקל הכדור והיקפו, כאשר המשימה היא לזרוק את הכדור למטרה. לדעת ניואל, שלושת הקטגוריות שלעיל פועלות בזיקה הדדית בו זמנית. נראה, אם כך, כי ההבדל המרכזי בין תיאוריה זו מתיאוריות היררכיות של בקרה מוטורית על פי גישת עיבוד המידע הוא התפקיד של הסביבה כבסיס לפעולה. יחסי הגומלין בין המבצע לבין הסביבה פירושים כי כל התנאים לפעולה זמינים בסביבה ונתפסים בשל כך על ידי המבצע כמזמנים או מגבילים פעולה. הפעולות מעוצבות על ידי המטרה של המבצע והאילוצים הנאכפים על ידי הסביבה. במילים אחרות, ההתנהגויות המוטוריות נובעות מהזדמנויות וממגבלות הקיימות סביבן. דרך מחקרית להוכחת עקרון זה היא לבחון את ההשפעה של שינוי המגבלות (או ההזדמנויות) על ההתנהגות.

עקרון נוסף לפי הגישה האקולוגית-דינמית, מתייחס לתפיסה ששינויים בהתפתחות אינם רציפים ולפיכך, המכניזם הקורטיקלי אינו האחראי הבלעדי לבקרת הפעולה. הנחה זאת עומדת בניגוד למבנה ההיררכי העומד ביסוד גישת עיבוד המידע הטוענת, כי מרכז הבקרה ברמה קורטיקלית הנו המקור המרכזי לבקרה המוטורית (הוצלר, רז-ליברמן, לידור וליברמן (1995)). לפי התיאוריה הדינמית ההתנהגות המוטורית היא תוצאה של אינטראקציה של תת-מערכות (נוירולוגיות, ביולוגיות, שלד-שריר) הנמצאות בזיקה הדדית. מכאן, שלאף מערכת אין עדיפות על פני האחרת והיא אינה היחידה המסוגלת לשלוט או לקבוע איך פעולה תתפתח. בשל עיקרון זה התיאוריה הדינמית מכונה: distributed parallel processing theories or neural network theory.

האחריות הרבה הניתנת לרמות של חוט השדרה, השלד והשריר משמעה הפקה של מספר גבוה של דפוסים מתוחכמים של קואורדינציה (תנועה במרחב) מבלי להיזדקק לפיקוח קורטיקלי (Rose, 1997). עיצוב ספונטני של פעולות על בסיס של מידע סנסורי נעשה אפשרי על ידי רמות נמוכות של מנגנוני בקרה המספקים מכניזם ליציבה אוטומטית מסתגלת, כשם שניתן לצפות, למשל, במעבר מהליכה בקצב רגיל למעבר מכשול, במהלכו משתנה הקצב לנשיאת משקל רבה יותר על רגל אחת לפני מעבר המכשול. כאמור, בניגוד למרכזים הנוירולוגיים המתוארים בתיאוריה ההיררכית ברמת הקורטקס, מרכזי בקרה נמוכים מפוזרים על פני רמות תת-קורטיקליות, ספינליות ואפילו ברמות שריר-שלד של המערכת העצבית. ההנחה, ששימוש בעקרונות פעולה פיזיקליים מאפשר בקרה מוטורית עצמאית ללא תלות הכרחית בפיקוח מרכזים מוחיים גבוהים מסתמכת על ממצאי מחקר המצביעים על תהליכי בקרה רצונית ללא פיקוח קורטיקלי.

לדוגמה, ביזי ועמיתיו (Bizzi, Devo, Morasso, & Polit, 1978) גילו, שקופים ביצעו תנועות קואורדינטיביות חדשות גם לאחר דה-אפרנטציה (ניתוק גנגליוני העצבים התחושתיים). קלסו והולט

(Kelso & Holt, 1980) מצאו, שחולים בעלי חסר תחושת הצליחו ללמוד לאזן את אצבעם על מטרה

משתנה. גם חולים בריאים הצליחו ללמוד מטלה זו ללא צורך במשוב חושי.

לסיכום, ניתן לאמר, כי הגישה האקולוגית-דינמית מדגישה שההתנהגות המוטורית מונעת

מדרישות לתפקוד (function) ולא מלוח זמנים מולד גנטי, או מתכנית מוטורית מוכללת (סכימה) המוטבעת

בתוך המוח על ידי תהליכי למידה. כמו כן, גישה זו טוענת שההתנהגות מוטורית אינה נשלטת בהכרח על ידי

תפקודים מוחיים גבוהים אלא גם על ידי מרכזי בקרה נמוכים יותר, ומתעצבת תוך כדי אינטראקציה בין

הסביבה, המבצע והמשימה. חולשתה של הגישה האקולוגית-דינמית ביישום התיאוריה לשדה המעשה.

מאמר זה נועד להציג מודל אופרטיבי של הוראה על פי גישה אקולוגית-דינמית, ויישומים של גישה זו

בתחום החינוך הגופני בגיל הרך ולבעלי צרכים מיוחדים, והשלכות ליישומים כאלה גם בתחומים אחרים.

### **מושגי יסוד בגישה האקולוגית-דינמית**

בחלק שלהלן יוצגו ויבוארו מושגי יסוד של הגישה האקולוגית-דינמית כבסיס להבנת הקשר של הגישה

למדעי התנועה, ולמימוש העקרונות המוצעים לשינוי התבנית התנועתית.

#### **הזדמנות**

הזדמנות, או האתגר הסביבתי לפרט (affordance), הוא מונח שטבע החוקר גיבסון (Gibson,

1979; 1977) בסדרת מאמרים שרוכזו בחיבורו החשוב מ-1979: The ecological approach to visual

perception. גיבסון מסביר את התנהגות החי מתוך תלות באתגרים שמעמידה לפניו הסביבה על תכונותיה

ותכניה. המושג Affordance נובע מהמונח הגשטלטי של קורט לויין שדיבר על האופי האתגרי של

התרחשויות לפרט ומתבסס על הנחותיו של קופקה (Koffka, 1935) "שכל עצם מזמן פעולה כלשהי".

לדוגמה: קרקע מזמנת שניתן לדרוך עליה; מים – שניתן לשחות בהם, מכשול – שניתן לטפס מעליו וכו'.

#### **מגבלות**

המושג מגבלות (limitations) מבטא שההתנהגות המוטורית נובעת ממערכת המוקפת במגבלות

הקובעות או המגבילות את גבולות המערכת. הגורמים המגבילים (rate limiters), אלו הם תנאים

סביבתיים או אישיים שאינם מאפשרים את המעבר לתבנית הרצויה. למשל בתינוקות עם תסמונת דאון,

אין חסר עצבי במערכת התנועה, למעט טונוס שרירי ירוד. לפיכך, ייתכן שדי בחיזוק השרירים, כדי להוביל

לתבניות תנועה מתקדמות כמו הליכה, ולוותר על גרייה נזירי-התפתחותית מסורתית (Ayres, 1980).

מגבלות אחרות יכולות להיות קשיים בבקרה העצבית-שרירית, דיספרופורציה של איברים רלוונטיים

לתנועה, למשל במקרה של קטני קומה, ליקויים בטווחי תנועה במפרקים, ועוד.

## ארגון עצמי של מבנים קואורדינטיביים

מנקודת מבט דינמית, הבעיות ההתפתחותיות אינן, איפוא, אילו יכולות או איזה ידע מרכזי יש לפעוטות ולילדים, או איזה מחלקי ההתפתחות שלהם הם אורגניים או גנטיים, אלא איך החלקים השונים משתפים ביניהם פעולה ליצירת יציבות בהתנהגות או לגרימת שינוי. מערכת העצבים המרכזית, כמו כל המערכות ותת-המערכות האחרות בגוף, עובדת בצורה הוליסטית, פלסטית והיא בעלת **ארגון עצמי** (self-organization). מגבלות לבד אינן מספיקות כדי להעניק תנועה, שכן חייב להיות תהליך כלשהו המביא לפעולה מאורגנת. בגישת המערכות הדינמיות, תהליך זה הוא ארגון עצמי. מערכות מורכבות כגון, מערכת התנועה יפתחו ארגון או תבנית באופן ספונטני מהמרכיבים העומדים לרשותן, מתוך תלות במגבלות ובהזדמנויות, כלומר, הם יעברו ארגון עצמי. לדעת חוקרי הגישה הדינמית, מבנים עצמיים יכולים להשתנות בפתאומיות, כתוצאה מאינטראקציה בין מערכות דינמיות (Thelen, 1987; Thelen & Fogel, 1989). באופן כזה, קיימת אפשרות לשינוי תבניות תנועה על ידי תהליך ספונטני של התארגנות עצמית במערכת העצבים למבנים קואורדינטיביים (Thelen & Fogel, 1989; Bernstein, 1967), שמאפשרים להקטין את הצורך להתמודד עם אין ספור דרגות חופש (degrees of freedom) במערכת התנועה (Bernstein, 1967). המושג דרגות חופש מבטא, בהקשר לכך, שבעת ביצוע של תנועות קואורדינטיביות עולה בעיה של שליטה על יותר מ-100 מפרקים שונים בגוף האדם שחלקם נע במספר מישורים וב-792 שרירים המעבירים או בולמים אנרגיה בכיוונים שונים. הבעיה היא איך המערכת התנועתית מצליחה לבקר דרגות חופש (אפשרויות תנועה) רבות כל כך. ברנשטיין ותומכיו מניחים, שאין צורך בהכנת תוכניות מוטוריות מדוקדקות לכל פעולה אפשרית בשל העומס על הזיכרון המוטורי הדורש משך עיבוד מידע שלא יאפשר ביצוע פעולות מורכבות מיומנות. לכן, חוקרים המשתייכים לגישה האקולוגית-דינמית טבעו את המושג "ארגון ספונטני של המבנים הקואורדינטיביים" בניגוד למושג "תכנות מוטורי" לפי גישת עיבוד המידע. כדי להבין את בעיית דרגות החופש, ניתן להביא כדוגמא את התופעה של זריקת כדור למטרה. גם לאחר השלמת השליטה בדפוס הבוגר, תחזור בד"כ תבנית התנועה לתבנית ראשונית של תנועה במישור החיצי בלבד תוך קיבוע מפרקי הגו והכתף (Gallahue & Ozmun, 2002) כאשר המצבע נדרש לדייק. הסיבה היא שכאשר יש עומס על מערכת הבקרה (הנדרשת לדיוק), יש נטייה ספונטנית לארגן את דפוס התנועה, כך שייקטן העומס, על ידי הקטנת דרגות החופש בתנועה שמבוטאת במקרה זה על ידי מספר המפרקים והמישורים המשתתפים בתנועה.

### מצבי משיכה

לפי הגישה הדינמית שינוי התבנית התנועתית ייעשה על ידי בחירה מתוך מצבי משיכה attractor (Thelen & Fogel, 1989) (states: ) מצבים אלה מייצגים את התנאים המערכתיים בהם תועדף תבנית זו או אחרת. ככל שהתבנית אפקטיבית יותר מצב המשיכה יהיה יציב יותר, ותהיה סבירות גבוהה יותר שהמצב

יעדיף להשתמש בה. דוגמא טובה לשינוי תבניות תוך מעבר בין מצבי משיכה הוא המעבר מזחילה להליכה. כאשר שיווי המשקל של התינוק איננו יציב הוא יבצע מספר צעדים בהליכה, בעיקר אם יש מספר מאחזים בסביבה, אך כדי לעבור למרחק רב יותר וללא מאחזים הילד יעדיף את הזחילה. ברגע ששיווי המשקל שלו משתפר, תישאר ההליכה התבנית המועדפת. ברגע שהתבנית פחות או יותר נקבעת אנו מניחים שמצב המשיכה של התנאים הסביבתיים ביחס לתבנית הוא פחות או יותר יציב. המעבר ממצב משיכה אחד למשנהו מתבצע על ידי תהליך אקטיבי של חיפוש ובחירה (exploration and selection) מתוך מצבי המשיכה הזמינים למבצע (Davis & Burton, 1991). גם לאחר הגעה למצב משיכה יציב, עלולים להתרחש שינויים פתאומיים במצב המשיכה ו"נפילות" חזרה לשלב קודם (phase shift: Thelen, 1989). למשל, אצל שחיין עם שיתוק מוחין, הרוכש תבנית קואורדינטיבית של הטיית ראש הצידה לנשימה תוך כדי העברת יד קדימה, עלולה להתרחש חזרה לשלב קודם של הרמת ראש קדימה ולמעלה, במצבי התרגשות, חרדה, או כל אי-נוחות גופנית. לכן יש להקפיד על מצב העוררות האופטימלי בין גירוי יתר לרפיון יתר, כדי לנטרל את השינויים במצבי המשיכה.

### משתני בקרה

המרכיב החשוב ביותר המאפשר היווצרותן של תבניות תנועה חדשות הוא זיהויים של משתני הבקרה רלוונטיים (control parameters: Thelen, 1989a,b). משתנים אלה מעבירים את תבנית הביצוע ממצב משיכה אחד לאחר. חשיבותם של משתני הבקרה בגישה הדינמית דומה לחשיבות המשוב בגישת עיבוד המידע. כדי להבחיר את משמעותם של משתני הבקרה נשתמש במספר דוגמאות של תופעות.

**אורך מנופים:** אם נתבונן בתינוק השולט בהליכה, נראה שכדי להתקדם במרחב במהירות רבה יותר עליו להגביר את קצב הצעדים שלו, וזאת בניגוד לבוגר המגדיל קודם כל את אורך צעדיו. הסיבה לכך היא אורך הרגליים הקצר יחסית לאורך הגוף. בדומה לכך, אם נבקש מאנשים לעבור מכשול (חוט המתוח בגובה מסוים), נצפה שבעלי אורך רגל נמוך מגובה המכשול יעדיפו לעבור אותו מתחת, ואילו בעלי אורך רגל גבוה מאורך המכשול יעדיפו לעבור אותו מעל. אצל בעלי לקויות מוטוריות, נמצא טווח הקרוב ל-10 סמ' נוספים על אורך הרגל שעדיין מהווים מצב משיכה לתבנית של מעבר מתחת למכשול, ככל הנראה עקב שיווי משקל לקוי בקרב המבצעים, שמונע מצב משיכה של מעבר מעל למכשול – הדורש שיווי משקל דהיינו, לשאת משקל על רגל אחת. דוגמה אחרת לתיאור משתנה בקרה זה היא, הגדלת מנופים על ידי הוספת איברים משתתפים בתנועה, כנגד התנגדות גדולה (למשל, בקפיצה למרחק מהמקום תוך מעבר מכשול), והקטנת מנופים על ידי הקטנת מספר האיברים ומישורי התנועה כאשר יש צורך בדיוק, אך אין התנגדות גדולה (למשל, בעת ירי למטרה).

**קצב ביצוע התנועות:** העיקרון של מערכת תרמודינמית פתוחה מוצג כהסבר לתנועה ספונטנית

דורשת הכללת מקור אנרגיה חיצוני. מחקריהם של קלסו והולט (Kelso & Holt, 1980) ושל קלסו ושונר



(Kelso & Schoener, 1988) מלמדים כי הגברת קצב הביצוע של תנועות מסוימות גורם לשינוי בלתי נמנע של דפוס התנועה ושבמהירות תנועה טיפוסיות קיימים דפוסי תנועה ייחודיים תואמים. קלסו והולט (1980), הראו כי לתיאום בין האצבע המורה ביד הימנית והשמאלית יש מאפיינים של מתנד (oscillator). בניסוי שערכו הנבדקים נתבקשו להניע את האצבע המורה (index finger) של שתי ידיהם ימינה ושמאלה בהקבלה (anti-phase). במהלך המחקר התברר, כי מהירות מסוימת של תנודת האצבעות שינתה את דפוס התנועה כך ששתי האצבעות נעו פנימה והחוצה בהקבלה (in-phase). כמו כן, הוכח שמקצב תנועה מסוים והלאה רק דפוס של in-phase ניתן היה לביצוע באופן יציב. מכאן, שהגברת הקצב במערכת יוצרת ערך קריטי מסוים המשנה את דפוס התנועה באופן בלתי נמנע. הגברת הקצב משמשת כמשתנה בקרה המפר את האיזון במערכת (attractor) ומשנה את דפוס תנועתו.

**גורם חובה** (duty factor). גורם החובה הוא מושג המתייחס לתנועת בעלי חיים, ומבטא את החלק של אורך הצעד בו הרגל נמצאת בתמיכה על הקרקע. למשל בהליכה חלק זה הוא כ- 60% ואילו בריצה רק כ- 30% (Minetti & Alexander, 1997). ככל שגורם החובה קטן מ-50% תהיה השאיפה להגדלת היציבות על ידי הגדלת זמן התמיכה על רגל אחת. וככל שגורם החובה עולה מעל 50% כן תהיה שאיפה להגדלת היציבות על ידי מעבר מהיר מתמיכה לתמיכה. כדי להמשיח עיקרון זה נשתמש במחקרם של אורלובסקי ושותפיו (Orlovskii, Severin & Shil, 1966) על תנועתם של כלבים. במחקרם נמצא נמצא, שככל שמקצב התנועה גובר, נוצרים שינויים הכרחיים מדפוס של הליכה (slow transverse crawl) לריצה קלה (trott) ולדילוגים (gallop). בכל אחד מדפוסי תנועה אלה שולטים שילובי מקצב טיפוסיים בין הגפיים. שילובים אלה נשלטים, על ידי ערעור גובר והולך של שיווי המשקל בשלב התמיכה של כל גפה. הצורך להניע את קו הכובד במהירות גדלה והולכת מעל כל גפה איננו מאפשר בשלב מסויים לשמור על שיווי משקל, ולכן נוצר הצורך בדפוס תנועה חדש שיאפשר זאת. גם אצל התינוק שמגביר את קצב צעדיו. בתדירות מסוימת של צעדים מתרחש מעבר לתבנית חדשה הנקראת ריצה. תבנית זו מועדפת במצב המשיכה החדש שנוצר עם גורם חובה של מתחת ל- 50%, כיוון שהתבנית הקודמת איננה מאפשרת יותר שמירה על שיווי המשקל הדינמי.

**זמן עד למגע**: זהו משתנה אופטי שמבטא את מהירות השינוי של מיקומו היחסי של חפץ על גבי הרשתית, שהוא תואם לשינוי מיקומו של החפץ במרחב החזותי ביחס למבצע (הוצלר, רז-ליברמן, לידור וליברמן, 1995). ישנן עדויות, שמשנתנה בקרה זה מאפשר בחירה מהירה בין סוגי חבטה שונים במשחק מחבט או כדור-עף בהתאם לגובה ומהירות מעוף הכדור (Lee, Young, Reddish, Lough, & Clayton, 1983).

**כוחות חיצוניים:** יש שוני בין משימות בהן אנו מנסים לשמור על מרכז הכובד מעל בסיס התמיכה (שיווי משקל סטטי) מול משימות בהן אנו משנים את בסיס התמיכה באופן מכוון כדי לתמוך במרכז הכובד במיקומו החדש (שיווי משקל דינמי). לשם כך, אנו מסתייעים בכוחות פסיקליים שונים. ישנן מיומנויות מוטוריות הקשורות בבקרת יציבה (שיווי משקל), כשהחזקת מרכז הכובד מעל בסיס התמיכה מתאפשרת רק על ידי הפעלת כוחות חיצוניים. "השכבה" של אופניים או אופנוע או של מגלשי סקי בזמן תנועה בסיבוב תוך ניצול הכוח הצנטריפטלי, ורכיבה על אופניים תוך ניצול וכוח ההתמדה הן דוגמאות טיפוסיות למצבי משיכה בהם משתמשים בסוג זה של משתנה בקרה. במצבים שתוארו לא ניתן לשמור על שיווי משקל, אלא תוך הסתייעות בכוחות חיצוניים. בהחלקה על מחליקים, או בסקי יש יותר חופש בחירה בין מצבי משיכה. לכן, בזמן הלמידה של מיומנויות כאלה, יש להימנע מתנאים שתומכים בשמירה על תבניות הקשורות ביציבה סטטית כמו למשל החזקת ידיים במדריך או בנקודת אחיזה. עד כה תוארו התפיסות והעקרונות של התיאוריה האקולוגית-דינמית. בחלק הבא נתאר את ההשלכות של העקרונות התיאורטיים לתחומים השונים של מדעי התנועה.

### **הגישה האקולוגית-דינמית ומדעי התנועה**

#### **התפתחות מוטורית**

חוקרים בגישות התפתחותיות מסורתיות חקרו את התפתחותם של אבני דרך תנועתיים בהתאם ללוח זמנים ביולוגי מולד (McGraw, 1935, 1940; Sherley, 1930). חוקרים אלה החשיבו גם את הסביבה, אך הניחו שהסביבה אינה מסוגלת לשנות את הפונטציאל הגנטי היסודי. לעומת זאת, מחקרים על פי הגישה האקולוגית-דינמית מנסים לבדוק מהם המשתנים הסביבתיים המגבילים או המעודדים שינוי תנועתי ובאילו תנאים מתרחש מעבר מדפוס תנועתי אחד לשני (Thelen, Kugler, Kelso & Turvey, 1982; Thelen & Smith, 1994; Thelen & Smith, 1995). רוב המחקרים בגישה הדינמית ניסו להסביר את ההתפתחות המוטורית של תינוקות כאשר אסתר תלן (Esther Thelen, 1979, 1995), פסיכולוגית התפתחותית, מובילה תחום מחקרי זה. העבודה הראשונה שלה ב-1979 מהווה את הבסיס לתפיסת הסטריאוטיפים הריתמיים אצל תינוקות. תלן תיארה 47 סטריאוטיפים ריתמיים שהופיעו בזמנים ספציפיים, נמשכו שבועות, הגיעו לשיא וירדו. אלה כללו דפוסים שונים של בעיטה והזזת הזרוע, נדנד חפצים והקשה עליהם ועוד (Thelen & Smith, 1994; Smith & Thelen, 1993). באמצעות מחקרים אלה הסבירה תלן את תיאוריית המערכות הדינמיות. לדעתה (Thelen, 1995), התנועה היא צורה מסוימת של תפיסה ושל אמצעי להכרת העולם לפעולה. בני האדם מבחינים ו/או תופסים כדי לנוע, ונעים כדי להבחין ו/או לתפוס. לפי גישה זו, פעוטות מבינים את העולם באמצעות תפיסה רב-ממדית ובינחושית המשולבת בגורם הזמן. בכל רגע של עירנות, מתרחשת קליטה של תחושות מראייה, משמיעה, מטעם, מריח, ומהחיישנים הנמצאים בעור, בשרירים,

במפרקים, ברצועות ובגידים, המבחינים וקולטים שינויים החלים בקצב, בכוח ובתנועה של האורגניזם. המבנה המיוחד של מערכת העצבים מאפשר לבצע שילוב של מידע זה הודות לקשרים העצביים הרבים לאורך מסלול זרימת המידע מהחושים אל אזורים אנטומיים מסוימים המצויים לאורך מסלול זה. נראה אם כן, כי מידע המגיע מהחושים ומהתנועה מתרכז, לעיתים קרובות, לאורך ערוצי המידע הללו ולא באזור מסוים במוח (בו מתקיים הקישור התפיסתי של המידע המגיע לשם מכל חוש בנפרד), כפי שמקובל היה לחשוב בעבר. על פי תפיסה זו, פעוטות יכולים לעבור בין אופנויות שונות של חושים ושל תפיסות כבר בגיל צעיר מאוד.

הגישה האקולוגית-דינמית, מנסה לזהות איזו תת-מערכת/מערכות המתפקדות כמשתנה בקרה (control parameter) עשויות לגרום למעבר, לשינוי התנהגותי, או אלו גורמים או מרכיבים ספציפיים מגבילים את ההתנהגות התנועתית כאשר מעריכים ילדים עם ליקויים בתנועה. לדעתה של תלן (Thelen, 1986) גורמים ספציפיים כמו, תפיסה (perception) בקרת יציבה והכוח של הפושטים עלולים להוות מגבלה בהתנהגות המוטורית של תינוקות עם ליקויים התפתחותיים. לפיכך, היא מציעה לזהות את הגורמים המגבילים או התורמים להופעתם של ציוני דרך התפתחותיים. לפי תלן (Thelen, 1986), קיימים שמונה מרכיבים הניתנים לזיהוי כמגבילים או תורמים לפיתוחן של מיומנויות ניידות המבוצעות במרחב (locomotor skill) ואלה הם: מורפולוגיה (גודל הגוף), כח שריר, סבולת לב-ריאה, גמישות, דיוק, יציבה, קואורדינציה רב-איברית וקואורדינציה ביחס לחפצים.

### **למידה מוטורית**

תהליך רכישת מיומנות מוטורית נחשב, בדרך כלל, כשינוי הדרגתי בארגון דפוסי התנועה המוביל לביצוע אוטומטי, להגברת היעילות וההסתגלות (Clark, 1995; Gallahue & Ozmun, 2002; Magill, 1993). תיאורית עיבוד המידע בשנות ה-50 של המאה ה-20 היוותה מסגרת התייחסות מועדפת לתכנון מהלכים של הוראת מיומנויות תנועה (Adams, 1971; Haywood, 1993; Maggil, 1993; Schmidt & Lee, 1999). הלמידה של מיומנויות התנועה נתפסה כתהליך היררכי, מעין לולאה סגורה שניתן לפרק לשלבים של קלט, עיבוד ופלט. מטרת ההוראה היא לזהות טעויות לאורך התהליך הזה ולנסות לספק קלט מתקן. היישום המעשי של תיאוריית עיבוד המידע קשור לשימוש אפקטיבי ולהפעלת הוראה מילולית, רמזים סנסוריים (כגון הדגמה או הדרכה פיזית), סוגי אימונים שונים (כמו אימון חד-גוני לעומת מגוון), משוב פנימי (פרופריוספטי) לעומת חיצוני (מילולי) ועוד. דרכי הוראה אלו שימשו ומשמשים עד היום מורים לחינוך גופני ולספורט.

בד בבד, יושמו בהצלחה במהלך ההיסטוריה של הוראת החינוך הגופני והספורט, אופני למידה אחרים הקשורים להפעלת משתני סביבה במקום לתהליכי משוב עוד בטרם פיתוח הגישה האקולוגית-דינמית. בספרו ההיסטורי "התעמלות לנוער", מציג גוטסמוס (GutsMuths, 1804) כמה דוגמאות של

אילוצים סביבתיים כאסטרטגיה לשיפור דפוסי התנועה. לדוגמה, כדי לשפר את מיומנות הקפיצה למרחק הוא המליץ "שהקרקע תהיה נטויה אל כיוון הקפיצה, כדי להקל על התנועה, אולם ניתן גם לקפוץ בכיוון המנוגד, כדי להכיר את השפעת כוח המשיכה" (GutsMuths, 1804, p. 98). הקטנת גודל המכשירים בשיעור קבוע, כגון היקף הכדורסל בתכניות לילדים היא דוגמה נוספת לאימון המביא בחשבון את היחס בין משתני סביבה ומשתני הפרט במקום להדגיש אסטרטגיות הוראה לפיתוח זריקת הכדור ביד אחת (Haywood, 1993). סוג אימון זה התפתח במיוחד במיומנויות הדורשות קואורדינציה ויציבות. למשל, מדריכי סקי נוהגים למשוך לכיוון המדרון את מוטות הסקי שמחזיק המחליק הטירון אופקית מול חזהו, בזמן שהוא לומד את חציית המדרון (traverse). הפעלת ההתנגדות מכריחה את הלומד להכנס לתבנית האופטימלית למניעת נפילה בעת חציית המדרון. סוג אימון זה חשוב במיוחד בהוראה ללומדים איטיים ולאנשים בעלי מגבלות תנועתיות, אצלם לעתים קרובות מתודיקת ההוראה הרגילה איננה מניבה תוצאות רצויות. תיאוריית המערכות הדינמיות (Ulrich, Ulrich & Collier, 1992; Thelen & Smith, 1994) וניתוח משימות אקולוגי (Ecological task analysis) יצרו גוף ידע, וסיפקו בסיס תיאורטי לסוג אימונים זה כאלטרנטיבה לגישת עיבוד המידע (Davis, 1996; Davis & Rizzo, 1991; Davis & Burton, 1991). לוח 1 מציג סקירה של הבדלים מרכזיים בין הגישה של תיאוריית עיבוד המידע לבין ניתוח משימות אקולוגי בעת לימוד של מיומנויות מוטוריות.

**לוח 1: השוואה בין פרספקטיבות של עיבוד מידע (IP) ופרספקטיבות אקולוגיות (ETA)**

פרספקטיבה ETA	פרספקטיבה IP	מושג
פרט וסביבה (משקל, עומסים, תואוצות וקואורדינציה)	מערכת העצבים המרכזית	משאבים
תרמודינמיקה, תיאוריה של מערכת כללית, כאוס	מכניקה, תיאוריית מידע, תיאוריית שליטה	בסיסי ידע מובילים
קביעה אונתוגנטית כלומר, בשל דרישות תפקוד מסוימות	קביעה פילוגנטית, כלומר מבוססת על סימנים גנטיים הקשורים למין כולו	קביעת התנהגות
ספונטני, הוליסטי בשל ארגון עצמי וגורמים קריטיים	חיסול הטעויות בהדרגה, צעד אחר צעד	שינויים בדפוסי התנועה
מבוססות על מגבילי קצב, כלומר קשרים לא אפקטיביים בין מבנה ותפקוד הפרט והסביבה	מבוססות על הפרעות בתפקוד הסנסו-מוטורי של הפרט	שגיאות
מצאית קשרים בין משתני הפרט והסביבה שניתן לראותם כגורמים קריטיים למעבר בין דפוסים	שליטה על משתני גירוי ותגובה, כגון פידבק, וויסות קוגניטיבי של דפוסים (דמיון מנטלי)	התמקדות...
הוראת דפוסי תנועה בתנאים טבעיים והכרה בהשתנות כאפקט מעבר הכרחי	הגברה הדרגתית של מורכבות דפוסי התנועה ותנאי הסביבה	תהליך
שיתוף פעולה	פרספקטיבה של הוראה	יחסי מורה-תלמיד
עדיין לא מבוסס	מבוסס היטב	אימון מבוסס על הוכחות

## שיקום מוטורי

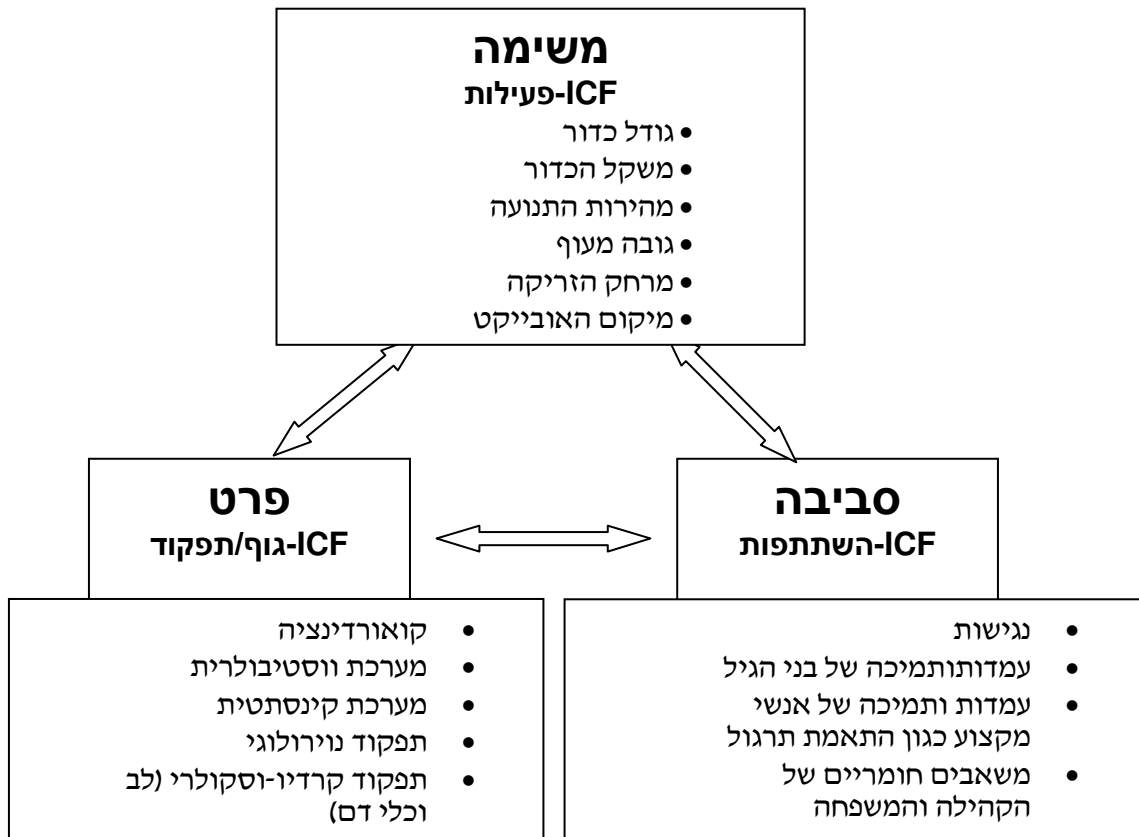
אנשי אקדמיה ומקצוע בתחומי החינוך הטיפול התנועתי מחפשים כל הזמן אופני ניתוח מיומנויות ושיטות הוראה להגברת יעילות הלמידה והטיפול. בהוראה ללומדים איטיים ולאנשים עם מוגבלות חשוב במיוחד ליצור רפרטואר של אסטרטגיות ביצוע, לזהות משתני מפתח בתהליך הלמידה, משתנים שניתן להתאים ליצירת תוצאה רצויה. אחת ממסגרות ההתייחסות החשובות לשיקום המוטורי שהתפתח בשנים האחרונות הוא "הסיווג הבינלאומי של תפקוד, ליקוי ובריאות" (ICF: International Classification of Functioning, Disability and Health; WHO, 2001). סיווג זה מתווה את התפיסה העדכנית ללימוד פעילויות פיזיות בתנאים מגבילים. הטקסונומיה הזאת אומצה על ידי ארגון הבריאות העולמי ומספקת קריטריונים לסיווג, להערכה ולהתערבות שיקומית. התפיסות הרב-ממדיות שלה מסתמכות על מודל בריאות חברתי ולא דווקא רפואי. ICF מציין שלושה מונחים עיקריים המתארים את טווח האינטראקציות של הפרט עם סביבתו. מונחים אלה כוללים:

א) **פגיעה (impairment) במבנה (Structure) הגופני** (כגון ריאות, מפרקים, גפיים, מוח) **ו/או בתפקוד (Function) הגופני** (כגון נשימה, טווח תנועה, כוח שרירים, שליטה מוטורית, קבלת החלטות);

ב) **הגבלה בפעילויות (Activity limitation)** הדרושות בחיי יום יום, עיסוקים מקצועיים ופעילויות פנאי;

ג) **הגבלה בהשתתפות (Participation restriction)** בפעילויות חברתיות מתאימות (WHO, 2001).

את המושגים **תפקוד, הפעילות וההשתתפות** במודל ICF ניתן לשייך למושג המשימה במודל של ניואל. כמו במודל של ניואל שתואר לעיל (Newell, 1986), כך גם ICF מייחס חשיבות רבה מאוד לגורמי פרט (מבנה אנתרופומטרי, אישיות) וסביבה (נגישות, עמדות, תמיכה חברתית) שאינם תלויים במגבלה וקורא להם גורמי הקשר (Contextual factors). לפיכך, ניתן להציע את הגישה האקולוגית-דינמית כמסגרת התייחסות, בעזרתה ניתן להסביר אתהמשמעות התפקודית של מוגבלות, את הגורמים המגבילים הספציפיים, את התבנית בה נאלץ המבצע להשתמש לביצוע מיומנות בתנאי מוגבלות, וכיצד ניתן לשפר את האפקטיביות של הביצוע על ידי תהליכים טיפוליים. איור 1 להלן, מציג מודל משולש מורחב, כולל כמה משתנים יסודיים היכולים להיות מתווכים, מסייעים או מגבילים לבצוע המשימה.



**איור 1: משתנים במשימה, בסביבה ובפרט שעשויים להגביל או לעודד שינוי תבנית תנועתית**

הגישה האקולוגית – דינמית מאפשרת גיבוש רציונל תיאורטי לשיטות שיקומיות שהתפתחו בעיקר על סמך פרקטיקה מעשית ופחות על סמך מודלים תאורטיים. למשל, שיטתו הפופולרית של פלדנקרייז (1972; 1981; 1985). מטרתה של שיטה זו היא לשפר את תנועת האדם בחיי היום יום, בעבודה ולצורך שיקום תנועתי (Buchana & Ulrich, 2001). פלדנקרייז, שייסד את השיטה ב-1940, האמין שהיא מגבירה את היכולת והמודעות של הפרט לגלות התנהגות גמישה ומסתגלת והתנהגות זו היא בעלת ארגון עצמי הנובעת מאינטרקציה של תת-מערכות. ארגון מחדש של הדפוס התנועתי עשוי להתרחש באופן הדרגתי או במהירות, באופן רציף או בלתי רציף. במהלך שיעורי פלדנקרייז התלמידים אינם מקבלים חוקים כיצד לבצע את התנועה, אלא מונחים לחקור אפשרויות פעולה ולהיות קשובים לתחושות העולות מן הגוף. הנחת המוצא היא, שהם יגיעו להתנהגות של ארגון עצמי (Feldenkrais, 1972). בנוסף, הן הגישה הדינמית והן שיטת פלדנקרייז מאמינים שיחסי גומלין בין תת-מערכות רבות משפיעות על ההתנהגות. יחסים אלו מושפעים מגורמים שונים כמו, ניסיון העבר, הדרישות והאילוצים של המשימה בהקשר ספציפי. כאשר הגורמים הללו משתנים משתנה גם ההתנהגות. תלן וסמית (Thelen & Smith, 1998) טענו, שתנאים זהים עשויים להוביל לתוצאות התנהגותיות שונות, בהתאם להסטוריה של אותן מערכות. בשעה שהנוירולוגים

מעניקים עליונות לתפקיד של המוח בארגון ההתנהגות, פלדנקרייז וחוקרי הגישה הדינמית מסכימים שזהו רק אחד המרכיבים מתוך הרכיבים הרבים המכוונים את דפוס הפעולה. פלדנקרייז הדגיש את ההשפעה של הניסיון, ההסטוריה, התורשה הגנטית וההשפעה התרבותית על השונות התנועתית בקרב אנשים (Feldenkrais, 1972, 1985). למשל, הוא ציין את התנועתיות הרבה יותר של הירך, אגן וגב תחתון אצל אנשים מארצות אסיה בהשוואה לאנשים שגדלו בארצות המערב, כפי שניתן לראות בהרגלי הישיבה שלהם (Feldenkrais, 1981). דימיון נוסף בין גישתו של פלדנקרייז לגישה הדינמית הוא באינטראקציה בין תפיסה לבין תת-מערכות של פעולה. פלדנקרייז האמין, שכדי לחוש עלינו לנוע. החיישנים הפרופריוספטיים שאחראים על התנועה מיידעים אותנו על המצב הפנימי ועל יחסנו עם הסביבה. המורים בשיטת פלדנקרייז, מנחים את הלומדים לקשב תפיסתי של מכלול החושים באמצעות רמזים ורבליים או טקטיליים, של מגע. יחד עם זאת בוכאנו ואולריך (Buchanan & Ulrich, 2001) מציגים גם מספר הבדלים בין משנתו של פלדנקרייז והגישה הדינמית. הגישה הדינמית, מדגישה את תלות ההתנהגות בקונטקסט ספציפי, בעוד לשיטתו של פלדנקרייז הפרט יכול ללמוד ולסגל כל התנהגות בצורה קלה יותר, כאשר משפרים את הרגישות התפיסית לפני כן. במהלך ההנחייה, המטרה המוטורית או המשימה היא משנית לתהליך של שיפור המיומנות התפיסית-מוטורית. בדומה לניסיונם של בוכאנו ואולריך (2001) לקשור בין הגישה הדינמית וגישתו של פלדנקרייז ניתן לחשוב על שיטות נוספות העשויות לקבל משנה תוקף על ידי השימוש בהמשגה דינמית. למשל, שיטת החינוך המדריך (שיטת פטו) או חליפות אדלי (Adeli suits) המשמשות לטיפול בנפגעי שיתוק מוחי. לסיכום, נראה כי לגישה האקולוגית-דינמית השפעה בתחום ההתפתחות המוטורית, הלמידה המוטורית והשיקום התנועתי הן במחקר והן ביישום בשדה.

### **תרגום הגישה האקולוגית-דינמית למעשה: רכישת מיומנויות מוטוריות**

החלק הבא מתאר מודל של החלת ניתוח משימות אקולוגי (ETA—Ecological task analysis) בתכנון תוכנית הלימודים בשילוב דוגמאות. המטרה היא לזהות קשרים בין גורמי סביבה, משימה ופרט לבין תפקודים האחראיים לדפוס תנועה לא יעיל, כדי לאפשר פיתוח אסטרטגיות התערבות מתאימות על פי הגישה האקולוגית-דינמית.

#### **מיומנויות מוטוריות כמשימות בהקשר אקולוגי**

כוחה של הפרספקטיבה האקולוגית, בה תמכו גיבסון ותלמידיו במחקר על התנהגות תנועתית של אנשים בסביבתם הטבעית (כלומר, בהקשרים תקפים מבחינה אקולוגית) נובע מהתפקיד המשמעותי של הקשר בין דרישות המשימה לאילוצי האדם והסביבה בבקרה מוטורית (Newell, 1986). השקפות אלה

לרוב מנוגדות לתיאוריות גירוי-תגובה ולפרספקטיבה הפופולרית של עיבוד מידע המשווה בין מיומנות 'שלמה' לבין חיבור החלקים האינדיבידואליים המרכיבים אותה (Reed, 1982). הגישה הרווחת במחקר ובפרקטיקה של הלמידה המוטורית תומכת בשיטות הוראה של "חלק" או "חלק-מתקדם" לסוגים רבים של מיומנויות מוטוריות. מנקודת מבט אקולוגית-דינמית, פרקטיקה כזו עלולה ליצור שינוי במטרת המשימה שמהווה את אחד הגורמים המרכזיים להגדרת אופייה של התנהגות תנועתית (Davis & Burton, 1991). כתוצאה מפירוק המיומנות לחלקים, עלול הביצוע להשתבש ולהאריך את זמן הלמידה של המיומנות. למשל, בעת תרגול חבטת כף היד בטניס, מקובל להפריד בין התנועה המתבצעת על פי רוב תוך כדי ריצה לבין הביצוע ממצב ניח קרי, החבטה. באופן זה מודגשת מטרת המשימה להביא למפגש בין המחבט לכדור. המטרה הנוספת להתמקם ביחס לכדור איננה מודגשת בשלב זה, ועלולה להפגע במהלך שלבי הלמידה המתקדמים, כאשר המבצע נדרש לחבטה תוך כדי תנועה. כתוצאה מכך, נצפה, לעתים קרובות, בשגיאה הניתנת לתיאור כאיחור בפשיטת הזרוע לאחור. אימון מוקדם במיומנויות הדומות למיומנות היעד, תוך כדי תנועה וחבטה באמצעות הזרוע בכדור גומי עשויה לשמר את שתי המטרות של המיומנות: מיקום ביחס לכדור ומפגש המחבט בכדור.

המשימה היא זו שקושרת, למעשה, בין הפרט והסביבה. דרישות המטלה מעצבות את התנועה והן מכוונות את המערכת להתנהגות הנצפית. לעתים, הסביבה מכתובה את מטרת המשימה, למשל בעת הפרעה פתאומית בבסיס התמיכה כאשר עומדים בסירה המפליגה במים סוערים או באוטובוס המאט בפתאומיות. הפרט יכול לקבוע את מטרת המשימה בעצמו, כמו ליזום שינוי בבסיס התמיכה ע"י מעבר לתנוחה אחרת. כאשר מביאים בחשבון את הקשר המשותף וההדדי הזה, סביר להניח כי ניתן לתפעל את הסביבה כדי לשנות את מטרות המשימה והקריטריונים. בהוראה או בהדרכה של משימות תנועה לאנשים עם מוגבלות משתנה ההתפתחות הטיפוסית של דפוס התנועה. קריטריונים מסוימים לביצוע האיכותי של התנועה אינם מופיעים כלל, ואחרים יכולים להופיע בסדר שונה ובקצב התקדמות שונה. במקרה כזה יגדילו רוב בעלי מקצוע העוסקים בפעילות גופנית מותאמת (Adapted Physical Activity) את הווריאציות של נוהלי הרמזים והמשוב ויפרקו, לעתים קרובות, את המשימה לתחנות של תת-משימות (Auxter, Pyfer & Huetting, 2001; Sherrill, 1998). מומחה תנועה ומטפל פסיכומטורי גרמני נודע בשם קיפהרד (Kiphard, 1983), הציע קשר משותף המאפיין את האינטראקציה פרט-סביבה על בסיס פסיכולוגית הגשטלט הגרמנית. טיפוס מצוקים מדגים קשר הדדי זה. המטפס קובע את משימת הטיפוס מעלה, ולכן הוא משנה בהדרגה את בסיס התמיכה שלו כלפי הפסגה. אם בזמן התנועה בין התמיכות מתמוטטת תמוכה אחת, המטפס יכול לשנות זמנית את המשימה לצורך התייצבות על התמיכות הנותרות, עד שהוא חש ביטחון להמשיך במשימה המקורית. גם כיוון (directedness) המטרה יכול להשתנות לחלוטין כמו בדוגמת משחקי מחבט, כגון טניס או בדמינטון. המטרה הלא מוצהרת של המשחק תהיה, בדרך כלל,



לנצח את היריב, אך כאשר השחקנים משחקים נגד יריב חלש במיוחד, הם ישנו את מטרת המשימה לשמירה על המצב עם מספר גדול ככל האפשר של העברות כדור. זוהי משימה מתגמלת יותר בתנאים של משאבים לא שווים, ולכן נוצרת מטרת משימה תומכת יותר מאשר משימה תחרותית. לעתים אין משנים את מטרת המשימה, אך דפוס התנועה להשגתה משתנה לחלוטין בשל אילוצי סביבה. אם למשל אדם עושה גיוג'ינג ועובר על משטח חלק, הוא ישנה את דפוס הריצה לדפוס ניידות בטוח יותר, בגלל אי יציבות בניסיון להעלות את זמן השהייה על בסיס התמיכה. בהקשר זה נמצא במחקר ביולוגי כי הרבה בעלי חיים, כולל בני אדם, משנים ומסגלים במהירות את מידת נוקשות הרגליים שלהם בהתאם לקשיחות המשטח (Ferris, Louie & Farely, 1998).

### מודל הוראה מונחה אילוצים: ניתוח משימות אקולוגי

החוקרים דיוויס וברטון (Davis & Burton, 1991) הציעו מודל הוראה המבוסס על ניתוח משימה אקולוגי (ETA – Ecological Task Analysis). במודל זה: א) מספקים את המשימה ללומד, ב) מעודדים בחירות של דפוסים אלטרנטיביים, ג) מבצעים מניפולציות על הדפוסים שנבחרו כדי ד) לעודד בחירה של דפוס אפקטיבי להמרת משימה.

סמית ותלן (Smith & Thelen, 1993) מציעים מערך עקרונות המסביר את ההתפתחות המוטורית של הילד כתהליך של אילוץ אקולוגי בהתבסס על תיאוריית המערכות הדינמיות. על בסיס התיאוריה הזאת נאמר, כי הקשרים הספציפיים בין תנאי הסביבה ותנאי הילד הם הפרמטרים של שליטה, הגורמים לשינוי הדפוסים הקובעים את תהליך הבחירה הטבעית. בורטון ועמיתיו (Burton, Greer & Wiese-Bjornstal, 1993) אמצו את הגישה האקולוגית דינמית לבדיקת היחסים בין תנאי הגוף וסוג הכדור כדי לפקח על השינוי בדפוסים מועדפים של זריקה ותפיסה. עבודת המחקר שלהם הראתה, כי כאשר גדלו היקפי הכדור הילדים עברו מתפיסה ביד אחת לתפיסה בשתי ידיים. מכאן ניתן לשקול את הקשר בין היקף הכדור וגודל היד כמשתנה בקרה לדפוס של תפיסה ביד אחת. במונחים של ניואל (Newell, 1986), ניתן לאפיין את הגדלת קוטר הכדור מעבר לערך מסוים ביחס לגודל היד, כאילוץ סביבתי המשמש משתנה בקרה להעדפה של דפוס התפיסה בשתי ידיים. באופן דומה, אילוץ של מרחק השחקן מהסל יגרום למעבר מקליעה ביד אחת לקליעה בשתי ידיים ככל שהמרחק יגדל.

ליברמן ויוסטון-וילסון (Liebermann & Houston-Wilson, 2002) מציעות מאגר של חלופות במהלך תרגול משימות תנועה בתוכנית הלימודים בחינוך גופני. ברם, לאיש מקצוע בחינוך הגופני ידרשו מומחיות וניסיון רב על מנת להפעיל באופן אפקטיבי חלופות אלה בתנאי סביבה ספציפיים. לדוגמא: לעתים קרובות ממליצים על כדורי ספוג כאלטרנטיבה לכדורים סטנדרטיים כדי לאמן מיומנויות כדור כגון זריקה ותפיסה. כדי להקל על תפיסת כדור נהוג להגדיל את משך זמן הציפייה על ידי הסתייעות במסירת 2/3 המשלבת קפיצת ביניים של הכדור. שימוש בכדור ספוג למטרה זו, יגרום לקפיצה בגובה נמוך, עקב

מקדם החיכוך הגבוה של הכדור ועקב זאת להגבלת יכולת התפיסה. באופן כזה, עלול המורה לחינוך גופני לחפש דרך להקל על הילד בעצם להגדיל את ההגבלה בתפקודו. שימוש בניתוח משימות אקולוגי מאפשר להקטין את הסיכון למצב כזה.

צורת אילוץ אחרת היא הגבלת הדפוס המוטורי המועדף באמצעות קיבוע או שימוש בכפפה

מרופדת. ספרות מודרנית בנושא שיקום מכירה בתרפיה מושפעת מאילוצים

(Constraint Induced Therapy-CIT) כנוהל שמטרתו שיקום הגפיים הפגועות בשל הפרעות במערכת

העצבים המרכזית (Taub & Steven, 1997; Liepert, Bauder, Miltner, Taub, & Weiller, 2000). טכניקות

תנועה ב-CIT מתמקדות בהגבלת תפקוד הגף הלא פגועה, הגורמת לשימוש בגף הפגועה בדומה לטיפול

שנעשה בעין עצלה בקרב ילדים. מחקרים מצביעים על שיפור משמעותי בתפקוד המוטורי בגף הפגועה,

ומייחסים זאת למנגנונים שתוארו כאי שימוש נלמד בהתגברות/הימנעות, חשיפת קשרי מערכת העצבים

המרכזית המעוררת (excitatory) וארגון מחדש, תלוי שימוש, של קליפת

המוח (Dromeric, Edwards & Hahn, 2000). נראה, כי האילוץ של משתני הסביבה והפרט יכול ליצור

תהליכי למידה עצביים מרכזיים שיועילו לשינוי הדפוסים ולביצוע הפעילות.

למיומנויות מוטוריות בסיסיות בחינוך הגופני יש, בדרך כלל, מערך של קריטריונים הניתנים לתיאור

(Gallahue & Oznun, 2002; Haywood, 1993; Ulrich, 2000). בעקבות עבודתם הניסיונית של ברטון

ועמיתיו (Burton et al., 1993), נציין כי כאשר מכירים בפרמטרים המפקחים על מעבר מדפוס תנועה לא

אפקטיביים לדפוס תנועה אפקטיביים, ניתן לתפעל את האילוצים בצורה שיטתית כדי ליצור שינוי בדפוס

התנועתי. תהליך זה מהווה הבסיס למודל הוראה מונחה אילוצים, המתואר באיור 2, תוך הדגמת יישום

המודל על מיומנות הכדור. מודל זה מתאר תהליך הדרגתי של חקירה וניהול משתני בקרה הכולל את

הרכיבים הבאים:

(א) הגדה של מטרה תנועתית

(ב) איפיון קריטריונים של איכות ביצוע המשימה על סמך ידע עיוני

(ג) איפיון משתנים מגבילים בפרט המפריעים לביצוע המשימה תוך הדגמת האיכות הנורמטיבית

(ד) חקירה וזיהוי קריטריונים הניתנים לשינוי על ידי אילוצים

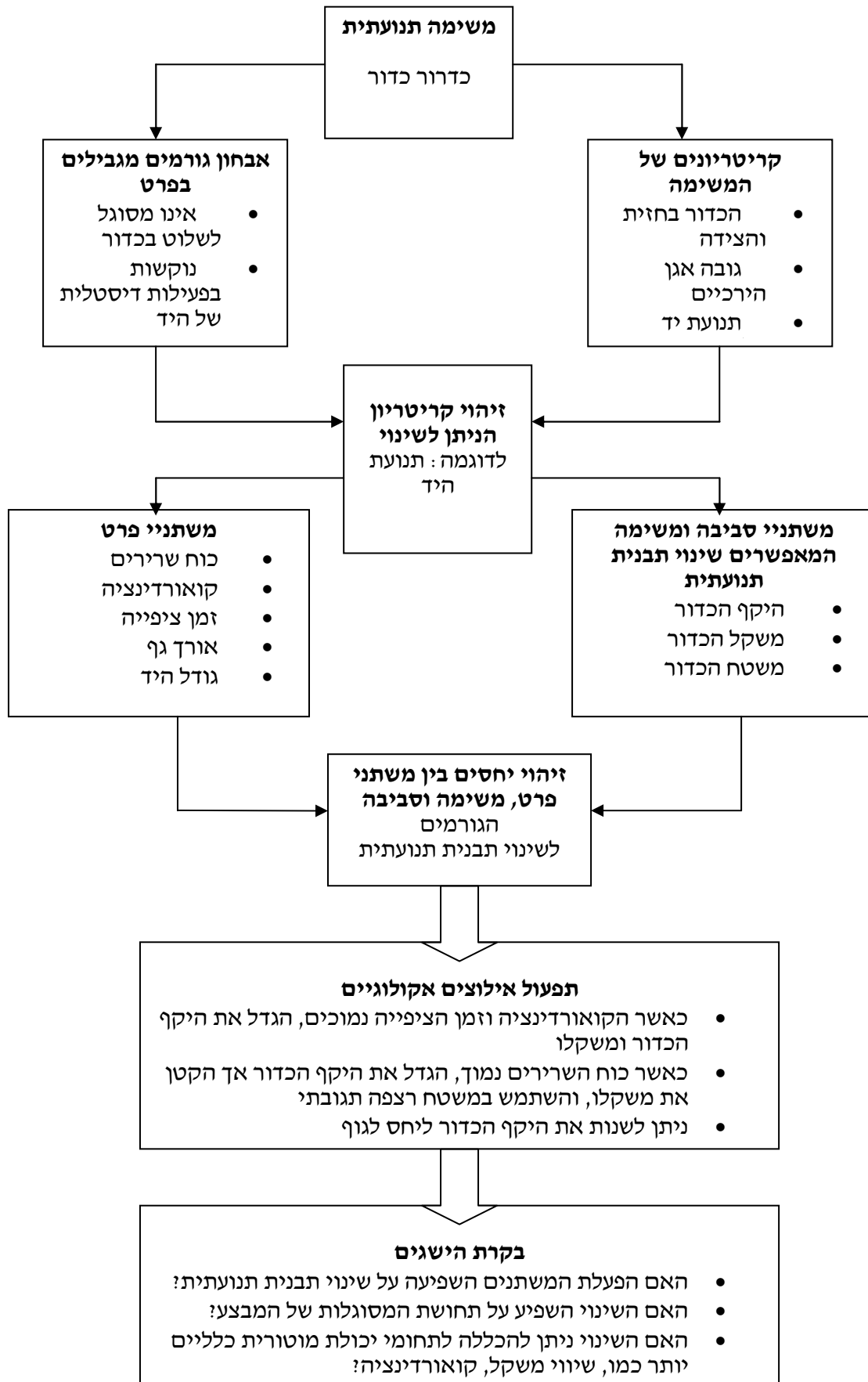
(ה) חקירה וזיהוי היחסים בין מאפייני סביבה, משימה ופרט המשמשים כמשתני בקרה ומאפשרים שינוי

תבנית התנועה בהתייחס לקריטריונים שהוגדרו מראש (ראה ד לעיל)

(ו) תפעול אילוצי סביבה המאפשרים את היחסים המשמשים כמשתני בקרה

(ז) בדיקת אפקטיביות של תפעול האילוצים במדדי הישג כמותיים ואיכותיים במיומנות עצמה, לתחושת

המסוגלות הסובייקטיבית וליכולת להכליל את השינוי למאפייני הישג נוספים.



איור 2: דוגמה ליישום מודל אקולוגי במיומנות כדור

כאשר מייחסים את הגישה המוצגת באיור 2 לקריטריונים של ICF (WHO, 2001), ניתן להחשיב את מטרת המשימה, הקריטריונים והתוצאות כרמת הפעילות, את התנאים האינדיבידואליים כרמה התפקודית, ואת תנאי הסביבה כרמת ההקשר (context).

הוצלר (2004) מפרט עשרים וחמישה תיאורי מקרה המדגימים שפע של אלטרנטיבות לשינוי תוכנית הלימודים, בהתבסס על זיהוי הקשרים בין יכולותיו ותפקודיו של הפרט לבין משתני ההקשר של הסביבה, ועל תפעול של אילוצים לשם השגת שינויים בדפוסי הפעילות. יש לזכור, כי כדי להשיג זאת כדאי יותר, לעתים, לשנות את המשימה במקום את דפוס התנועה. כאשר מצב התפקוד של פרט אינו מאפשר תנועות מהירות ומדויקות הנחוצות למשחקי כדור, יש לשקול מחדש את מטרות המשימה. במקרה זה לא מציאותי לנקוט באוריינטציה של מטרה תחרותית, אלא כדאי לנקוט באוריינטציה של מטרה המתמקדת ברכישת שליטה במשימה. לפי דוגמה זו לא נצפה לכלול במשחק כדור תחרותי ילדים עם מגבלות חמורות, כגון טטרה-ספסטיות או מצב רב-נכותי. הדרישות המורכבות של קשב וביצוע בתנאי משימה מורכבת ולחץ זמן קיצוני עשויים להסתיים בכישלון, באכזבה, בתסכול וכתוצאה מכך בהימנעות.

דוגמה נוספת מבהירה כיצד עלולה התאמה לא שיטתית של קריטריון המשימה להגביל עוד יותר את השגת המשימה במיומנות מורכבת. כדי לקלוע לסל ממצב של ישיבה דרוש כוח רב (Goosy-Tolfrey, Butterworth & Moriss, 2002), ולכן התאמה נפוצה המוצעת לילדים היושבים בכיסאות גלגלים היא הורדת גובה הסל (Block, 2000; Lieberman & Houston-Wilson, 1996).

כאשר משתמשים בהתאמה זו במהלך משחק ומאפשרים לשחקנים עמיתים להגן על הסל, התאמה זו מגבילה עוד יותר את סיכוייו של היושב בכיסא הגלגלים לצבור נקודות, שכן הרבה יותר קל להגן על סל נמוך. במקרה זה יהיה צורך בחוק נוסף, האוסר על שחקני ההגנה להיכנס לתחום הסל ליותר מ-3 שניות (כפי שנדרש משחקני ההתקפה), כדי להבטיח את זווית הקליעה של השחקן היושב בכיסא גלגלים.

### **יישום הגישה האקולוגית-דינמית לרכישה של מיומנויות יסוד**

רכישת מיומנויות יסוד היא אחד הנושאים החשובים להוראת החינוך הגופני בגיל הרך, בחינוך הגופני המותאם לבעלי צרכים מיוחדים ובטיפול הניירו-התפתחותי (לידור ויזדי-עוגב, 1996). בדרך כלל, נהוג לנתח את המיומנויות בהתאם לגישת עיבוד המידע. מורה מנוסה יכול לזהות בתצפית ישירה או בעזרת וידאו אילו מרכיבים של המיומנות הם הקשים ביותר לשליטה ולפיכך מצריכים תרגול (Haywood & Getchell, 2001). ניתוח ברמה גבוהה יותר מאפשר שימוש באמצעים ביומכניים לניתוח קינמטי של המיומנות כדי להעריך את היחסים שבין הגפיים, קרי, התזמון ביניהם, מספר השלבים או עד כמה צריך לפרק את המיומנות למרכיבים. לכך אין אחידות בספרות. לכן, ברוב המקרים המורה מסתמך

על ניסיונו האישי ועל הספרות בהתפתחות ולמידה מוטורית (Gallahue & Ozmun, 2002). באמצעות הניתוח ניתן לזהות את מרכיבי התנועה הקריטיים של המיומנות, לבדדם זה מזה ולתרגל כל מרכיב בנפרד. אולם, המרכיבים צריכים להיות תלויים אחד בשני, כדי לאפשר העברה, אך גם בלתי תלויים כך שניתן לתרגל אותם בנפרד (הוצלר ושות', 1995). ניתוח יעיל של מיומנות הוא ניתוח שמשרת או שקשור לדרך ההוראה, ומעניק למורה כלים להערכה ולתיקון של המיומנות. בניתוח כזה אין זה חשוב לכמה מרכיבים המיומנות מפורקת אלא איך המיומנות מפורקת, כלומר, מהו המרכיב המשפיע ביותר על רכישת המיומנות.

בגישה האקולוגית-דינמית, ההיבט החשוב הוא לזהות את האילוצים, הפנימיים והחיצוניים, שעשויים להשפיע על ביצוע מוטורי (Sugden, 2002). אילוצים מבטאים אינטראקציה בין המשאבים של המבצע (למשל, מידות של הגפיים, כוח רגליים ומשקל, אינטגרציה סנסן-מוטורית, מוטיבציה), הקונטקסט והתמיכה הסביבתית כאשר נלמדת מיומנות והאופן שבו המשימה מוצגת. השינויים שיתרחשו עשויים להיות בלתי-רציפים, וההתקדמות יכולה להיות פתאומית. כלומר: השיפור באיכות הביצוע יתרחש ב"קפיצות דרך". להלן נתאר מספר מיומנויות יציבה וניידות ומיומנויות כדור ודוגמאות של אילוצים בסביבה ובמשימה שעשויים להשפיע על שינוי תבנית תנועתית אצל הפרט.

#### **משימות יציבה וניידות (לוקו-מוטוריות)**

**שליטה על היציבה (שיווי משקל):** שמירת השליטה על היציבה (שיווי משקל) מוגדרת מבחינה אקולוגית כשמירת האוריינטציה של האדם כלפי הסביבה (Reed, 1982). תרגול נפוץ בקרב מורים לתנועה ומחול לשם שמירה על היציבה, הוא לבקש מהרקדנים להניח ספר על ראשם וליישר את הגוף באמצעות קיבוע דרגות החופש הרבות שלו. לתרגול זה ישנה מסורת ארוכה שנראתה בתצפיות אנתרופולוגיות, בהן צפו ביציבה מבוקרת של נשים ההולכות עם כדים על ראשיהן. בתחום האימון של שיווי משקל מקובל מאוד להעזר במשטחי תמיכה בלתי יציבים כגון כדור, גליל, פטריות שיווי משקל לתמיכת שתי הרגליים או לתמיכת כל רגל, שתפקידם ליצור סביבה בלתי יציבה המאתגרת את מערכת היציבה. גם הטכניקה הטיפולית ע"ש הליוויק הנפוצה בתרגול במים (Lambeck & Coffey, 2000; 2001), נעזרת בקשרי הגומלין שבין כוח הציפה וכוח הכובד המכונים "השפעות מטצנטריות (של כוח הכובד בגוף צף)" כדי לתקן תנוחות לא מתאימות ולסייע לשליטה על התנועות הסיבוביות של הגוף במים.

**הליכה:** הליכה מוגדרת מבחינה אקולוגית כניידות, בה שומרים שלפחות רגל אחת תהיה במגע עם משטח התמיכה (Davis & Rizzo, 1991). רוב שנת החיים הראשונה של תינוקות מוקדשת למציאת המרכיבים הדרושים לפעולת ההליכה (Clark, 1995; Goldfield, 1993). דפוס הליכה לא יעיל או פגום עשוי להיגרם בשל הפרעות נוירו-מוסקולריות (עצביות-שריריות) ואורטופדיות (Schumway-Cook & Wollacott, 2001).

מצב רוח דכאוני או הפרעות נפשיות קשות יותר (Lemke, Wendorff, Mieth et al., 2000;)

(Thelen, 1986). החוקרת ההתפתחותית תלן (Sloman, Berridge, Homatidis, Hunter & Duck, 1982) מעריכה, כי ישנם שמונה מרכיבים החייבים להגיע לידי ערך קריטי (בשלות) לפני תחילת ההליכה. מרכיבים אלו הם: יצירת תבניות, הפרדה בין מפרקים, שליטה במנט, רגישות לזרימה חזותית, שליטה בטונוס, כוח אקסטנסורי, מגבלות הגוף ומוטיבציה. אם אחד ממרכיבים אלו או יותר לא הגיע לרמה קריטית כלשהי דהיינו, לרמת בשלות הוא יפעל כמגביל קצב המונע את הופעת דפוס התנועה החדשה. לעומת זאת ניתן לאפיין מספר אילוצים העשויים להאיץ קצב, כלומר לאפשר את הופעת דפוס התנועה החדשה: אילוץ ראשון הוא השימוש במשטח לא יציב מתחת לרגלי האדם מסייע ליצירת דפוס צעידה המושפע מאילוצים. אולריך ושותפיו (Ulrich, Ulrich & Collier, 1992; Thelen & Ulrich, 1991) השתמשו במסילה כדי לסייע להליכתם של תינוקות הלוקים בתסמונת דאון, והצליחו להעלות את קצב ההתקדמות בשלבי התפתחותם. ספרות רחבה תומכת בשימוש במסילה, בעיקר במתקן התומך חלקית במשקל הגוף, כדי להקל על הליכה אצל בני אדם בשלבי התאוששות מאירוע מוחי (Hesse, Konard & Uhlenbrock, 1999) ושיתוק מוחין (Schindl, Rorestner, Kern & Hesse, 2000). מחקר נוסף מצא תוצאה טובה יותר של תרגול במסילה תלוי-מהירות בהשוואה לטיפולים קונבנציונליים (Pohl, Mehrholz, Ritchel & Rukreim, 2002). ניתן להציע את המהירות ואחוז משקל הגוף כפרמטרים של בקרה לעידוד שינויי הדפוס התנועתי. אילוץ נוסף הוא קשירת משקולות קרסול על רגלי האדם המתאמן. קלארק ופיליפס (Clark, & Phillips, 1993) השתמשו במשקולות כאלה אצל תינוקות הולכים, ומיד עודדו דפוס בוגר יותר של קואורדינציה בין השוק לירך.

**ריצה:** ההגדרה האקולוגית של ריצה היא ניידות כאשר ישנו מצב ששתי הרגליים ניתקות ממשטח התמיכה (Davis & Rizzo, 1991). מטרת הריצה היא ניידות מנקודה אחת לשנייה כמו ההליכה, אך נשאלת השאלה מדוע יש לשנות את דפוס התנועה, ולא להסתפק בשינוי קצב ואורך צעדים? מחקרים מצאו כי בעלי חיים ובני אדם מתאימים את דפוסי הניידות במהירויות שונות כדי לשמר אנרגיה ולשפר את היציבות הדינמית (Alexander, 1984, 1992). מערכת השליטה על הניידות מתוארת כמטוטלת קפיצית - a spring loaded inverted pendulum (Full & Koditscheck, 1999), המייצגת מודל פעולה דומה לקפיצה במוט קפיצי (Pogo). הגורמים החשובים במערכת כזאת הם תאוצה, אורך רגל ומהירות. בעלי חיים משנים את דפוס הצעדים שלהם בשל יחס בעל גודל קבוע בין המשתנים האלה, המכונה מספר Froude (Full, 2000). זהו מודד מהירות חסר ממדים שאינו תלוי בקריטריונים פרטניים. התאוצה במערכת זו אינה יכולה להיות גדולה יותר מכוח הכובד, ולכן שווה מספר Froude למהירות בריבוע חלקי מכפלת כוח הכובד באורך הרגל (משוואה 1):

משוואה 1

$$V^2 = \text{מספר Froude}$$

רוב היונקים (ללא קשר למספר הרגלים) משנים את הצעדים במספרי Froude דומים, בין 2 ו-3, במעבר בין הליכה וריצה. כאשר תינוקות עם רגליים קצרות יחסית (מחצית היחס של גודל גוף המבוגר) מנסים להגביר מהירות, הם מגבירים את הקצב עד שבנקודה מסוימת הם מאבדים את היציבות. זמן המגע עם המשטח אינו מאפשר את טווח תנועת המטוטלת, והם נופלים. הפעוט קופץ כדי להימנע מנפילה, ועובר בכך לדפוס המשלב מסגרת זמן כששתי הרגליים באוויר. לוח 2 מתאר את האפשרויות הרבות של מגבלות ספציפיות ומגוון אילוצים שניתן להטיל כדי להשפיע על דפוסי ריצה בלתי איכותיים. למשל, שימוש במשוכות בגובה אחוז מסוים מאורך הרגל, או שטח לא חלק יכולים להשפיע על שיפור שחרור הרגל. שימוש במשטח ריצה בעליה (על מתקן הליכה או בטבע) מטיל אילוץ שמקשה על דפוס ריצה עם דריכה על החלק הקדמי של כף הרגל ודריכה מוגבלת על העקב (plantarflexion). בורטון (Burton, 1990), בדק ילדי גן עם ליקויים התפתחותיים וללא מוגבלות וילדים בכיתה ד' ללא ליקויים. היחס בין אורך הרגל והגובה היה גדול באופן משמעותי בקרב הילדים בכיתה ד' בהשוואה לילדי הגן ואף גדול באופן משמעותי מילדי הגן עם הליקויים בהתפתחות המוטורית. הילדים נמדדו על ידי גובה בעמידה ובישיבה, ריצה בין שני קווים עם וללא מכשולים שהוצבו באופן פרופורציונלי לגובה של הילדים (4 במספר) במשך 6 פעמים. המדידה שהתבצעה באופן דיגיטלי כללה מספר נגיעות במכשולים, זמן תנועה, מהירות תנועה, וכן את היחס בין ממוצע זמן תנועה עם המכשולים וממוצע זמן תנועה ללא מכשולים (movement efficiency ratio). כמצופה, מתוצאות המחקר עולה, כי ילדי כיתה ד' עברו את המכשולים מהר יותר מילדי הגן. ואולם, הבדלי הזמן נעלמו כאשר דרוג מהירות הריצה התבצע לפי אורך הרגל ולא לפי המרחק האבסולוטי.

#### **קפיצה:** ההגדרה האקולוגית של קפיצה היא ניידות באמצעות עזיבת משטח התמיכה בשתי

הרגליים והתייצבות מיד לנחיתה, פעם אחת בלבד (Davis & Rizzo, 1991). בין השגיאות הנפוצות אצל ילדים עם ליקויים בקואורדינציה המבצעים קפיצה מקובל לתאר תנועה של צעדים לאחר הנחיתה, עזיבת המשטח ו/או נחיתה רגל אחר רגל (לידור ויזדי-עוגב, 1996; Haywood & Getchell, 2001). הגברת עומס אנכי על ידי הוספת משקולות קרסול או קפיצה מעלה בשיפוע יכולה לתרום למעבר לדפוס קפיצה סימולטני בילטרלי (דו צדדי). שגיאה נפוצה אחרת מתוארת על ידי הקטנת מרחק הקפיצה והעדר פשיטה מלאה של הזרועות מעלה וקדימה במהלך שלב השהות באוויר. ניתן להשתמש בכדור תלוי שיש לגעת בו במהלך השהות באוויר כדי לתקן את הדפוס הלקוי. כמו כן, ניתן להוסיף מכשול באמצעות מתיחה של גומי כדי לגרום לקופץ לקפוץ גבוה יותר ולהגדיל את זמן השהות באוויר, דבר שיגדיל את מרחק הקפיצה.

#### **מיומנויות כדור**

#### **כדור:** ההגדרה האקולוגית של כדור היא הפעלת כוח על חפץ ברציפות, כאשר החפץ נתקל

במשטח נייח וחוזר ממנו (Davis & Rizzo, 1991). אחת השגיאות הנפוצות בקרב ילדים היא חבטה בכדור

בתנועה הנשלטת על ידי הכתף, במקום דחיפתו כלפי מטה בתנועה הנשלטת על ידי האמה וכף היד (לידור ויזדי-עוגב, 1996; Haywood & Getchell, 2001). הגורמים שיכולים להשפיע על דפוס לא בשל קשורי לוויסות כוח לא מתאים, גודל כף היד, הפרדת איבורים (קיבועים) בין הכתף, האמה ושורש כף היד. ילדים היפוטוניים עם כף יד קטנה מומלץ להשתמש בכדור עם היקף גדול בדומה לגודל של כדורסל אך במשקל קל. הגדלת היקף הכדור ללא שינוי המשקל יכולה להקל על אימוץ דפוס הכדור הבוגר, המקבע את הכתף ומבצע פעולה מתואמת של האמה ושורש כף היד. התאמה כזו תתבטא גם בהגברת הדיוק בשליטה על עמדת הכדור וגובהו בזמן הכדור.

#### **זריקה:** ההגדרה התפקודית של זריקה היא שימוש בזרוע אחת או יותר כדי לדחוף קדימה

אובייקט המוחזק בכף היד של הזרוע או הזרועות (Davis & Rizzo, 1991). במיומנות זו יש להפריד בין זריקת כדור למרחק רב ככל שניתן לבין זריקת כדור למטרה הדורשת כדור. בזריקה למרחק יש להגביר את השילוב בין אברי הגוף כדי להגביר את התנע הסיבובי. בזריקה לצורך דיוק, נדרשת הקטנה בדרגות החופש של המפרקים כדי להקטין טעויות בשליטה על שילוב בתנועה. דפוס הזריקה תלוי בתנאי המבצעים ובאובייקט הנזרק. למשל, בכדור petanque עדיפה זריקה בזרוע ישרה, זריקת מטוטלת מלמטה, כדי להשיג מרחק ודיוק. בהוראת ילדים עם נכויות גופניות ניתן לצפות בדפוס זריקה שנבחרו על ידי הילדים עצמם. ניתוח הדפוסים שנבחרו בצורה ספונטנית מספק תובנות על יעילות ההתארגנות העצמית של דפוס התנועה. מקובל לאפיין את איכותה של זריקת כתף, על ידי הקריטריונים הבאים: (א) רגל נגדית ליד הזורקת, (ב) פשיטה לאחור של הזרוע, (ג) תנועה סיבובית של הגו, (ד) מרפק מוביל בתנועת הזריקה (ה) תנועת המשך של היד הזורקת (לידור ויזדי-עוגב, 1996; Ulrich, 2000; Haywood & Getchell, 2001). צילום 3a ו-3b מראים, בהתאמה, דפוס זריקה ללא תרגול של נער מתבגר הסובל מפגיעה מוחלטת בעמוד השדרה בגלל חוליה שסועה ב-L<sub>3-4</sub> (spina bifida), ונערה מתבגרת הסובלת מאטרופיה מוטורית שדרתית. לילד חסר כוח ויציבות בקרסול ובברך, והוא מנסה להגביר את הכוח המופק על ידי תנועה סיבובית של זרוע אחת והגו בעזרת ייצוב הרגליים על הבסיס כשיד אחת מחזיקה בכיסא הגלגלים בתנוחה של חצי ישיבה. לילדה חסר יציבות וכוח בשרירי הגב, ולכן מתבטלים המומנטים הסיבוביים של הגו ויש קושי ליצר תנע סיבובי. כחלופה ספונטנית היא מנסה להגדיל תנע קווי על ידי שימוש בשתי הזרועות לזריקת חזה.



3b

3a



**איור 3: הדגמת דפוס הזריקה בתנאים מגבילים**

לעיתים קיימים התנאים התפקודיים, אך בגלל העדר קלט לא מתרחש תהליך למידה טיפוסי וניתן להיעזר בהוראה מושפעת מאילוצים. כדי להגיע לדפוס זריקה בוגר (Gallahue & Ozmun, 2002; Ulrich, 2000) במקרים של קלט מופחת, כגון אצל אנשים עם ליקוי ויזואלי או ליקוי בתחושת ההתמצאות, ניתן להחיל צורות של אילוץ דינמי. למשל, משיכת היד הזורקת לאחור בעזרת בסרט אלסטי אופקית לקו הכתף יכול לעורר שינוי דפוס התנועה מדפוס דחיפה ראשוני לדפוס בוגר. ההתנגדות לתנועה המופעלת על המערכת המיכנית זרוע-כתף יוצרת באופן ספונטני הקטנת זרוע המנוף, על ידי כפיפה במרפק.

מחקרים היוצאים מנקודת מוצא של הגישה האקולוגית בחנו מה מוביל לשינוי תנועת מזוריקה בשתי ידיים אל זריקה ביד אחת ומזוריקה תחתית (underhand throw) לזריקה עילית (overhand throw) שמוביל לזריקה עילית ביד אחת (Haywood & Getchell, 2001). השינוי בזריקה ביד אחת מתרחש כאשר הילד לומד לזרוק במהירות גדולה יותר עם יד אחת או לחלופין, כשהילד לומד איזה דפוס תנועתי הוא היעיל ביותר. באופן כללי ניתן לומר, כי מהירות ניתן להשיג בזריקה עילית יותר מאשר בזריקה תחתית כיוון שזו הראשונה מאפשרת רוטציה בגו (backswing) גדולה יותר ושימוש בסגמנטים רבים יותר של הגוף. זריקה ביד אחת של כדור בסיס (softball) למרחק נמצאה בשימוש בקרב 68%-91% מהילדים בגיל 6.5 עד 10 שנים, בניס ובנות בהתאמה. 88% מהילדים בגיל שנתיים עד שש שנים הצליחו לזרוק כדור סקווש (בקוטר של 2.3). 85% מהילדים בגיל 3 עד 6 שנים הצליחו לזרוק כדור טניס או כדור בסיס למרחק.

המרכיב של קוטר הכדור זוהה כמרכיב עיקרי בדפוס הזריקה של המבצע. החוקרת ג'ונס (Jones, 1982), טוענת שדפוס הזריקה שילדים בוחרים לזרוק תלוי בגיל, בגובה ובגודל הכדור.

בורטון ועמיתיו (Burton, Greer & Wiese-Bjornstal, 1993) מציינים, שכאשר בודקים את דפוס הזריקה של ילדים יש לציין את קוטר הכדור או גודל הכדור (כדור טניס, כדור בסיס, כדור סקווש). שנית, יש להתייחס למשתני המבצע קרי, גיל וגובה, ביחס לזריקה של כדור בגודל מסוים.

סקוראי ומיאשיטה (Sakurai & Miyashita, 1983) בדקו את ההשפעה של גודל הכדור על דפוס מיומנות בתפיסת כדור וזריקתו חזק ככל שניתן בקרב ילדים ומבוגרים. בניסוי השתתפו 104 נבדקים, בנים ובנות, בטווח גיל 5-6, 7-8, 9-10, 13-14, ו-19-33 שנים. המשתתפים התבקשו לתפוס כדורי ספוג בגדלים שונים (קוטר מ-4.8 ס"מ ל-29.5 ס"מ; משקל 360 ג') במשך ארבע פעמים שנזרק אליהם באופן אקראי, ואחר כך לזרוק את הכדור חזק ככל שניתן לקיר במרחק של 6.7 מ'. נמצא מעבר מתפיסה ביד אחת לשתי ידיים

כפונקציה של גודל הכדור. מעבר זה התרחש בשכיחות גבוהה יותר בקרב הנבדקים המבוגרים. כאשר גודל הכדור הותאם לרוחב היד, נמצא שהנבדקים הצעירים ביצעו את המעבר לתפיסה ביד אחת מאוחר יותר בהשוואה למבוגרים. ממצא זה מסביר את החשיבות הרבה של גודל כף היד כמרכיב קריטי בבחירה של צורת האחיזה. אולם, מעבר מזריקה מיד אחת לשתי ידיים נעשה אצל פחות מ-25% מהנבדקים, בעיקר בקרב ילדים ובנות, דבר המצביע על העדפה חזקה על ילדים גדולים יותר ומבוגרים לזריקה ביד אחת, גם כאשר קוטר הכדור גדול יותר מגודל כף היד שלהם. החוקרים ממליצים להתחשב בגורמים הבאים בעת

בדיקה של זריקה ביד אחת: משקל הכדור, מרקם הכדור, מהירות, מרחק ודיוק במטלה. החוקרים ממליצים לבדוק את ההשפעה היחסית של קוטר הכדור ומשקל הכדור. שני גורמים אלה יש לבדוק באופן בלתי תלוי. החוקרים אף ממליצים להשתמש בכדורים שהילדים משתמשים בהם במשחק ובספורט.

הקליעה לסל, היא סוג של זריקה המחייבת גם הייחסות למרחק וגם לדיוק. ליו וברטון (Liu & Burton, 1990) בדקו את השינויים בדפוס הקליעה ובמידת הדיוק בקליעה לסל, כפונקציה של מרחק מהסל.

במחקר השתתפו חמישה גברים וחמש נשים (גיל ממוצע 26 שנים) ללא רקע ספורטיבי במשחק כדור סל. הנבדקים התבקשו לקלוע 5X20 פעמים לסל משמונה מרחקים שונים (5 עד 40 רגל). נמצא, שככל

שהמרחק עלה רמת הדיוק ירדה. כאשר נבדקה הקליעה על פי מנח כפות הרגליים, מנח היד, רוטציה בגו וגובה קפיצה, נמצא שב-86% מהקליעות המשתתפים עברו מדפוס תנועה אחד לאחר ככל שמרחק הזריקה גבר. השינויים שהתבצעו התרחשו במנח הרגליים – מעבר מדפוס קונטרולטרי לאיפסילטרי; מנח יד מגובה לנמוך, ללא רוטציה בגו ועם רוטציה ומקפיצה נמוכה לגבוהה. מכאן ניתן להניח, כי קליעה ממרחק רב מחייבת סטייה מדפוס התנועה המקובל כאיכותי בקליעה לסל (קליין, 1991).

**תפיסה:** ההגדרה האקולוגית של תפיסה היא עצירה וקבלה של אובייקט בגפה אחת או יותר (Davis & Rizzo, 1991). תפיסה היא פעילות מעקב הדורשת שליטה רצופה של המערכת הויזואלית, בניגוד

לזריקה. שגיאות טיפוסיות בתפיסה נובעות ממקור תפישתי ולא מכני, וקשורות בעיקר לעיתוי לקוי. תפיסת כדור פיזיותרפיסטי מתגלגל מקלה על השליטה של הזרוע התחתונה והיד בגלל הקטנת הקושי הכרוך בציפייה להתקרבות החדה של הכדור. תרגול כזה יוצר שינוי דפוס מדפוסים ראשוניים של "חיבוק" הכדור עם הזרועות לדפוס בוגר של תפיסת הכדור וקבלתו בכפות הידיים.

וויליאמס (Williams, 1992) טוענת, שתפיסה מיומנת ובשלה מאופיינת על ידי הערכה וויזואלית מהירה ומדויקת של מעוף הכדור (או אובייקט דומה) ותנועת ההשגה של הגפיים מאפשרת לידיים לתפוס את הכדור עם האצבעות לפני שהכדור הגיע קרוב לגוף. תפיסה מוצלחת אינה כוללת רק מיקום הידיים במקום הנכון ובזמן הנכון אלא קואורדינציה של הרבה דרגות חופש של מערכת התנועה בשעה שהמבצע שואף להישאר ביציבה נכונה במהלך התפיסה. לפי גישת המערכות הדינמיות, האילוצים על מערכת התנועה המתפתחת הם רבים וקשה מאוד לבודד אותם להשפעתן הייחודית על מיומנויות תפיסיות. החוקרים דוידס ושות' (Davids, Bennett, Kingsbury, Jolley & Brain, 2000) טוענים שבעת הפעולה של הרמת היד בהתאם למעוף הכדור בעת תפיסת כדור ביד אחת קיים אילוץ משמעותי של בקרת היציבה בדומה לצורך בעיבוד מידע מרחבי-תפישתי בין הידיים לכדור. כדי לבדוק טיעון זה, נתבקשו שישה נבדקים מיומנים ושישה נבדקים פחות מיומנים לתפוס כדור טניס ביד הדומיננטית בעמידה ובישיבה, תנוחה שמפחיתה את דרגות החופש. הכדור (היקף 3.7 ; משקל 25 גר') נזרק ממכונה במהירות של 10 ms וממרחק של 5.4 מ' מהמבצע, מגובה של 1 מ' מהקרקע והגיע למבצע למרחק של 30 סמ' מהכתף של היד התופסת. 20 הזריקות בכל תנוחה צולמו ממרחק של 6 מ' ובזווית של 45 מעלות מלפנים ומצד שמאל לזורק. הממצאים נותחו בהתאם למספר התפיסות המוצלחות לעומת תפיסות לא מוצלחות וכן באמצעות סקלת הניתוח ההתפתחותי של ויסקטרום (Wickstrom, 1970) שנערך באמצעות הילוך איטי בווידאו. מתוך הממצאים עולה, כי הנבדקים הפחות מיומנים השיגו הצלחה רבה יותר בתפיסת כדור בישיבה בהשוואה לתנוחת העמידה. ואולם, תופסים מיומנים לא הפגינו שיפור בתנוחת הישיבה בהשוואה לעמידה. נראה, כי שינוי התנוחה מהווה שינוי באילוץ המרחבי אשר משמעותי יותר לתופסים המיומנים. למרות הממצאים, שינוי ביציבה אינו מהווה אילוץ יחיד לתופסים לא מיומנים שכן במחקר לא נערכה מניפולציה על קשר עין-יד.

**חבטה :** ההגדרה האקולוגית של חבטה היא הפעלת כוח משולב של כלי זרוע-יד, על אובייקט ניח

או נייד (Davis & Rizzo, 1991). התנועות בטניס ובגולף הן דוגמאות מצוינות לפעילויות חבטה ספורטביות. דפוס החבטה יכול לכלול יד אחת או שתיים ומגוון מכשירים, בהתאם לדרישות המרחק והדיוק. מערכת מקלות הגולף הדרושה למשחק היא דוגמא טובה לספציפיות שיש לנסות בזריקה. מגוון המכשירים והכישורים הספציפיים מגדילים את האפשרות של העברה שלילית. למשל, במהלך חבטת יד קדמית בטניס יש שחקנים מתחילים המציגים מרפק נעול בזמן התנופה (Brown, 1989). הגדלה מסוימת של משקל הכדור וגודלו (שרטוט 5) תגרום להתאמה ספונטנית של התנופה, גם בתנאים לא מוכרים של

חבטה מכיסא גלגלים. תרגיל זה נתמך בחלקו בממצאים של קסיאפונג (Xiaopeng, 1998) שהראה השפעה של היקף ומסה שונים של כדורי טניס שולחן על המהירות והקצב. התאמה נוספת היא החזקת שורש כף היד עם היד השניה במהלך תנופת האמה, ולאליץ בכך את דפוס הפשיטה של היד הדומיננטית (Brown, 1989).

בהוראה של משחק טניס מלמדים בשיטה המסורתית את חבטות כף היד (forehand) וגב היד (backhand) באופן נייד ורק לאחר השגת שליטה במצב הנייח עוברים למצב נייד מבוקר ובהמשך למצב נייד חופשי. בהוראת טניס על פי גישה האקולוגית-דינמית מתחילים בפיתוח השליטה בדינמיקה של המשחק לילדים באמצעות מחבטים קלים וכדורי ספוג ובמגרש קטן יותר. כך לומד המבצע מלכתחילה לחבט תוך כדי תנועה, בעוד שהמעבר ממצב נייד לחבטה ממצב נייד מהווה, בדרך כלל, נקודת קושי (או ערך קריטי על פי הגישה הדינמית) לשחקן המתחיל.

מתוך הדוגמאות שהוצגו לעיל עולה, כי יש צורך בניתוח איכותי של המיומנות, בזיהוי השגיאות של המבצע וזיהוי האילוצים שעשויים להשפיע על שינוי התבנית התנועתית. עם זאת, יש צורך להתאים את הפעלת האילוצים לאוכלוסייה, בעיקר בהוראה ובטיפול של אוכלוסייה עם צרכים מיוחדים. ניסיון לשנות דפוסים כדי להגיע לדפוס סטנדרט הזהב עלול, בסופו של דבר, להטיל מגבלה תפקודית גדולה יותר.

### סיכום

במאמר זה הצגנו את תיאוריית המערכות הדינמיות והגישה האקולוגית כבסיס למודל יישומי המאפשר התאמה שיטתית של גורמי סביבה בעת לימוד של מיומנויות מוטוריות. היתרונות של שימוש באילוצים, וההתאמה האקולוגית השיטתית - כהרחבה של מודל ניתוח משימה אקולוגי ניתנים לסיכום כדלקמן: (א) הגברת האפקטיביות של ההתאמה, הודות לניתוח מוכוון למטרה; (ב) הגברת היעילות של ההתאמה, הודות לקיצור זמן ההתנסות; (ג) הפחתת התאמות לא נחוצות, העלולות לעכב את היעילות העצמית והסוציאליזציה של המשתתפים. הדוגמאות שתוארו לעיל עשויות להגביר שימוש אינטואיטיבי באילוצים אקולוגיים כדי לעבור בין דפוסים מומחיות בהוראת חינוך הגופני בכלל וחינוך גופני מותאם בפרט. מאמר זה ממליץ לעשות שימוש באסטרטגיה של ניתוח משימות אקולוגי (איור 2 לעיל) שכוללת את הרכיבים הבאים: (א) הגדרת מטרה תנועתית, (ב) איפיון קריטריונים של איכות ביצוע המשימה, (ג) איפיון משתנים מגבילים בפרט, (ד) זיהוי קריטריונים הניתנים לשינוי על ידי אילוצים, (ה) זיהוי יחסים בין משתני הפרט, הסביבה והמשימה המשמשים כמשתני בקרה, (ו) תפעול משתני בקרה על הפרט ובדיקת אפקטיביות התוצאה במונחים כמותיים ואיכותיים. אנו סבורים שעל ידי אימוץ אסטרטגיה זו, ניתן ליישם את עקרונות הגישה הדינמית לפרקטיקה של הדרכת מיומנויות מוטוריות בגיל הרך ובחינוך המיוחד. יש לערוך מחקר שיטתי שיבדוק את ההשפעה של שימוש באילוצים על שינוי הדפוס התנועתי של מיומנויות

היסוד. על ידי מחקר שיטתי של אסטרטגית ההוראה האקולוגית-דינמית ניתן יהיה לאפיין את האילוצים האפקטיביים ואת היחסים בין תנאי הפרט והסביבה המשמשים כמשתני בקרה.

### רשימת המקורות

נאבל-הלר, נ., רביב, ש., לידור, ר., ולויאן, ז. (1999). פעילות תנועתית מכוונת המכוונת להתפתחות מוטורית. נתניה: המכללה לחינוך גופני ולספורט ע"ש זינמן במכון וינגייט; רכס, פרויקטים חינוכיים.

הוצלר, י. (2004). שתף אותי. תל אביב: אופק

הוצלר, י., רז-ליברמן, צ., לידור, ר. וליברמן, ד. (1995). בקרה ולמידה מוטורית בחינוך גופני ובספורט: יסודות, גישות ודרכי יישום. נתניה: עמנואל גיל.

לידור, ר., ויזדי-עוגב, א. (1996). התפתחות, ניתוח איכותי והעשרה של מיומנויות גופניות בסיסיות. נתניה: עמנואל גיל.

רלף, ק. (1991). בין שתי סלים. נתניה: עמנואל גיל.

Adams, J.A. (1971). A closed loop theory of motor learning. **Journal of Motor Behavior**, 3, 111-150.

Alexander, R.M. (1984). Walking and running. **American Scientist**, 72, 348-354.

Alexander, R.M. (1992). **Exploring biomechanics: Animals in locomotion**. New York, NY: Scientific American Library.

Ayres, A.J. (1980). **Sensory integration and the child**. Los Angeles: Western Psychological Services.

Auxter, D., Pyfer, J. & Huettig, C. (2001). **Principles and methods of adapted physical education and recreation** (9<sup>th</sup> ed.). Boston: McGraw Hill.

Bernstein, N.A. (1967). **The coordination and regulation of movement**. London: Pergamon Press.

- Bizzi, E., Devo, P., Morasso, P., & Polit, A. (1978). Effect of load disturbances during centrally initiated movements. **Journal of Neurophysiology**, **41**, 542-555.
- Block, M.E. (2000). **A teacher's guide to including children with disabilities into general physical education** (2nd ed.). Baltimore: Paul H. Brookes.
- Block, M.E., Provis, S., & Nelson, E. (1994). Accommodating students with severe disabilities in regular physical education: Extending traditional skill stations. **Palaestra**, **10**, 32-35.
- Brown, J. (1989). **Teaching tennis: Steps to success**. Champaign, IL: Leisure Press.
- Buchanan, P.A., & Ulrich, B.D. (2001). The Feldenkrais method: A dynamic approach to changing motor behavior, **Research Quarterly for Exercise and Sport**, **72**, 315-323.
- Burton, A.W. (1987). Confronting the interaction between perception and movement in adapted physical education. **Adapted Physical Activity Quarterly**, **4**, 257-267.
- Burton, A.W. (1990). Assessing the perceptual-motor interaction in developmentally disabled and nonhandicapped children. **Adapted Physical Activity Quarterly**, **7**, 325-337.
- Burton, A.W., Greer, N.L., & Wiese-Bjornstal, D.M. (1993). Variations in grasping and throwing patterns as a function of ball size. **Pediatric Exercise Science**, **5**, 25-41.
- Charles, J., Gail Lavinder., Andrew Gordon. (2001). Effects of Constraint-Induced Therapy on Hand Function in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy. **Pediatric Physical Therapy**, **13**, 68-76.
- Clark, J.E. (1995). On becoming skillful: Patterns and constraints. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, **66**, 173-184.
- Clark, J.E., & Phillips, S.J. (1993). A longitudinal study of inter-limb coordination in the first year of independent walking. **Child Development**, **64**, 1143-1157.
- Davis, W. E (1996). Ecological task analysis utilizing intrinsic measures in research and practice. **Human Movement Science**, **15**, 285-314.

- Davis, W.E. & Burton, A. W. (1991). Ecological task analysis: translating movement behavior theory into practice. **Adapted Physical Activity Quarterly**, **8**, 154-177.
- Davis, W.E., & Rizzo, T.L. (1991). Issues in the classification of motor disorders. **Adapted Physical Activity Quarterly**, **8**, 280-304.
- Davids, K., Bennett, S., Kingsbury, D., Jolley, L., & Brain, T. (2000). Effects of postural constraints on children's catching behavior, **Research Quarterly for Exercise and Sport**, **71**, 69-73.
- Dromeric, A. W., Edwards, D.F., & Hahn, M. (2000). Does the Application of Constraint-Induced Movement Therapy During Acute Rehabilitation Reduce Arm Impairment After Ischemic Stroke, **31**, 2984-2988.
- Feldenkrais, M. (1972). **Awareness through movement: Health exercises for personal growth**. New York: Harper and Row.
- Feldenkrais, M. (1981). **The elusive obvious**. Cupertino, CA: Meta Publications.
- Feldenkrais, M. (1985). **The potent self A guide to spontaneity**. San Francisco: Harper San Francisco.
- Feldman, A.G. (1966). Functional tuning of the nervous system during control of movement or maintenance of a steady posture. Mechanographic analysis of the execution by man of simplest motor tasks. **Biophysics**, **11**, 766-775.
- Ferris, D.P., Louie, M., & Farley, C.T. (1998). Running in the real world: Adjusting leg stiffness to different surfaces. Proceedings of the Royal Society of London. **Biological Sciences**, **265**, 989-994.
- Frosting, M., Maslow, P., Lefever, D.W., & Whittlesey, J.R.B. (1966). **The Marianne Frostig Developmental Test of Visual Perception**. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Full, R. (2000). **Biomotion: Mystery of motion. Why do animals change gait?** [Online]. Available: <http://polypedal.berkeley.edu/ib32/Lectures/gaitfolder/index.htm>

- Full, R.J. and Koditschek, D.E. (1999). Templates and anchors: Neuromechanical hypotheses of legged locomotion on land. **Journal of Experimental Biology**, **202**, 3325-3332.
- Gallahue, D.L., & Ozmun, J.C. (2002). **Understanding Motor Development; Infants, Children, Adolescents, Adults**. (5<sup>th</sup> ed.). Madison, WI: Brown and Benchmark Publishers.
- Gibson, J.J. (1977). The theory of affordances. In R.Shaw & J. Bransford (Eds.), **Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology** (pp. 67-82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J.J. (1979). **The ecological approach to visual perception**. Boston: Houghton Mifflin.
- Gmünder, F. (2003). **Swimming technique: Drill to learn wavelike swimming** (short axis rotation) [Online] Schwimmverein Limmat Zürich. Available: <http://www.svl.ch>.
- Goldfield, E.C. (1993). Dynamic systems in development; action systems. In L.B. Smith & E. Thelen (Eds.), **A dynamic systems approach to development: Applications** (pp. 51-70). Cambridge, MA: MIT Press.
- Goosey-Tolfrey, V., Butterworth, D., & Moriss, C. (2002). Free throw shooting techniques of male wheelchair basketball players. **Adapted Physical Activity Quarterly**, **19**, 238-250.
- GutsMuths, J.C.F. (1970 renewed ed.). **Gymnastic fuer die Jugend** [Gymnastics for the youth]. Frankfurt a M., Germany: Limpert Verlag.
- Haywood, K.M. (1993<sup>2nd</sup> ed.). **Life span motor development**. Champaign,IL.: Human Kinetics.
- Haywood, K.M., & Getchell, N. (2001). **Life span motor development**. (3nd.ed.)Champaign, Ill: Human Kinetics.



- Hesse, S., Konrad, M. & Uhlenbrock, D. (1999). Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects. **Archives of Physical Medicine & Rehabilitation, 80**, 421-427
- Howard, E.M., & Henderson, S.E. (1989). Perceptual problems in cerebral-plasied children: A real world example. **Human Movement Science, 8**, 141-160.
- Hutzler, Y. and Sherrill, C. (2007) Defining Adapted Physical Activity: International perspectives. **Adapted Physical Activity Quarterly, 27**, 1-20
- Kelso, J.A.S., & Holt, K.G. (1980). Exploring a vibratory system analysis of human movement production. **Journal of Neurophysiology, 43**, 1183-1196.
- Kelso, J.A.S., & Schoener, G. (1988). Self-organization of coordinative movement patterns. **Humna Movement Science, 7**, 27-46.
- Keogh, J., & Sugden, D. (1985). **Movement skill development**. New York: Macmillan.
- Kiphard, E.J. (1983). Adapted Physical Education in Germany. In R.L. Eason, T.L. Smith & F. Caron (Eds.). **Adapted physical activity: From theory to application** (pp. 25-32). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Koffka, K. (1935). **The principles of Gestalt Psychology**. New York: hartcourt, Brace & Jovanovic.
- Kugler, P.N., Kelso, J.A.S., & Turvey, M.T. (1982). On coordination and control in naturally developing systems. In A.S. Kelso & J.E. Clark (Eds.), **The development of movement control and coordination** (pp. 5-78). New York: Wiley.
- Lambeck, J., & Coffey Stanat, F. (2000). The Halliwick concept: Part 1. **The Journal of Aquatic Physical Therapy, 8**, 6-11.
- Lambeck, J., & Coffey Stanat, F. (2001). The Halliwick concept: Part 2. **The Journal of Aquatic Physical Therapy, 9**, 7-12.

- Lee, D.N., Young, D.S., Reddish, P.E., Lough, S., & Clayton, T.M.H. (1983). Visuale timing in hitting an accelerating ball. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, **35A**, 333-346.
- Lemke, M.R., Wendorff, T., Mieth, B., Buhl, K., & Linnemann, M. (2000). Spatiotemporal gait patterns during over ground locomotion in major depression compared with healthy controls. **Journal of Psychiatric Research**, **34**, 277-283.
- Liu, S. & Burton, A.W. (1999). Changes in badminton shooting patterns as a function of distance. **Perceptual and Motor Skill**, **89**, 831-845.
- Lieberman, L. & Houston-Wilson, C. (2002). **Strategies for Inclusion: A Handbook for Physical Educators**. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Liepert, J., Bauder, H., Miltner, W.H.R., Taub, E., & Weiller, C.(2000). Treatment-Induced Cortical Reorganization After Stroke in Humans. **Stroke**, **31**, 1210-1216.
- Lord, R., & Hulme, C. (1988). Visual perception and drawing ability in clumsy and normal children. **British Journal of Developmental Psychology**, **6**, 1-9.
- Luenberger, D.G. (1979). **Introduction to Dynamic Systems: Theory, Models, and Applications**. N.Y., NY: John S. Wiley.
- Magill, R.A. (1993<sup>4th</sup> ed.). **Motor learning: Concepts and applications**. Madison, WI: Brown & Benchmark.
- Minetti AE, Alexander RM. (1997). A theory of metabolic costs for bipedal gaits. **Journal of Theoretical Biology**, **186**, 4, 467-76.
- Newell, K.M. (1986). Constraints on the development of coordination. In: M.G., Wade, & H.T.A. Whiting (Eds.), **Motor development in children: Aspects of coordination and control** (pp. 341-360). Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Orlovskii, G.N., Severin, F.V., & Shil, M.L. (1966). Effects of speed and load on coordination of movements during running of the dog. **Biophysics**, **11**, 414-417.

- Pohl, M., Mehrholz, J., Ritschel, C., & Ruckriem, S. (2002). Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients: a randomized controlled trial. **Stroke**, **33**, 553-558.
- Pyfer, J., French, R. and Graduate Students (1996) **The Survival Series: Inclusion Techniques in Physical Education**. One manual and three video tapes demonstrating successful techniques for including students with the following disabilities into the general physical education program: Visual Impairments, Orthopedic Disabilities, and Mental Retardation, Denton, TX: Texas woman's University.
- Reed, E.S. (1982). An outline of a theory of action system. **Journal of Motor Behavior**, **14**, 98-134.
- Reid, G. & Stanish, H. (2003). Professional and disciplinary status of adapted physical activity. **Adapted Physical Activity Quarterly**, **20**, 213-229.
- Reid, G. (2003). Adapted Physical Activity-What is it? In R. Steadward, G. Wheeler & E.J. Watkinson (Eds.) **Adapted Physical Activity**. Edmonton, AB: University of Alberta Press.
- Rose, D.J. (1997). **A multilevel approach to the study of motor control and learning**. Boston: Allyn and Becon.
- Schindl, M., Forstner, C., Kern, H., & Hesse, S. (2000). Treadmill training with partial body weight support in nonambulatory patients with cerebral palsy. **Archives of Physical Medicine & Rehabilitation**, **81**, 1-6.
- Schmidt, R. A. & Lee, T. (1989). **Motor Learning and Control** (3rd Edition). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers. Schmidt, R.A. (1988). **Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis**. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmidt, R.A., Lee, T.D. (1999). **Motor control and learning: A behavioral emphasis** (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schumway-Cook, A. & Wollacott, M. (2001). **Motor control - theory and practical applications**. Lippincott: Williams & Wilkins.

- Sherrill, C. (1998). **Adapted physical activity, recreation and Sport: Crossdisciplinary and lifespan.** (5th ed.). Dubuque IA: WCB/McGraw.
- Singer, R. N. (1975). **Motor Learning and Human Performance.** New York: MacMillian.
- Sloman, L., Berridge, M., Homatidis, S ., Hunter, D., & Duck, T. (1982) Gait patterns of depressed patients and normal subjects. **American Journal of Psychiatry, 139,** 1, 94-97.
- Smith, K.U., & Smith, M.F. (1966). **Cybernetic principles of learning and educational design.** New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Smith, L.B., & Thelen, E. (1993). **A dynamic systems approach to development: Applications.** Cambridge, MA: MIT Press.
- Sugden, D. (2002). Moving forward to dynamic choices. **The British Journal of Teaching Physical Education, 33,** 6-8, 25.
- Taub, E., & Steven W. (1997). Constraint Induced Movement Techniques To Facilitate Upper Extremity Use in Stroke Patients. **Topics In Stroke Rehabilitation, 3,** 38-61.
- Thelen, E. & Ulrich, B.D. (1991). Hidden skills: A dynamic systems analysis of treadmill stepping during the first year. **Monographs of the Society for Research in Child Development, 56** (1, Serial No. 223).
- Thelen, E. (1979). Rhythmical stereotypies in normal human infants. **Animal Behavior, 27,** 699-715.
- Thelen, E. (1986). Development of coordinated movement: Implications for early human development. In M.G. Wade & H.T.A. Whiting (Eds.), **Motor development in children: Aspects of coordination and control** (pp. 107-124). Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Thelen, E. (1987). The role of motor development in developmental psychology: A view of the past and an agenda for the future. In N. Eisenberg (Ed.), **Contemporary topics in developmental psychology** (pp. 3-33). New York: Wiley.
- Thelen, E. (1995). Motor development: A new synthesis. **American Psychologist, 50,** 79-95.

- Thelen, E., & Fogel, A. (1989). Toward an action-based theory of infant development. In J. Lockman & N. Hazen (Eds.), **Action in Social Context** (pp. 23-63). New York: Plenum.
- Thelen, E., & Smith, L.B. (1994). **A dynamic systems approach to the development of cognition and action**. Cambridge, MA: MIT Press.
- Thelen, E., & Smith, L.B. (1998). Dynamic systems theories. In W. Damon (Ed.), & R.M. Lerner, **Handbook of child psychology: theoretical models of human development** (pp. 563-634). New York: Weley.
- Ulrich D.A. (2000). **Test of Gross Motor Development** (2<sup>nd</sup> ed: TGMD-2.). Austin, Tx: Pro-Ed.
- Ulrich, B.D., Ulrich, D. A., & Collier, D.H. (1992). Alternating stepping patterns: Hidden abilities of 11-month –old infants with Down syndrome. **Developmental Medicine and Child Neurology**, **34**, 233-239.
- Williams, J.G. (1992). Catching action: Visuomotor adaptations in children. **Perceptual and Motor Skill**, **75**, 211-219.
- Wickstrom, R.I. (1970). **Fundamental motor pattern**. Philadelphia: lea & Febiger.
- World Health Organization (2001). **International classification of functioning, disability and health** (ICF). Geneva, Switzerland: Author
- Xiaopeng, Z. (1998). An experimental investigation into the influence of the speed and spin by balls of different diameters and weights. In A. Lees, I. Maynard, M. Hughes, & T. Reilly (Eds.) **Science and Racket Sports II** (pp. 206-208). London: E & FN Spon.

