



■ התפתחות המוח ולמידה

מידה, רכישת ידע, מיומנויות וערכים הם כולם תוצר של אינטראקציות בין המוח, הסביבה והתנסויות שונות. בשני העשורים האחרונים חלה התקדמות רבה בחקר המוח הודות לפיתוחם של כלי הדמיה חדשים ולשילובם במחקר. התקדמות זו מאפשרת לחקור את התפתחות מבני המוח כבר בגיל צעיר. התרחבות הידע בתחום הלמידה והזיכרון צפויה לשפר את תוכניות החינוך הנוכחיות ולהרחיב אותן.

* הטקסט שלהלן הוא תקצור והנגשה של פרק 1 מהמסמך המסכם של ועדת המומחים לנושא התאמת תוכניות הלימודים וחומרי הלימוד למאה ה-21. עבודת התקצור וההנגשה נערכה בידי היוזמה לשם נוחות הקריאה. את הפרק המלא ואת ההפניות ומראי המקום המדויקים ניתן למצוא במסמך המסכם וברשימת המקורות בסופו.

1. התפתחות המוח ומשמעותה ללמידה

למידה במובנה הרחב היא שינוי קבוע (יחסית) כתוצאה מהתנסות. במוח הלמידה באה לידי ביטוי בשינוי בעוצמת הקשרים העצביים ובמבנה רקמות המוח בעקבות התנסות. יכולת ההשתנות של המוח מכונה פלסטיות מוחית. למידה יעילה, הניתנת להכללה רחבה, מתרחשת כאשר נוצרים קשרים בין מושגים ופרטי מידע שונים, ולשם כך עליה להתקיים בהקשר משמעותי ומשתנה. למידה כזו באה לידי ביטוי במוח ביצירת רשתות עצבים עשירות ומגוונות, והיא מכונה למידה אסוציאטיבית. לעומת זאת, חזרה ושינון מייצרים זיכרונות ספציפיים מאוד, שהיכולת להכליל מהם נמוכה. במקרים אלו הקשרים העצביים מעטים, חזקים מאוד ובעלי קישור מועט לקשרים עצביים אחרים, ועל כן הגישה לזיכרונות אלו והיכולת לשלוף את הידע מוגבלות.

במהלך שני העשורים הראשונים של החיים חלים במוח שינויים דרמטיים. בשנים הראשונות השינויים מהירים, אך עם התפתחות המוח הקצב מואט. שינויים אלו מתרחשים במהלך גיל הילדות וההתבגרות בכלל אזורי המוח, ובהם אזורים המעבדים קשב, מיומנויות מוטוריות, יכולות קוגניטיביות וזיכרון.

נפח המוח הכולל נשאר כמעט קבוע לאחר תקופת הילדות המוקדמת (גיל 5), בעוד שהנפח של כל אחד ממבני המוח משתנה במהלך החיים. הבדלים שנצפו במהלך ההתפתחות מעידים כי הבשלת רקמות המוח אינה אחידה, וכי אזורים מסוימים במוח מתפתחים לאט יותר מאחרים. הגיל שבו המוח מגיע לבגרותו (90% ממצב המוח הבוגר) עשוי להשתנות מאזור לאזור בטווח של חמש עד עשרים שנים.

אומנם שינויים אלו הם בעלי בסיס גנטי, אך הם תלויים באופן ניכר בהתנסויות העבר ומעוצבים על ידן. כלומר, הם תלויים בחשיפה למידע חדש והתמודדות עימו. קשרים עצביים פעילים מתחזקים והופכים יעילים יותר, ואילו קשרים לא פעילים נהרסים - תהליך המכונה גיזום עצבי. תהליך ההתפתחות כרוך בתחרות על כמות המשאבים העצביים ועל השטח המוקדש לפונקציה מסוימת, למשל עיבוד מידע חזותי, עיבוד מגע, עיבוד שפה וקשב. אחת ההשלכות של תהליכים אלו היא הגדלה של אזורי מוח המופקדים על עיבוד מיומנויות הנרכשות במהלך התקופה ההתפתחותית, שבה מתרחש הגיזום העצבי. דוגמאות לכך הן הגדלה של אזורי מוח מוטוריים בקרב מוזיקאים והגברה של פעילות מוחית באזורים המעבדים גודל ומרחב בקרב מתמטיקאים.

כאמור, יכולת ההשתנות של המוח היא במיטבה בגיל הרך. דוגמה מובהקת לכך היא רכישת השפה (ועל כך נרחיב בהמשך). חסך ברכישת מיומנויות מסוימות בתקופה שבה המוח מתפתח עלול להביא לקשיים ברכישה של מיומנויות אלו בגיל מבוגר. לקשיים אלו כמה גורמים, ובהם אייזירת תשתית מבנית (ובעקבות כך מושגית) במוח וכן הסיכון שחלקי מוח האחראים על מיומנות מסוימת "יעברו" להפעיל התנהגויות אחרות באופן שיקשה לשנותו בגיל מבוגר יותר.

יש חשיבות רבה להבנת מנגנוני הלמידה דווקא בתקופה זו של התפתחות דיגיטלית מואצת המאפשרת גישה ישירה ונוחה למאגרי ענק של מידע. רבים טוענים כי בעידן הנוכחי על בתי הספר להתמקד בבניית מיומנויות של חיפוש ומציאת מידע, ולא דווקא בהקניה של ידע. ואולם גישה זו אינה עולה בקנה אחד עם הידע בתחום מדעי המוח. הלמידה כאמור היא תהליך של יצירת קשרים בין פיסות מידע, והתוצאה של תהליך זה היא ידע. הלמידה מקדמת את התפתחותם של מבנים וקשרים עצביים שהם הבסיס לתפקוד קוגניטיבי גבוה, כלומר ליכולת חשיבה. התפתחות זו משמעותית ביותר בגיל הילדות, שבו למוח יכולות השתנות מיטביות. אומנם הרשת הממוחשבת מספקת לנו מידע, ואפילו מידע רב, אך ללא תשתית מוחית המאפשרת הבנה, מידע זה חסר ערך. הוראה, ובפרט הוראה בגיל צעיר, מקנה תשתית ביולוגית ובהתאם לכך תשתית קוגניטיבית להבנה ולבנייה של ידע.

2. למידת שפה והמוח המתפתח

למידה של כישורי שפה ותקשורת היא משימה קוגניטיבית מרכזית של מוח אנושי מתפתח. לשם כך יש למפות את העולם (ההיצוני והפנימי) למונחים כגון בני אדם וחיות, חפצים, מקומות, מצבים, פעולות, אירועים ותהליכים, ולהתאים בינם לבין התבניות הלשוניות המוסרות אותם. בגיל שנה תינוק יודע לזהות הבדלים בין צלילים (למשל, בין b ו-p), ומצליח לחלץ משטף הדיבור המופנה אליו כמה תבניות אקוסטיות ולתת להן משמעות. כמו כן הוא שולט דיו בשרירי הפנים, בלסת ובגרון כדי להפיק כמה צלילים כאלו. עד גיל שלוש יכולות הליבה של השפה - הלקסיקון והדקדוק - מופיעות, מתפתחות ומתייצבות. כרונולוגיה זו משותפת לכלל השפות ולכלל תרבויות העולם, ומשקפת את התפתחות מבני המוח המעורבים בעיבוד שפתי.

2.1 למידה תלויה מנגנונים כלליים

קיימות שתי תיאוריות מרכזיות להתפתחות של כישורי שפה. לפי התאוריה של חומסקי כל תינוק נולד כשמוחו מצויד במנגנונים ייעודיים ללמידה לשונית, לכן לא נדרש תהליך של למידת שפה אלא רק הבשלה ביולוגית. הגישה השנייה גורסת כי רכישת שפה היא יכולת נרכשת, כלומר זהו תהליך של למידה. הפלסטיות המוחית הגבוהה הקיימת בגיל צעיר היא המצע לרכישת השפה. חשיפה מתמשכת לשפה מעצבת את אופן ארגון הידע השפתי במוח באמצעות מנגנונים קוגניטיביים כלליים של למידה, ולא כאלו הייחודיים ללמידת שפה. מבין שתי הגישות אימצה הוועדה את הגישה השנייה.

בלמידת שפה מעורבים כמה אזורים, רשתות של צמתים וקשרים עצביים במוח הפועלים יחד ומשתנים תדיר בעקבות התנסויות. אותם אזורים משמשים גם לפתרון בעיות למידה דומות שאינן בתחום השפתי. למידת השפה והתפתחותה מבוססות על יכולתם של ילדים לקבל משוב (חיובי, שלילי, ישיר או עקיף) על תוצרתם השפתית, ולהשתמש בו לאורך זמן. התפתחות השפה ועיצובה תלויים בתשומה השפתית שאליה נחשף הילד בסביבתו הטבעית. חשיפה זו מאפשרת לילד ללמוד את מבני השפה ואת הפונקציות שהם מייצגים, ועל בסיס התנסות זו לבנות קטגוריות לשוניות.

למידת שפה היא תהליך התפתחותי הדרגתי ולא אחיד, שבו הלומד נדרש לאחד בין חלקי השפה שהצליח לזהות לכדי שפה אחת כדי לייצר קשרים וסדירויות¹. הופעתו של ידע קטגוריאלי בגיל ינקות - התבונה כי ניתן לכנות כל אובייקט בשם - מלווה בהרחבה של אוצר המילים, מתוך הבנה כי לכל מילה יש משמעות וכי מילים שונות נבדלות במשמעותן. למידת לקסיקון הליבה מלווה בהופעתו של הדקדוק (מבנה המילים ויצירת המשפטים), והדקדוק סולל את הדרך להבעה דקדוקית מורכבת. יכולות אלו ממשיכות להתחזק עם הלמידה, שכן ההתפתחות הקוגניטיבית-חברתית תומכת בלמידה הלשונית ובהופעתן של קטגוריות קוגניטיביות. זהו התהליך המתרחש בשנות הילדות במוחו של כל דובר ילידי של שפת אם, גם דובר דו-לשוני.

2.2 רב-לשוניות

רב-לשוניות היא מצב שבו אדם רוכש בגיל ילדות יותר משפת אם אחת. אדם יכול לרכוש שפה אחת או שפות אחדות כלשון אם, בהינתן שני תנאים: האחד הוא קיום חלון הגיל ההתפתחותי שבו יש רגישות גבוהה לרכישת שפה ("גיל קריטי" או "גיל רגיש"); והשני הוא תשומה לשונית רבה ומגוונת מן הסביבה. מחקרים מעידים כי הפעילות המתקיימת במוחם של דו-לשוניים שונה מהפעילות המתקיימת במוחם של מי שדוברים שפה

1 המונח סדירויות איננו מתייחס בהקשר זה לשגרה בבתי הספר, כי אם ליכולתו של הילד לזהות מילים ומבנים תחביריים בדבריהם של הסובבים אותו, ומתוך כך לחלץ מהם משמעות.

יחידה. הבדלים אלו נובעים מן העיבוד המוגבר הנדרש מדו־לשוניים, הן בשל הצורך לשלוט בשתי השפות, הן כדי להתמודד עם התחרות הלקסיקלית בין השתיים.

2.3 השפה, המוח והמצב חברתי-כלכלי (SES)

חשיפה מוקדמת לשפה מנבאת את רמתן של מיומנויות לשוניות וקוגניטיביות בגיל הילדות ומנבאת גם הישגים לימודיים מאוחרים יותר. זה מכבר ידוע כי קיים חסך בכישורי שפה ובכישורים אורייניים בקרב ילדים ממצב חברתי-כלכלי נמוך. חסך זה מיוחס לחשיפה שפתית מועטה בשנות החיים הראשונות.

כיצד החשיפה השפתית משפיעה על המוח ועל רכישת השפה? יש עדויות לקיומו של מנגנון עצבי ביסוד הקשר שבין חשיפה לשפה ועיבוד שפה. מכאן שאיכות החשיפה לשפה - מגוון אוצר המילים והמורכבות הדקדוקית בתשומת ההורים, קריאת ספרים משותפת, ובייחוד קיומו של שיח דיאלוגי מעשיר - היא גורם קריטי בהתפתחות של אוריינות ושל מיומנויות שפתיות עשירות. על מפתחי תוכניות התערבות לגיל הרך מוטלת המשימה לנצל את הגמישות המוחית בגיל זה ולהתמקד בהרחבת החשיפה לשיח דיאלוגי, אגב משחק משותף וקריאת סיפורים משותפת.

2.4 שפה, קריאה והמוח המתפתח של המתבגר

ההתפתחות העצבית וההתפתחות הקוגניטיבית, השפתית והאוריינית הנלוות לה אינן מוגבלות לגיל הילדות ונמשכות עד גיל 21 לערך. בגיל ההתבגרות חלים שינויים רבים במבנה המוח ובפונקציות שלו. שינויים אלו מובילים להתפתחות קוגניטיבית מואצת בתחומים רבים כמו תכנון לטווח ארוך, מטא-קוגניציה, רגולציה עצמית, זיכרון עבודה וחשוב סיכונים. באופן כללי, החשיבה של המתבגר מופשטת יותר, מובחנת יותר ורבי-ממדית. התפתחות קוגניטיבית זו מובילה להבשלתה של קוגניציה חברתית.

2.5 הקשר בין דיבור וקריאה

הבנת הנקרא נשענת על למידת שפה דבורה ומשמשת נדבך נוסף בהתפתחות ידע השפה. בשונה מן השפה הדבורה, הנלמדת באופן טבעי כמתואר לעיל ללא צורך בהוראה פורמלית (אך תלויה בשפת הסביבה), הקריאה היא מיומנות שאינה נלמדת בהכרח בתהליך התפתחותי אלא מצריכה הוראה מפורשת.

ללמידת הקריאה השפעה על מבנה המוח של הקורא, שכן היא משנה באופן שיטתי מעגלי עיבוד ויזואליים במוח ואת האופן שבו מעובדים צלילי השפה. מיומנות זו מצריכה למידה הן של הגבולות הוויזואליים של מילה, הן של היחס בינם לבין יחידות הצליל שאותן הם מייצגים. למידה זו, הקושרת בין צליל ואות (למשל, קידוד הצליל sh באות ש' בעברית), משפיעה על יכולת ההולכה של אותות עצביים ועל כל הקשרים בין אזורים במוח המעורבים בקריאה. הבשלת המוח, לצד שימוש עשיר בשפה וחשיפה לשפה כתובה, מביאים להתמחות של רשת עצבית בהמיספרה שמאל, ההמיספרה המעורבת בקריאה. כלומר, מרגע זה ואילך הרשת העצבית מוקדשת לפעולה שבה התמחתה: זיכרון, דפוס התנהגות, כישרון מסוים ועוד.

לסיכום, אומנם מבנה המוח כפוף לאילוצים גנטיים (מבנה הבסיס שלו נתון), אך הוא משתנה ומתעצב ללא הרף בעקבות התנסויות. תהליכים דינמיים אלו, הקובעים את יכולותיו הקוגניטיביות והרגשיות של הפרט, יעילים ביותר בשנות החיים המוקדמות, ואיטיים יותר בגיל מבוגר. להתפתחות זו יש השלכה חשובה: הביטוי הלשוני של מצב חברתי-כלכלי - כמות התשומה הלשונית-דיאלוגית ואיכותה - משפיע מאוד על המוח המתפתח של התינוק והילד. השפעה זו מחייבת הורים ומחנכים להשקיע בפעילויות המקדמות שפה ואוריינות.