

היבטים נורוקוגניטיביים של דיסקלקוליה התפתחותית

פרופ' אבישי הניק, ד"ר אורלי רובינשטיין



$(a+b)(a-b) = a^2 - b^2$
 $(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$
 $(a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$
 $a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$
 $a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$
 $= (a+b)(a^2 - ab + b^2)$
 $(a-b)(a^2 + ab + b^2)$

על הקוגניציה הנומרית והמנגונים המוחיים המעורבים בליקוי למידה בחשבון

כיצד מיוצגים מספרים במערכת הקוגניטיבית שלנו? כיצד הם מתופעלים על ידינו על מנת לסייע לנו לדעת ולהבין את העולם? כיצד הם מיוצגים במוחנו? יכולת חשבונית היא בעלת חשיבות עצומה בחייו של אדם והפרעות או קשיים ביכולת זו עשויים לגרום לעיכוב התפתחותי חמור. נראה, שרכישת בסיס יציב של הבנת המערכת הנומרית והיכולת לתפעל מספרים באופן מנטלי, הינם לב ליבה של יכולת זו. מחקרים חדשים יחסית מורים כי גם תינוקות וגם בעלי חיים מגלים יכולת בסיסית של תפיסת כמויות. חיות אינן תוקפות את יריביהן אלא אם מספר התוקפים גדול ממספר הנתקפים ותינוקות בני חצי שנה מביטים זמן ממושך יחסית על תוצר שגוי של פעולה חשבונית (הוספה או סילוק של אובייקט, שבעקבותיהם מופיע מספר שגוי של אובייקטים). התפתחות מאומצת וארוכה ולעתים מכאיבה נדרשת עד שהילד רוכש את הייצוגים הנומריים הדומים לאלה הקיימים אצל מבוגרים. בשני העשורים האחרונים, אנו עדים להתקדמות מרשימה בחקר הקוגניציה הנומרית והמנגונים המוחיים המעורבים בחשבון. חלק מהמאמץ המחקרי מוקדש לחקר פגמים בחשבון, מרכזי ביניהם הוא ליקוי למידה בחשבון - דיסקלקוליה התפתחותית.

מהו ליקוי למידה בחשבון

ליקוי למידה הוא הפרעה נירו-התפתחותית, המגבילה את יכולתם של ילדים ומבוגרים לרכוש מיומנויות קוגניטיביות שונות. מגבלות כאלה באות לידי ביטוי בדרכים שונות: קשיים ספציפיים ברכישת שפה כתובה ומדוברת, רכישת מיומנויות חשבוניות, הפרעות קשב וכדומה. לקות הלמידה מקשה על תפקודם של הילדים (או המבוגרים) בהקשרים חינוכיים ויום יומיים. מדובר בהפרעות התפתחותיות, שכן הן מופיעות בגיל צעיר וקיימות גם אצל מבוגרים, אם לא טופלו כהלכה. ליקוי הלמידה בחשבון (דיסקלקוליה התפתחותית) מתבטא בכישלון בביצוע מטלות חשבוניות שונות כולל פעולות החשבון (חסור, כפל וכדומה), פתרון בעיות חשבוניות

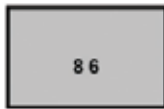


מחקרים רבים בתחום של דיסקלקוליה התפתחותית אינם מבחינים בין דיסקלקוליה טהורה לדיסקלקוליה משולבת. לכן, חשוב להתייחס לדגימות האוכלוסייה הנחקרת בתחום בזהירות

מבחינים העוזרים בהבנת הליקוי

על מנת להבין את יסודות הקוגניציה הנומרית ואת הליקויים בה פונים חוקרים לא מעטים, למטלות מחקריות ולשיטות עבודה שהונהגו על ידי הפסיכולוגיה הקוגניטיבית ומדע העצב הקוגניטיבי (ראה מסגרת נפרדת). הבה נדגים זאת.

בניה שמוצגות שתי ספרות (כמו בצירוף) או שתי קבוצות של נקודות ויש לומר איזו ספרה, או קבוצת נקודות, גדולה יותר. מדובר במטלה פשוטה ואנשים מחליטים מהר מאוד מהי התשובה הנכונה. אולם, כאשר נבדקים זמני התגובה באלפיות שנייה מופיעים ממצאים מעניינים. בניסויים כאלה הנבדקים מתבקשים ללחוץ על אחד משני מתגים כדי לסמן את החלטתם ונמדד זמן התגובה לכל גירוי (צמד ספרות) מרגע הופעת הספרות ועד שהמשתתף מגיב (למשל, לוחץ על המתג השמאלי לסמן שהספרה 8 גדולה יותר).



נמצא, שאפילו מבוגרים מיומנים בחשבון מציגים אפקט מרחק. כלומר, הם מחליטים מהר יותר ככל שהפער בין הספרות גדול יותר (למשל, הם מחליטים מהר יותר ש-8 גדול מ-3 מאשר ש-8 גדול מ-6). מקובל לחשוב, שאפקט המרחק קשור לאופן הייצוג של מספרים במערכת הקוגניטיבית - קו מספרים שעליו מספרים קרובים נומרית מיוצגים קרוב יותר זה לזה מאשר מספרים רחוקים נומרית. היבט מרכזי בחשבון קשור בהבנת מערכת הסמלים הנומריים. ספרות הנן סמלים, המייצגים כמויות וגדלים ספציפיים. היצור המוצג כאן (8 קטן מטפס על סולם במעלה 3 גדול) מייצג את העובדה שלספרות יש



מאפיינים פיזיים משלהן (למשל, הגודל הפיזי של הספרה). גודל פיזי זה יכול לשמש בניסויים הבוחנים ייצוג של ספרות. למשל, בתרבות שלנו 8 מייצג ערך או גודל גבוה יותר מאשר 3 ועל כן ההופעה של 8 כקטן פיזית מ-3 עשוי לגרום לקונפליקט. כלומר, ל-8 ערך מספרי גבוה מ-3 אולם בצירוף שלפנינו

וילדים הסובלים מדיסקלקוליה שמופיעה ביחד עם דיסלקסיה. אולם, עבודות מסוף שנות השמונים מציעות שהמיומנויות השפתיות של ילדים עם דיסקלקוליה טובות יותר מאלה של ילדים עם דיסלקסיה או ילדים עם דיסלקסיה ודיסקלקוליה. מנגד, לילדים עם דיסלקסיה וילידים עם דיסלקסיה ודיסקלקוליה יש מיומנויות מרחביות טובות יותר. עבודות מאוחרות יותר הצביעו על כך שבגילאי בית ספר יסודי, ילדים עם דיסקלקוליה בלבד מתקדמים מהר יותר במיומנויות הקריאה בהשוואה לילדים עם דיסלקסיה אך גם בהשוואה לילדים עם דיסלקסיה ודיסקלקוליה יחד. אותן עבודות מראות גם שילדים עם דיסלקסיה וילידים עם דיסלקסיה ודיסקלקוליה יחד, מתקדמים מהר יותר במיומנויות החשבוניות בהשוואה לילדים עם דיסקלקוליה בלבד. עבודות אלו ואחרות הובילו חוקרים לשער שמקרים בהם דיסקלקוליה מופיעה ביחד עם דיסלקסיה שונים ממקרים בהם דיסקלקוליה מופיעה לבד, כביטויים הקוגניטיביים וגם המוחיים, ומדובר בסוגים שונים של לקות בחשבון. מהו המקור לחוסר העקביות בתוצאות המחקרים השונים? אחת האפשרויות היא שחוסר העקביות נובע מהעובדה שרוב המחקרים עשו שימוש במבחני נייר ועיפרון ובחנו מיומנויות קוגניטיביות כלליות, כאלו שמעורבות במגוון רחב של תפקודים אנושיים כמו זיכרון וקשב. על מנת לבחון במדויק את ההבדלים בין דיסקלקוליה למקרים של דיסקלקוליה ביחד עם דיסלקסיה, חשוב לעשות שימוש במטלות הבוחנות פונקציות קוגניטיביות ספציפיות למספרים ולקריאה. למשל, בעזרת מטלה ממוחשבת שמאפשרת למדוד זמני תגובה באלפיות שנייה ואחוזי טעויות, בחנו כיצד סטודנטים באוניברסיטה שסבלו מדיסלקסיה או מדיסקלקוליה קושרים צלילים לאותיות הכתובות (למשל הצליל "ט" לאות ט) וכיצד הם קושרים כמות לספרה הכתובה (למשל "3 יחידות" לספרה 3). ראוי לציין שעד כה, רק שתי עבודות השתמשו במטלות ספציפיות מסוג זה ובחנו מקרים של דיסקלקוליה ביחד עם דיסלקסיה. עבודות אלו הגיעו למסקנה ששתי התופעות, דיסקלקוליה לבד ודיסקלקוליה ביחד עם דיסלקסיה, הן תופעות זהות מבחינת הלקות בחשבון.

וחשיבה חשבונית. עוד לפני הכניסה לבית הספר ולפני שהחלו לימודים פורמליים במתמטיקה, ילדים אלה יתקשו במטלות כמו מנייה של חפצים והשוואת מספרים או כמויות. ילדים ומבוגרים הסובלים מליקוי זה, עשויים להתקשות בנסיבות יום יומיות כמו בדיקת העורף שהם מקבלים בקניה בחנות. עבור ילדים אלה, שעורי חשבון בבית הספר הם מקור לחרדה רבה מאחר והם נדרשים להשקיע מאמץ עצום על מנת להבין דברים שהינם ברורים לילדים האחרים בכיתה. האגודה הפסיכיאטרית האמריקאית מגדירה ילד כזה כמי שיש לו ציונים נמוכים מאוד במבחני חשבון סטנדרטיים יחסית לציונים הצפויים על פי הגיל הכרונולוגי, החינוך והאינטליגנציה של אותו ילד. אחת ההגדרות המקובלות היא שרמת הידע בחשבון שמפגין הילד מצויה שתי כיתות מתחת לגיל הכרונולוגי, כאשר האינטליגנציה ממוצעת לפחות והפגם אינו נובע מקשיים בחינוך או קשיים אחרים (למשל, בעיות בקריאה). לעיתים קרובות, דיסקלקוליה מופיעה ביחד עם לקויות אחרות כמו דיסלקסיה התפתחותית - לקות למידה בקריאה, או בעיות בקשב. התופעה מקיפה בין 3 ל-8 אחוזים מאוכלוסיית הילדים. ראוי לציין שאף ששכיחות התופעה אינה נמוכה מזאת של דיסלקסיה התפתחותית, התופעה נחקרה עד כה פחות מהתופעה המקבילה בתחום הקריאה.

ב-DSM-IV (מדריך הפסיכולוגיה/פסיכיאטריה לאבחון) וגם במחקר המדעי, דיסקלקוליה התפתחותית מוגדרת כבעיה מבודדת או טהורה (שלא מופיעה עם לקויות אחרות) הנובעת מלקויות בעיבוד מספרים וחשבון. יחד עם זאת, 17 אחוז מאותם ילדים הסובלים מהלקות סובלים גם מדיסלקסיה ו-25 אחוז מהם סובלים גם מבעיות של קשב והיפראקטיביות ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder). מעט מאוד ידוע על הביטויים הקוגניטיביים של דיסקלקוליה, כאשר היא מופיעה ביחד עם לקות אחרת. מחקרים רבים בתחום של דיסקלקוליה התפתחותית אינם מבחינים בין דיסקלקוליה טהורה לדיסקלקוליה משולבת. לכן, חשוב להתייחס לדגימות האוכלוסייה הנחקרת בתחום בזהירות. מספר חוקרים דיווחו, שאין הבדל בסוג הקשיים החשבוניים בהם נתקלים ילדים הסובלים מדיסקלקוליה התפתחותית טהורה

אצל אנשים הסובלים מדיסקלקוליה התפתחותית מופיעים פגמים בהיבטים בסיסיים של עיבוד מידע נומרי. מחצאים אלה מצביעים על כך שפגמים במיומנות חשבונית המופיעים בגיל בית הספר עשויים לנבוע מפגם בעיבוד ובייצוג של היבטים בסיסיים של גודל ומספר

מצא כי ה-IPS הימני אצל ילדים אלה אינו מופעל בעת עיבוד מידע נומרי כפי שמופעל האזור הזה אצל ילדים שהתפתחותם תקינה. לילדים הוצגו שתי קבוצות של ריבועים והם התבקשו להחליט איוז קבוצה גדולה יותר. אצל הילדים המאופיינים בהתפתחות תקינה הופיעה פעילות ב-IPS הימני שהשתנתה כפונקציה של המרחק בין שתי קבוצות הגרויים. הפעילות היתה גדולה יותר כאשר המרחק בין קבוצות הגרויים היה קטן יותר (היינו, אפקט המרחק). לעומת זאת, אצל ילדים הסובלים מדיסקלקוליה התפתחותית, אפקט המרחק היה מצומצם ביותר. זוהי, כמובן, עדות ישירה לגבי הפרעה ספציפית במערכת הקודקודית של דיסקלקוליה התפתחותית בעת עיבוד מידע נומרי. באופן כללי, המידע המצטבר מציע פגם בייצוג הקודקודי של מספרים וגדלים או פגם בנגישות או ביכולת לתפעל כמויות אצל הסובלים מדיסקלקוליה התפתחותית.

סיכום

מחקרים לא מעטים דווחו על קשר הדוק בין ייצוגים של ערכים נומריים לבין גדלים פיזיים וחפיפה בין האזורים המוחיים המעורבים בעיבוד מימדים אלה. יתכן, שאותם מבנים עצביים המעורבים בהחלטה האם 5 גדול מ-3, מעורבים גם בהחלטה האם כלב גדול מזרוב. לפיכך, אפשר שחזיון המבנים האלה עוד לפני שהילד החל ללמוד חשבון יסייע לפתוח הרשת העצבית המעורבת בחשבון. יתר על כן, מחקר של השנים האחרונות מורה על כך שהיבטים בסיסיים של מידע נומרי (עוד לפני רכישת ידע בית-ספרי בתחום) פגמים בדיסקלקוליה התפתחותית ושלבנים מוחיים ספציפיים קשורים בפגמים אלה. ידע מסוג זה יאפשר מחד להכין תכניות שיקום מתאימות ומאידך, לאתר את הקושי ולטפל בו בגילאים מוקדמים יחסית.

פרופ' אבישי הניק, המחלקה לפסיכולוגיה ומרכז ולוטובסקי לחקר העצב, אוניברסיטת בן-גוריון, באר שבע
ד"ר אורלי רובינשטיין, המחלקה לחקר העצב ובריאות הנפש, בית החולים לילדים, טורונטו
הכותבים מודים לריאל מלול על האיור

ההתפתחות של האסוציאציות האלה ניזונה כנראה הן מלמידה והן מהבשלה של המנגנונים המתאימים. אצל אנשים המאופיינים בדיסקלקוליה התפתחותית, הקשר הזה הוא חלש ואינו אוטומטי. כאשר סטודנטים הסובלים מדיסקלקוליה התפתחותית מתבקשים להשוות ספרות השונות במימד הנומרי והפיזי, הם מציגים דפוס דומה לזה שמציגים ילדים בסוף כיתה א'. יתר על כן, הקושי באסוציאציה בין מספרים לגדלים הוא ספציפי למערכת הסמלים המספרית. לא מדובר בקושי כללי ביצירת קשר בין סמלים לייצוגיהם. למשל, לא קיים קושי בקישור של אותיות לצלילים שהן מייצגות. מחקר נוסף מחזק כיוון זה ומורה על קשרים בסיסיים נוספים כמו מנייה. מחקרים אלה ואחרים מורים כי אצל אנשים הסובלים מדיסקלקוליה התפתחותית מופיעים פגמים בהיבטים בסיסיים של עיבוד מידע נומרי. ממצאים אלה מצביעים על כך שפגמים במיומנות חשבונית המופיעים בגיל בית הספר, עשויים לנבוע מפגם בעיבוד ובייצוג של היבטים בסיסיים של גודל ומספר.

עיבוד מידע נומרי מערב את האונות הקודקודיות ובאופן מיוחד העמק התוך קודקודי (Intraparietal sulcus, IPS). זהו חריץ ארוך, עמוק ומפותל בקליפת המוח (ראה ציור).



אף שיש מבנים מוחיים נוספים הקשורים בעיבוד מידע נומרי, יש עדויות המורות של-IPS תפקיד חשוב בדיסקלקוליה התפתחותית. ה-IPS נמצא פגום (פחות תאי עצב, או חריץ קצר יותר ועמוק פחות) באוכלוסיות הסובלות מקשיים בחשבון. פגיעה מכוונת בטכניקה היוצרת פגיעה מוחית זמנית (Transcranial magnetic stimulation - TMS) מובילה לפגם הדומה לזה המוצג על ידי אנשים שלהם דיסקלקוליה התפתחותית. בנוסף, מחקר הדמיה מוחית (fMRI) עם ילדים המאופיינים על ידי דיסקלקוליה התפתחותית

הוא קטן מה-3. קונפליקטים כגון אלה, משמשים בבדיקות מיומנויות חשבון בסיסיות. למשל, כאשר מציגים צמד ספרות להשוואה ניתן לשנות לא רק את הפער הנומרי ביניהן אלא גם את הפער הפיזי וכך ניתן לקבל זוגות של ספרות שבהן שני המימדים תואמים (למשל, 5 8) או ששני המימדים לא תואמים (למשל, 5 8). כאשר נבדקים מתבקשים להחליט איוז ספרה גדולה יותר פיזית ולהתעלם מן הערך הנומרי, הם מגיבים מהר יותר לזוגות תואמים מאשר לזוגות לא תואמים. העובדה הזו מורה, שנבדקים אינם יכולים להתעלם מהערך הנומרי גם כאשר אינו רלבנטי לתפקיד והוא מופיע לביצועו. יתר על כן, מיומנות בחשבון משפיעה על האפקט הזה וכך, ילדים בתחילת כיתה א' מציגים אפקט מרחק דומה לזה שמציגים ילדים בסוף כיתה א' (היינו, הם מכירים את הספרות ויודעים מהשמעותן הנומרית). אולם, בתחילת כיתה א' הערך הנומרי אינו מפריע להשוואות פיזיות של הספרות. האפקט הזה (הפרעה של המימד הנומרי לשיפוטם פיזיים) מופיע לראשונה בסוף כיתה א' אולם הוא עדיין קטן מאשר ההפרעה המופיעה בכיתה ג'. אצל אנשים שהתפתחותם תקינה קיים קשר אוטומטי בין ספרות לגדלים וכמויות (למשל, 8 מייצג כמות גדולה יותר מאשר 4). כאשר מוצגת ספרה עולות באופן אוטומטי האסוציאציות לגדלים וכמויות מתאימים.

מדע העצב הקוגניטיבי (Cognitive neuroscience)

תחום חדש יחסית העוסק בתפקודים כמו למידה, תפיסה, קשב, שפה, זיכרון, רגשות ותפקודים קוגניטיביים נוספים הנכללים תחת הכותרת של תפקודים מנטאליים גבוהים. מדע זה מערב תחומי מדע שונים כמו נירולוגיה, פיזיולוגיה, פסיכיאטריה, פסיכולוגיה, בלשנות. מטרת התחום להבין תפקודים קוגניטיביים גבוהים וההקשר המוחי שלהם. מדע העצב הקוגניטיבי התקדם מאוד עקב פיתוחן של שיטות לא פולשניות להדמיית תפקודי המוח (למשל, הדמיה מוחית תפקודית - fMRI).