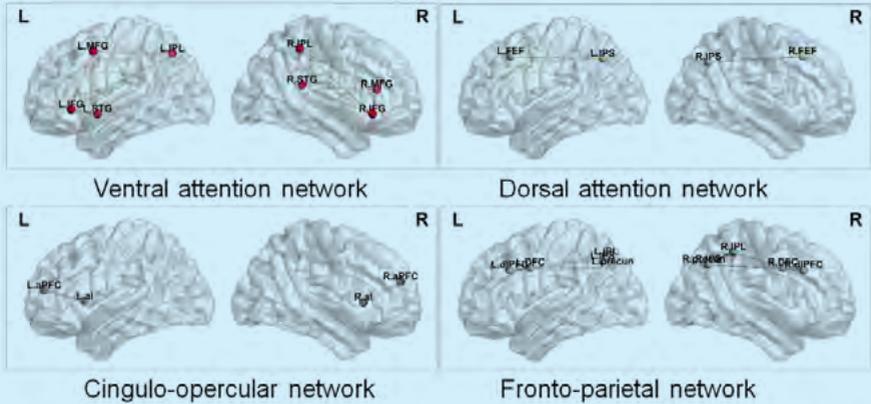


# קישוריות תפקודית רבה יותר בין רשתות מוחיות התומכות ביכולות ניהוליות וקשב מקושרת לקריאה שוטפת | תקציר מאמר<sup>1</sup>

במאמר זה מתארים החוקרים קשר מורכב בין שתי מערכות בקרה של תהליך הקריאה שמזוהות עם האונה הקדמית של המוח, ומקובל לשייך לה תפקודים של ניהול, בקרה וקשב. המאמר טוען כי המודל המקובל מתאר כיצד נוצרת קריאה מדויקת, אך אינו מסביר את היווצרותה של קריאה שוטפת, משום שהוא אינו מסביר את מהירות זיהוי האותיות. המשתתפים במחקר כולם דוברי אנגלית שפת אם, בעלי אינטליגנציה תקינה וללא היסטוריה של בעיות רגשיות או נוירולוגיות ביצעו משימות קריאה ומשימות שדורשות שימוש בתפקודים ניהוליים. בזמן ששהו בתוך סורק fMRI הוקלטה פעילות המוח שלהם במנוחה ובעת ביצוע המשימות. תוצאות המחקר מראות שלמרות שילדים שונים יכולים להציג רמות שונות של שטף קריאה, המנגנונים הנוירוביולוגיים שפועלים בתהליך קריאה שוטפת הם דומים בילדים עם קריאה תקינה ומתקשים בקריאה.

במאמר זה מתארים החוקרים קשר מורכב בין שתי מערכות בקרה של תהליך הקריאה שמזוהות עם האונה הקדמית של המוח, ומקובל לשייך לה תפקודים של ניהול, בקרה וקשב. **המערכת הראשונה** עוסקת בעיבוד מידע מלמטה-למעלה (Bottom – Up), מרמת זיהוי האותיות ועד להפיכתן למילים בעלות משמעות), **והמערכת השנייה** שעוסקת בעיבוד מידע מלמעלה-למטה (Top – Down), מרמת ההקשר והאסוציאציות הסמנטיות עד לזיהוי המילה הכתובה). המערכת הראשונה מורכבת מרשתות הקשב הדורסלי ורשת הקשב הוונטלרית (dorsal and ventral attention networks), והמערכת השנייה מורכבת מהרשת הפרונטופאריאטלית (frontoparietal) והרשת הסינגולו-אופרקיוולרית (cingulo-opercular). במאמר זה החוקרים טוענים שקישוריות רבה יותר בין המערכות הללו נצפית בזמן קריאה שוטפת. האיור הבא מציג את המערכות המעורבות בתהליך הקריאה השוטפת לפי טענת החוקרים:

1 Freedman, L., Zivan, M., Farah, R., & Horowitz-Kraus, T. (2020). [Greater functional connectivity within the cingulo-opercular and ventral attention networks is related to better fluent reading: A resting-state functional connectivity study](https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102214). *NeuroImage: Clinical*, 26(February), 102214. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102214>



**Fig. 1.** Visualization of systems 1 (ventral and dorsal attention, upper row) and 2 (cingulo-opercular and frontoparietal, bottom row) on a glass brain. The figure presents the center of mass for each region of interest listed in Table 1. DACC, dorsal anterior cingulate cortex; laPFC, left anterior prefrontal cortex; AJ, anterior insula; raPFC, right anterior prefrontal cortex; SupF, superior frontal gyrus; LP, lateral prefrontal cortex; vmPFC, ventromedial prefrontal cortex; dmPFC, dorsomedial prefrontal cortex; PHG, parahippocampal gyrus; ITC, inferior temporal cortex; MFG, middle frontal gyrus; IPL, intraparietal lobule; IFG, inferior frontal gyrus; STG, superior temporal gyrus; FEF, frontal eye fields; IPS, intraparietal sulcus; dlPFC, dorsolateral prefrontal cortex; precun, precuneus.

במחקר זה מגדירים החוקרים קריאה שוטפת כקריאה בקצב יציב של טקסט, בצורה מדויקת ובהגיה נאותה. קיימים מודלים שונים בתהליך רכישת הקריאה ביניהם המודל הדו נתיבי (dual-route) או המודל המקבילי (parallel distributed processing; PDP) של הקריאה. במודלים אלה מתוארת הקריאה כתהליך שמתבצע באופן בלתי תלוי בשני נתיבים שונים במוח:

**1. הנתיב הפונולוגי** שבו מורכבת מפה של הקשרים בין הצליל של האותיות לייצוג החזותי שלהן.

**2. הנתיב האורתוגרפי**, שבו נעשה תיווך בין התוכן היוזואלי של המילה למשמעות הלקסיקלית שלה עד כדי זיהוי המילה.

לנתיבים אלו משויכים גם אזורי מוח שונים אך עם זאת, בהתאם למודל המקבילי- פעילות יכולת מסוימת עשויה להפעיל אזורים נוספים במקביל ולא רק את הנתיב אליו היא משוייכת. נתיבים אלה הם הבסיס לרכישת הקריאה: בתחילה משתמש הקורא המתחיל במסלול הפונולוגי, ולאחר מכן עובר בהדרגה לשימוש במסלול האורתוגרפי.

המאמר טוען כי מודלים אלה מתארים כיצד נוצרת קריאה מדויקת, אך אינו מסביר את היווצרותה של קריאה שוטפת, משום שהוא אינו מסביר את מהירות זיהוי האותיות. מכיוון שקריאה שוטפת תלויה בזיהוי מואץ ואוטומטי של המילים, שבו הקשב מופנה לתוכן של החומר הכתוב

ללא צורך במאמץ של זיכרון העבודה לעיבוד המידע הכתוב עצמו, החוקרים מציעים במאמר זה שיש קשר בין שני הנתיבים הללו למערכות התפקודים הניהוליים (Executive Functions - EF). תפקודים קוגניטיביים רבים, כמו ויסות מחשבות ופעולות, איתור וניתוח מידע, מיוחסים למערכות התפקודים הניהוליים. מערכות ותפקודים אלו מתפתחים במהלך הילדות המוקדמת ומקובל לחשוב שהן חלק ממערך הרשתות שיוצרת הפניה מכוונת של קשב. מודל זה נקרא מודל רשתות הקשב (attentional network model).

לפי מודל רשתות הקשב, הבקרה הקוגניטיבית היא בעלת שתי תת-מערכות: מערכת שפועלת באמצעות עיבוד גירויים מלמעלה-למטה (מערכת 1), ומערכת שפועלת מלמטה-למעלה (מערכת 2). מערכת 1 עוסקת בנייתוח מידע מסדר גבוה. מערכת זו מאפשרת בקרה על טעויות, גמישות והתנהגות מכוונת מטרה. היא קשורה גם לעיבוד מואץ של מידע. מערכת 2 עוסקת בקלט חושי מהסביבה ומתווכת את הידע הרלוונטי אל מערכת 1. מערכת זו פעילה כאשר הקשב מופנה אל המרחב ועוזרת לשמר את המפה המרחבית בזיכרון. היא קשורה לארגון של תנועות העיניים המהירות ולזכרון העבודה הויזואלי, אשר חשובים לקריאה שוטפת. מחקרים בילדים הראו שינוי ברמת הקישוריות בתוך הרשתות עצמן, ובין הרשתות הללו, בהתאם להתפתחות השפה והקריאה.

קשיים בקריאה כתופעה נירו-ביולוגית, נמצאו כקשורים לרשתות אלה בכמה מחקרים. קיים גוף רחב של מחקר שמקשר בין קשיי קריאה ולקויות תפקודים ניהוליים כמו התנהגות אימפולסיבית ובעיות בזיכרון העבודה. תפקודים ניהוליים נוספים שקשורים לקשיים בקריאה הם קושי בשטף המילולי וביצירת רצפים (sequencing). המחקר בתחום עד כה לא הראה קשר בין שטף קריאה לבין הרשתות הספציפיות של מערכת 1 או מערכת 2 של הקשב, ובכלל זה גם לא עם תפקודים ניהוליים. המחקר הנוכחי בא למלא חסר זה.

המשתתפים במחקר היו 30 קוראים תקינים, ו-26 ילדים עם קשיי קריאה בגילי 8-12, כולם דוברי אנגלית שפת אם, בעלי אינטליגנציה תקינה וללא היסטוריה של בעיות רגשיות או נירולוגיות. המשתתפים גויסו באמצעות מודעות שפורסמו בתשלום וקיבלו שכר עבור השתתפותם במחקר. המשתתפים ביצעו משימות קריאה ומשימות שדורשות שימוש בתפקודים ניהוליים. בזמן ששהו בתוך סורק fMRI הוקלטה פעילות מוחם בתנאי "מנוחה" - קרי, כשלא ביצעו מטלה מסוימת. תנאי זה מאפשר לאפיין את פעילות הרשתות הקוגניטיביות הנבדקות ולשייך למשימות ופעולות הנעשות מחוץ לסורק.

החוקרים מצאו שבעוד שקריאה שוטפת נחשבת למשימת קריאה מורכבת, חלק מהקוראים התקינים הדגימו שטף קריאה נמוך יחסית, על אף שהגיעו בסך הכל לציון ממוצע במשימה. מאידך, היו ילדים עם קשיים בקריאה שהדגימו שטף קריאה גבוה יחסית. לכן, החוקרים פיצלו את המשתתפים לבעלי שטף קריאה גבוה ונמוך בהתבסס על ביצועיהם במשימת שטף הקריאה

ולא על בסיס האבחון שלהם (תקינים או בעלי קשיים בקריאה). כאן קיבלו החוקרים הבדל מובהק בין קוראים עם שטף קריאה גבוה לקוראים עם שטף קריאה נמוך: לא רק ששטף הקריאה הגבוה היה מתואם עם קישוריות חזקה יותר ברשתות העיבוד מלמעלה-למטה (מערכת 2, יכולות ניהוליות), אלא גם בפעילות מוגברת של רשתות העיבוד מלמטה-למעלה (מערכת 1, קשב).

החוקרים מסכמים ואומרים שתוצאות המחקר מראות שלמרות שילדים שונים יכולים להציג רמות שונות של שטף קריאה, המנגנונים הניורוביולוגיים שפועלים בתהליך קריאה שוטפת הם דומים בילדים עם קריאה תקינה ומתקשים בקריאה. ההשוואה בין ילדים עם שטף קריאה גבוה לילדים עם שטף קריאה נמוך חשפה את מעורבותן של רשתות שקשורות ליכולות ניהוליות וקשב אצל קוראים בעלי שטף גבוה. ממצאים אלו יכולים להסביר את מגוון הפרופילים שקיימים אצל קוראים שמציגים קשיים בקריאה.

#### למאמר המלא

