

מדעי המוח וחינוך: סקירת תוכניות התערבות וגישות חינוכיות הניזונות ממדעי המוח

כול האורד ג'ונס, Paul Howard-Jones



היזמה למחקר ישומי בחינוך

מבוא:

בסקירה זו אנו בוחנים עד כמה משפיעות – או קרובות להשפיע – תובנות שונות מתחום מדעי המוח וחקר התודעה על הפרקטיקה בכיתה. יסוּכְמוּ בה הראיות החינוכיות הנוגעות לגישות ולתוכניות התערבות, המבוססות במידה זו או אחרת על ראיות מתחום מדעי המוח. בדומה לכך, בסקירה יזוהו תחומים במדעי המוח שהשפיעו על החינוך בהצלחה, וכן תחומים העשויים להשפיע על החינוך בעתיד, אם תושקע עבודה נוספת בהתאמתם לגישות או לתוכניות התערבות בכיתה.¹

סקירת ספרות זו בתחום החינוך, הנכללת בתוכנית העבודה, נועדה לזהות גישות ותוכניות התערבות חינוכיות השואבות ממדעי המוח אשר:

- על פי הממצאים הנוכחיים, צפויות להשפיע באופן חיובי על ההישגים ולכן כדאי לבחון אותן בקנה מידה רחב יותר;
- נדרשת בדיקה נוספת כדי לקבוע מהי השפעתן על ההישגים הלימודיים; או
- נראה כי אין להן השפעה מבטיחה על ההישגים.

בסקירה מוצגות גם ראיות הנוגעות לתוכניות התערבות חינוכיות שנטען כי הן מבוססות על ממצאים מתחום מדעי המוח, גם אם הקשר ביניהם אינו ברור כל צרכו או אינו מוכח היטב. שימו לב כי לחלק מהרעיונות המוצגים בסקירה נדרשת עבודת התאמה נוספת לפני יישומם בכיתה.

1 סקירה זו הוזמנה על ידי קרן וולקם (Wellcome Trust), והיא כוללת גם סקר בהשתתפות מורים, הורים ותלמידים וכן סקירה של ספרות מדעי המוח. אנו מקווים שההתבוננות בנושא מדעי המוח וחינוך מנקודות המבט של העוסקים בפרקטיקה, של חוקרי החינוך ושל חוקרי המוח תאפשר הבנה מלאה של אופי השימוש בנתונים מתחום מדעי המוח בעולם החינוך כיום, וכן של האתגרים והשאלות העולים בדרך.

הסקירה היא חלק מתוכנית עבודה שמטרתה ליידע מועמדים על גיוס הון משותף של EEF (Education Endowment Foundation) ושל קרן וולקם, לפרויקטים הקשורים למדעי המוח ולחינוך. לכן נכללים בסקירה שמונה עשר נושאים, אשר כל אחד מהם נמדד לפי עוצמת הראיות הנוגעות למידת האפקטיביות שלו בתחום החינוך ולמרחק (במאמצים ובזמן) שיש לעבור כדי ליישם את הידע ממדעי המוח בכיתה הלימוד. מוכנות כזו היא גורם חשוב שעל המועמדים להביא בחשבון בעת בחירת גישה ובעת פיתוח תוכנית התערבות מתאימה. בדומה לכך, אנו עשויים בהחלט למסן פרויקטים שאינם נכללים בנושאי הסקירה, אם יש להם בסיס ראייתי משכנע ויכולת יישום בכיתה. ראו: Howard-Jones, P. (2014). Neuroscience and Education: A Review of Educational Interventions and Approaches Informed by Neuroscience - Full Report and Executive Summary. London: Education Endowment Foundation.

מה הקשר בין מדעי המוח לחינוך?

כל דבר המשפיע על הלמידה נובע מיסודו מפעילות במוח. לכן קוסם לנו הרעיון שהבנת אופן פעולתו של המוח צפויה להשפיע על פרקטיקות חינוכיות. רעיון זה צבר תאוצה בעשר עד חמש עשרה השנים האחרונות (בעיקר בחמש השנים האחרונות), שבהן מספר המאמרים הקושרים בין המוח לבין חינוך קפץ מדרגה והדיון בנושא עלה משמעותית.

הדרישה לחינוך המושפע ממדעי המוח מגיעה משני הכיוונים: חוקרים בתחום מדעי המוח מדגישים כי לעבודתם יש פוטנציאל לשפר את החינוך, ואנשי החינוך להוטים ללמוד מה יכולים מדעי המוח להציע להם. למרות ההתלהבות, יש לגשת לנושא בזהירות, ולוודא שהרעיונות מתחום מדעי המוח אינם מוטמעים בשלב מוקדם מדי או לפני שהותאמו כהלכה לשימוש בכיתה. נוסף על כך, תוכניות התערבות בעלות תווית "נוירו" – אם הן אכן קשורות או אינן קשורות למדעי המוח, או אם באמת יש הוכחה כלשהי להשפעתן על החינוך – צפויות להיות מקודמות בתחום החינוך ולהתקבל בברכה בבתי ספר ובקרב מורים. ולכן עולה החשיבות של הפרכת מיתוסים ושל הפצת ראיות מדויקות. תחום חינוך זה דורש שכל הצדדים המעורבים – חוקרים בתחום מדעי המוח, פסיכולוגים קוגניטיביים, חוקרי חינוך ומורים – יעבדו בשיתוף פעולה, כדי להבטיח שהנתונים מתחום מדעי המוח יפורשו כהלכה ויישמו בתוכניות התערבות ובגישות חינוכיות משמעותיות ובנות ביצוע. לאחר מכן יש לבחון בקפידה תוכניות התערבות וגישות אלה ולהעריך את השפעתן על החינוך.

לכן, שילוב בין מדעי המוח וחינוך הוא תחום בעל פוטנציאל עצום; קרן EEF וקרן וולקס, המאפשרות את העבודה הבין-תחומית ואת ההפקה של ראיות איכותיות, יכולות לתרום תרומה מועילה לקידומו.

הממצאים העיקריים

בסקירה מחולקים מדעי המוח ויישומיהם בתחום החינוך לשמונה עשר נושאים. חמישה מהם עוסקים בתוכניות הלימודים במתמטיקה ובקריאה, שבהן הצטברה כמות משמעותית של תובנות במדעי המוח. הנושאים האחרים עוסקים בתחומים של מדעי המוח שהשפעתם כללית יותר, וקשה יותר להגביל אותם לנושא יחיד בתוכנית הלימודים. יש לציין כי תחום תוכניות הלימודים במתמטיקה חולק לארבעה נושאים, בשל ההבדלים בכמות הראיות וביכולת ליישם את הרעיונות השונים בתחום. בכל אחד משמונה עשר הנושאים יש שני חלקים: הראשון עוסק בתהליכים הנוירו-קוגניטיביים ומסכם את ההיבטים המדעיים, והשני עוסק ביישום החינוכי, ומסכם את ההיקף של היישום בחינוך כיום או עד כמה רחוקים מיישום כיום.

הממצאים העיקריים של הסקירה סוכמו בטבלה 3. כל אחד משמונה עשר הנושאים קיבל דירוג המבטא את עוצמת הראיות הנוגעות לאפקטיביות שלו בתחום החינוך, ודירוג נוסף המבטא את המרחק שיש לעבור כדי להצליח ליישם את הרעיון בכיתה. הקריטריונים ששימשו לבנות את סולמות הדירוג הללו מופיעים בטבלה 1 ובטבלה 2.

שמונה עשר הנושאים קובצו למקבצים בהתאם לעוצמת הראיות ולמרחק מיישום, כדי לשקף את מצב הפיתוח שלהם ואת העבודה שיש להשקיע כדי להבין אותם טוב יותר.

קבוצה 1: חמשת הנושאים בקבוצה זו הם המפותחים יותר מבחינת יכולת היישום בחינוך, והם בעלי הראיות המבטיחות ביותר להשפעה על התוצאות החינוכיות.

קבוצה 2: לתשעת הנושאים בקבוצה זו יש בסיס מדעי יציב, אך ייתכן שתידרש עבודה נוספת כדי להבטיח את יישומם הנאות בכיתה. כמו כן, כדאי לבחון נתונים נוספים הנוגעים לאפקטיביות שלהם בתחום החינוך.

קבוצה 3: לארבעת הנושאים בקבוצה זו נדרשת עבודת ההתאמה הגדולה ביותר, והראיות המצביעות על השפעתם החינוכית הן המועטות ביותר.

קבוצה 1

הנושאים בקבוצה זו נשענים על בסיס תאורטי מוצק, הבנוי מממצאים בספרות המדעית, ממחקרי מעבדה המראים שיפור במשימות הקשורות להישגים אקדמיים וממבדקים ניסויים שנערכו בכיתות. עם זאת, עוצמת הראיות ומספר המבדקים הניסויים בכיתה שונים ומגוונים, ובחלק מהדוגמאות נדרשת בחינה נוספת כדי לקבוע מהן הפרקטיקות הטובות יותר ליישום הידע מתחום מדעי המוח בכיתה.

■ **מתמטיקה - חרדת מתמטיקה:** גיוס מעגלים עצביים לצורך שליטה קוגניטיבית בחרדה – חרדה המלווה בהשפעות שליליות על זיכרון העבודה ועל תהליך עיבוד מספרים.

המידע הרב שבידינו על השפעותיו של הסטרס (עקה) על הלמידה מאפשר פיתוח תאוריות מתאימות בנושא. עבודה זו הובילה לבנייה של כלי התערבות בכיתה, המציג את היעילות הפוטנציאלית של אסטרטגיה פשוטה. עם זאת, כיום מצוי רק מחקר יחיד זה שנערך בכיתה.

■ **קריאה:** קישור סימני אותיות לצלילים והבנת המשמעות.

מחקרים רבים מאוד נערכו בנושא התהליכים הקוגניטיביים העומדים ביסודה של הקריאה, והם אפשרו לפתח תאוריות מתאימות ומקיפות. נוסף על כך, על בסיס ההבנות הללו נערך מספר ניכר של מבדקים ניסויים במעבדה ובכיתה, שבחנו גישות לקריאה ושימוש בתוכנות מחשב. עם זאת, נותרו שאלות רבות לבחינה בפרויקטים הבאים, ובהן בחינת גישות אלה בקנה מידה גדול יותר כדי להעריך את יתרונותיהן בעבור מגוון של תלמידים.

■ **פעילות גופנית:** השתתפות בפעילות גופנית להגברת יעילות הרשתות העצביות.

בספרות מדעי המוח נמצא בסיס מוצק להצדקה של תוכנית התערבות הכוללת פעילות גופנית, ומחקרים רבים בוחנים את השפעת הפעילות הגופנית על הישגים לימודיים. עם זאת, התוצאות המעורבות שהתקבלו במחקרים אלה מעלות את ההשערה שכמה מהגורמים המשפיעים על התוצאות טרם זוהו, ועל כן יש להביא זאת בחשבון ולתכנן את תוכניות ההתערבות העתידיות בקפידה רבה.

■ **למידה מרווחת (Spaced Learning):** למידה חוזרת של תוכן פעמים רבות, עם הפסקות ביניהן.

אפשר ליישם את הלמידה המרווחת מייד בכיתת הלימוד. אף שלאחרונה נמצא קשר הדוק בין הלמידה המרווחת למדעי המוח, יש לציין כי רוב הידע על התהליכים העומדים בבסיס למידה

זו נגזר מהספרות המקצועית בתחום הפסיכולוגיה. האופי המתכנס של תוצאות המחקרים הרבים המצוינים בספרות זו מספק הנחיות ברורות ליישומה האופטימלי של הלמידה המרווחת בכיתה, כולל משך הזמן האידיאלי של פרקי הלמידה ושל המרווחים ביניהם. עדיין נותרו שאלות חשובות, כגון עד כמה יכולה הלמידה המרווחת לתמוך בתהליכי למידה מורכבים יותר משליפה פשוטה מהזיכרון.

■ **בחינות:** בחינות על חומרים שנלמדו מסייעות לזיכרון.

נמצא בסיס ראייתי איתן, בתחום החינוך ובתחום המדעי, ליעילותן של בחינות בשיפור הלמידה. עבודה נוספת עשויה להתמקד באופן השימוש הטוב ביותר בבחינות וכן בגורמים המשפיעים על יעילותן.

קבוצה 2

נושאים אלה נשענים על בסיס תאורטי שאפשר לעגן אותו בבירור בממצאים בספרות המדעית, במחקרים שנערכו במעבדות המראים שיפור בלמידה אקדמית ובמחקרי גישוש שנערכו בכיתות. עם זאת, בנושאים בקבוצה זו נדרשת בדרך כלל עבודת התאמה נוספת והכוונה של הגישות, כדי לבחון עד כמה אפשר ליישם אותם בכיתה.

■ **מתמטיקה – ייצוגים סימבוליים ולא סימבוליים של מספר:** היכולת להעריך כמויות מספריות והיכולת להבין ייצוגי מספר כגון "3"; קישור שתי יכולות אלה חשוב אף הוא.

אפשר לבסס את תוכניות ההתערבות העוסקות ביכולות אלה על הספרות הצומחת בנושא פיתוח חשיבה חשבונית מוקדמת, וכיום יש מחקרים רבים בהשתתפות ילדים צעירים המניבים תוצאות מבטיחות. עם זאת, תוצאות אלה לא העלו בבירור מהם סוגי הייצוג החשובים ביותר שאליהם יש לכוון, ודרוש מחקר נוסף כדי להבין את השפעותיהם בתוך הכיתה.

■ **מתמטיקה – תרגול של הכרת האצבעות:** הבחנה בין האצבעות השונות ושימוש בהן לספירה ולמנייה.

מגוון נאה של ספרות מדעית תומך בגישה זו, אך תוצאות הנוגעות להשפעתה על למידה מתמטית התקבלו ממחקר יחיד בכיתה, שבו לא נבדקה ההשפעה בטווח הארוך.

■ **שינה, תזונה ושתייה:** הבטחת תפקוד קוגניטיבי תקין והתגבשות הזיכרון (קונסולידציה) של החומר הנלמד באותו יום באמצעות שינה נאותה, תזונה ושתייה.

לנושא זה יש בסיס תאורטי מוצק, בעיקר בכל הנוגע לשינה, ויש הצדקות גיוניות ופשוטות לבנייה של תוכניות התערבות. עם זאת, השפעותיהן של תוכניות כאלה על ההישגים האקדמיים עדיין לא הוכחו. תוכניות התערבות בנושא זה עשויות לכלול התאמת יום הלימודים לשעון הביולוגי של בני נוער וכך לאפשר להם לישון שעות רבות יותר, או הדרכה של בני נוער על חשיבות השינה ועידודם לישון שינה מספקת.

■ **”אימון מוחי” של תפקודים ניהוליים:** שימוש בתוכניות ממוקדות להגברת תפקודים ניהוליים כגון חשיבה, שיקול והנמקה, זיכרון עבודה ודחיית סיפוקים. יש ראיות סותרות באשר להשפעות של אימון מוחי על התפקודים הניהוליים, וראיות מועטות על ההשפעות של אימון זה על הישגים אקדמיים. המחקרים הרבים המדווחים שנמצאו השפעות חיוביות על התפקודים הניהוליים, והקשרים הברורים בין תפקודים ניהוליים לבין הישגים אקדמיים – כל אלה מספקים הצדקה טובה לעריכת מבדקי גישוש של תוכנית התערבות המכוונת להישגים.

■ **קוגניציה גופנית:** השפעה על התהליכים הקוגניטיביים ועל הלמידה באמצעות הפעולות שלנו ופעולותיהם של אחרים.

נתונים מתחום מדעי המוח מסייעים לכונן בסיס תאורטי הולם ליישום תפיסות של קוגניציה גופנית בתוכניות התערבות המבוססות על מחוות של המורים. עם זאת, הראיות להשפעות על ההישגים מוגבלות למחקר שבחן אינטראקציות של ”אחד על אחד”.

■ **למידה משולבת (interleaving):** מעֵבֵר לסירוגין בין נושאים אחדים, כמתואר בלמידה מרווחת (בקבוצה 1), וחשיבה חוזרת על רעיונות כמה פעמים.

הראיות שעלו ממחקרים שנערכו במעבדה ובכיתה מראות כי לגישות אחדות של למידה משולבת יש ערך ברור. נוסף על כך, כמה מחקרים מצביעים על התהליכים המוחיים העשויים לעמוד בבסיס השפעה זו. עם זאת, מגוון הגישות הפוטנציאליות השונות ללמידה משולבת מעלה מספר עצום של שאלות חינוכיות ומדעיות, שאין להן עדיין מענה.

■ **משחקי למידה:** שימוש בתגמול שאינו מובטח במשחקי במחשב, כדי שהלמידה תהיה מרתקת יותר.

יש בסיס תאורטי ברור וראיות ממחקרים שנערכו במעבדה לכך שאפשר לבנות גישה לימודית בכיתה בנושא זה, וכן יש כמה מחקרי גישוש בכיתות העשויים להועיל ליישום הפדגוגי. ואולם, הראיות הנוגעות להשפעתם של משחקי הלמידה על שיפור המעורבות ועל הגברת ההישגים האקדמיים התקבלו במחקרים שבדקו בוגרים צעירים בלבד.

■ **יצירתיות:** הצגת רעיונות חדשים והערכה של התאמתם.

מדעי המוח מספקים תובנות אחדות לאסטרטגיות שנמצא שהן מעודדות יצירתיות בכיתה, אך אין די מחקרים המציגים השפעה על משימות הקשורות קשר קרוב להישגים אקדמיים של ילדים. נדרשת התקדמות מדעית נוספת בהצגת היעילות האקדמית הפוטנציאלית של תפיסות אלה קודם שיהיה אפשר להעריך כהלכה את תוכניות ההתערבות בבתי הספר.

■ **נוירופידבק:** ניטור הפעילות המוחית כדי להשפיע עליה.

טכנולוגיית השימוש בנוירופידבק בבתי הספר הולכת ונעשית זולה יותר. מחקרים שנערכו בהשתתפות סטודנטים לתואר ראשון וילדים מצביעים על יעילותה של טכנולוגיה זו בשיפור הביצועים ועל הערך הגלום בהערכת תוכניות התערבות המשתמשות בה. עם זאת, אופיו המשתנה והצומח של הבסיס התאורטי וכן שאלות הנוגעות לגישות האופטימליות ליישום הטכנולוגיה, מעידים כי בתוכניות התערבות כאלה יש היבטים ניסויים.

בקבוצה זו שובצו נושאים המלווים באתגרים נכבדים - אתגרים הקשורים לבסיס התאורטי או לראיות המוגבלות המצביעות על השפעתם האפשרית על תהליך הלמידה של ילדים. משמעות הדבר היא שיש לענות על שאלות מדעיות נוספות או להשקיע עבודה נוספת בפיתוח רעיונות אלה, לפני שיהיה אפשר ליישם אותם בכיתה.

■ **מתמטיקה – יכולות רוטציה מנטלית:** היכולת לדמיין כיצד ייראה אובייקט אם נסובב אותו ממצבו הנוכחי. נמצא כי יכולת זו קשורה לאינטליגנציה כללית.

יכולות רוטציה מנטלית הן גורם מנבא חזק להישגים במדעים, בטכנולוגיה, בהנדסה ובמתמטיקה (STEM). תוצאותיו של מחקר יחיד מראות כי שיפור ביכולת הרוטציה המנטלית אכן מוביל לשיפור בהישגים. עם זאת, המחקר נערך בקרב סטודנטים לתואר ראשון בלבד. דרך נוספת לשיפור יכולות אלה היא באמצעות משחקי וידאו, אולם השפעתם על החינוך בתחומי STEM טרם נבדקה.

■ **גנטיקה:** בחינת ההשפעות הקוגניטיביות של הגנים.

נראה כי המדע, במצבו הנוכחי, בִּשְׁל לתמוך ביעילות בבחינה של תוכניות התערבות חינוכיות נוספות, ובעיקר בהבנה של הרכב שכבת הלומדים ושל הרגישות האפשרית של חברה לכל תוכנית התערבות. עם זאת, ידע זה עדיין רחוק מיישום בכיתה.

■ **התאמה אישית:** בחירת גישות הוראה נפרדות לתלמידים שונים.

אף שמדעי המוח תורמים עוד ועוד תובנות הנוגעות להבדלים אינדיווידואליים בין תלמידים, אנו יודעים מעט מאוד על האופן שבו יש להתחשב בהבדלים אלה בעת תכנון טכנולוגיית למידה, או על שיעור ואופי היתרונות שאפשר להשיג.

■ **גרייה חשמלית מוחית (TES):** העברה של זרמים חשמליים חלשים לא פולשניים למוח באמצעות הנחת אלקטרודות על הקרקפת.

ממחקר זה מתקבלות תוצאות מלהיבות ובעלות פוטנציאל ניכר להעלאת ההישגים האקדמיים, אך אנו עדיין רחוקים למדי מהבנה מלאה של התהליכים, של ההשפעות ושל הסיכונים שבבסיס טכנולוגיה זו. בתחומים אלה נדרשת התקדמות מדעית ניכרת בטרם יהיה אפשר להעריך כהלכה את ערכם בשיפור הישגים אקדמיים בקרב ילדים בגילאי בית ספר.

טבלה 1: קריטריונים לדירוג עוצמת הראיות לאפקטיביות בתחום החינוך של תוכניות התערבות ושל גישות הניזונות מתחום מדעי המוח

דירוג	עוצמת הראיות המחקריות לאפקטיביות של מחקרים בתחום החינוך
נמוך	בניסויים התקבלו תוצאות מעורבות, כלומר הן אינן חד משמעיות וניתן לפרשן בכמה דרכים, או שבניסויים התקבלו ראיות מוגבלות בלבד שאפשר ליישם בלמידת תלמידים.
בינוני	יש ממצאי ניסויים המתכנסים להִיסקים, שידוע שהם משפיעים על תוצאות למידה של תלמידים.
גבוה	מחקרים רבים מדווחים על ממצאים מתכנסים, המצביעים על השפעה חיובית על תוצאות למידה של תלמידים.

טבלה 2: קריטריונים לדירוג המרחק מיישום של תוכניות התערבות ושל גישות חינוכיות הניזונות מתחום מדעי המוח

דירוג	מרחק מיישום
רחוק	יש אתגרים משמעותיים בדרך ליישום, ובהם פיתוח ידע והבנה, תכנון והפקה של משאבים עדכניים ביותר או עניינים אתיים שונים.
בינוני	סביר להניח שלצורך יישום התוכניות יידרשו כמה מחקרי גישור, פיתוח משאבים (כגון תוכנה ייחודית) או פיתוח הדרכה.
קרוב	אפשר ליישם את תוכנית ההתערבות מייד.

טבלה מס' 3: תהליכים נוירוקוגניטיביים והפוטנציאל ליישומם בחינוך

דירוג עוצמת הראיות לאפקטיביות בתחום החינוך ולמרחק מיישום בכיתה, בהתאם לקריטריונים שבטבלה 1 ובטבלה 2

נושא	תהליכים נוירוקוגניטיביים	יישום חינוכי	עוצמת הראיות לאפקטיביות בתחום החינוך	מרחק מיישום
1. מתמטיקה - ייצוג סימבולי ולא סימבולי של מספר	מדעי המוח סייעו לחשוף את חשיבות הייצוג הסימבולי והלא סימבולי של כמויות, בשלבים המוקדמים ביותר וגם המאוחרים של לימוד המתמטיקה. על התלמידים ללמוד לקשר בין הייצוגים.	בהתאם להבנה המתגבשת בתחום זה, התקבלו תוצאות מעורבות במחקרים שביקשו לאמן את יכולות הייצוג הלא סימבוליות של ילדים. כמה מחקרים אף דיווחו כי אימון זה השפיע גם על הייצוג הסימבולי וכי ההשפעה הועברה למיומנויות אחרות של אוריינות חשבונית.	בינוני	בינוני
2. מתמטיקה - הכרת האצבעות	לאצבעות עשוי להיות קשר מיוחד לתפיסת המספר.	מחקר התערבות הראה כי תרגול של הכרת האצבעות יכול לשפר כמה היבטים של כיתוח חשיבה חשבונית מוקדמת.	בינוני	קרוב
3. מתמטיקה - יכולות רוטציה מנטלית	יכולות רוטציה מנטלית הן גורם מנבא להישגים במתמטיקה ובמדעים. את היכולות האלה אפשר לתרגל, למשל באמצעות משחקי וידיאו.	מחקר אורך הראה כי סטודנטים שעוברים אימון מרחבי משתפרים בלימודי STEM.	נמוך	רחוק
4. מתמטיקה - חרדת מתמטיקה	חרדת מתמטיקה מכריעה לתהליכים הנוירוקוגניטיביים החיוניים ללמידה. השפעותיה מתווכות באמצעות האופן שבו כל אחד מהלומדים מגייס את רשתות הבקרה הקוגניטיביות שלו.	באחד המחקרים דווח כי בני נוער יכולים להפחית את השפעותיה של חרדת מתמטיקה באמצעות כתיבה עליה.	בינוני	קרוב
5. קריאה	ילדים מתחילים ללמוד לקרוא באמצעות מיפוי סימני האותיות וקישורן לצליל. נוסף על המרת המילים והמשפטים הכתובים לצלילים, על הילדים ללמוד להבין את משמעות המילים. תת-מיומנויות רבות תורמות לתהליך הקריאה השוטפת.	תרגול מבוסס מחשב שהתמקד במיומנויות פונולוגיות סייע לתלמידים שהתקשו לפתח את מיומנויות הקריאה שלהם. כמה תוכניות התערבות בעלות מרכיבים מרובים היו גם הן מוצלחות: הן הדגישו את אופיו המורכב של תהליך הקריאה ואת הערך הפוטנציאלי של התחשבות בהבדלים האינדיבידואליים בין הלומדים.	בינוני	קרוב

קרב	בינוני	<p>כמעט בכל המקרים, תוכניות התערבות של פעילות גופנית לא הראו כל השפעה על הלמידה או השפיעו השפעה חיובית (בשיעורים שווים). ממצאים אלה מצביעים על סבירות גבוהה של תוכניות הללו יש ערך אקדמי. ואולם, הגורמים החשובים ביותר שהשפיעו על התוצאות האקדמיות של פעילות גופנית עדיין נמצאים במחקר.</p>	<p>פעילות גופנית מגבירה את יעילות הרשתות העצביות החשובות לתהליכי הלמידה. שגרה של פעילות גופנית או אפילו פרקים לא קבועים של פעילות יכולים לשפר את התפקוד הקוגניטיבי ואת הזיכרון.</p>	<p>6. פעילות גופנית</p>
קרב	נמוך	<p>בבתי ספר שנוהגים לפתוח את יום הלימודים מוקדם, פתיחת הלימודים בשעה מאוחרת יותר שיפרה את רמת הנוכחות והמעורבות של התלמידים בכיתה. מתן מידע לבני נוער על שינה ועל המחזוריות הביולוגית של התהליך מעלה את המודעות, אך אינו משנה את ההרגלים. מעורבות גדולה של תוכניות התערבות כאלה בחיי המשפחה ובתרבות נראתה, טכנטיבית, מבטיחה יותר. בבתי ספר בבריטניה, מחקרים שבחנו השפעות של מתן תוספת מים הצביעו על יתרונות חינוכיים מועטים.</p>	<p>שינה חשובה למנוחה ולהתגבשות של הלמידה מאותו יום בזיכרון לטווח ארוך. ידוע כי טכנולוגיה, קפאין, גורמים פסיכו-חברתיים ושינויים ביולוגיים מפריעים לדפוס השינה, בעיקר אצל מתבגרים. צריכה קבועה של קפאין פוגעת בתפקוד הקוגניטיבי. צריכה נמוכה מדי של נוזלים (התייבשות קלה) יכולה להקטין את היכולת הקוגניטיבית.</p>	<p>7. שינה, תזונה ושתיה</p>
רחוק	בינוני	<p>לכמה סמנים גנטיים יש כבר עתה ערך מעשי - הם מסייעים להעמיק את ההבנה בנושא השפעותיהן של תוכניות התערבות חינוכיות.</p>	<p>לגנים יש השפעה גדולה על תפקודי המוח ועל מבנהו, ומכאן אפשר לשער כי לגנטיקה יש תפקיד חשוב בהבנת ההבדלים האינדיבידואליים בין תלמידים.</p>	<p>8. גנטיקה</p>
בינוני	בינוני	<p>קוגניציה גופנית לא רק עוזרת להסביר את אפקט האנאקטמנט המבוסס היטב, אלא היא גם מספקת תובנות לאופן שבו תלמידים לומדים מפעולותיהם של המורים.</p>	<p>מדעי המוח סייעו לנו להבין שלגופנו יש תפקיד חשוב וחיוני בתהליכים הקוגניטיביים שלנו (קוגניציה גופנית). קוגניציה גופנית מספקת בסיס תאורטי להבנה כיצד פעולות שונות משפיעות על הלמידה שלנו (למשל, אפקט האַנְאָקְטָמֶנט [enactment]). חלק מהנירונים שלנו (המכונים נירוני מראה) משקפים את הפעולות שעושים אחרים. בגישה של קוגניציה גופנית עשויים תהליכים אלה לסייע להבין, למשל, כיצד פעולותיהם של המורים משפיעות על הלמידה של התלמידים.</p>	<p>9. קוגניציה גופנית</p>

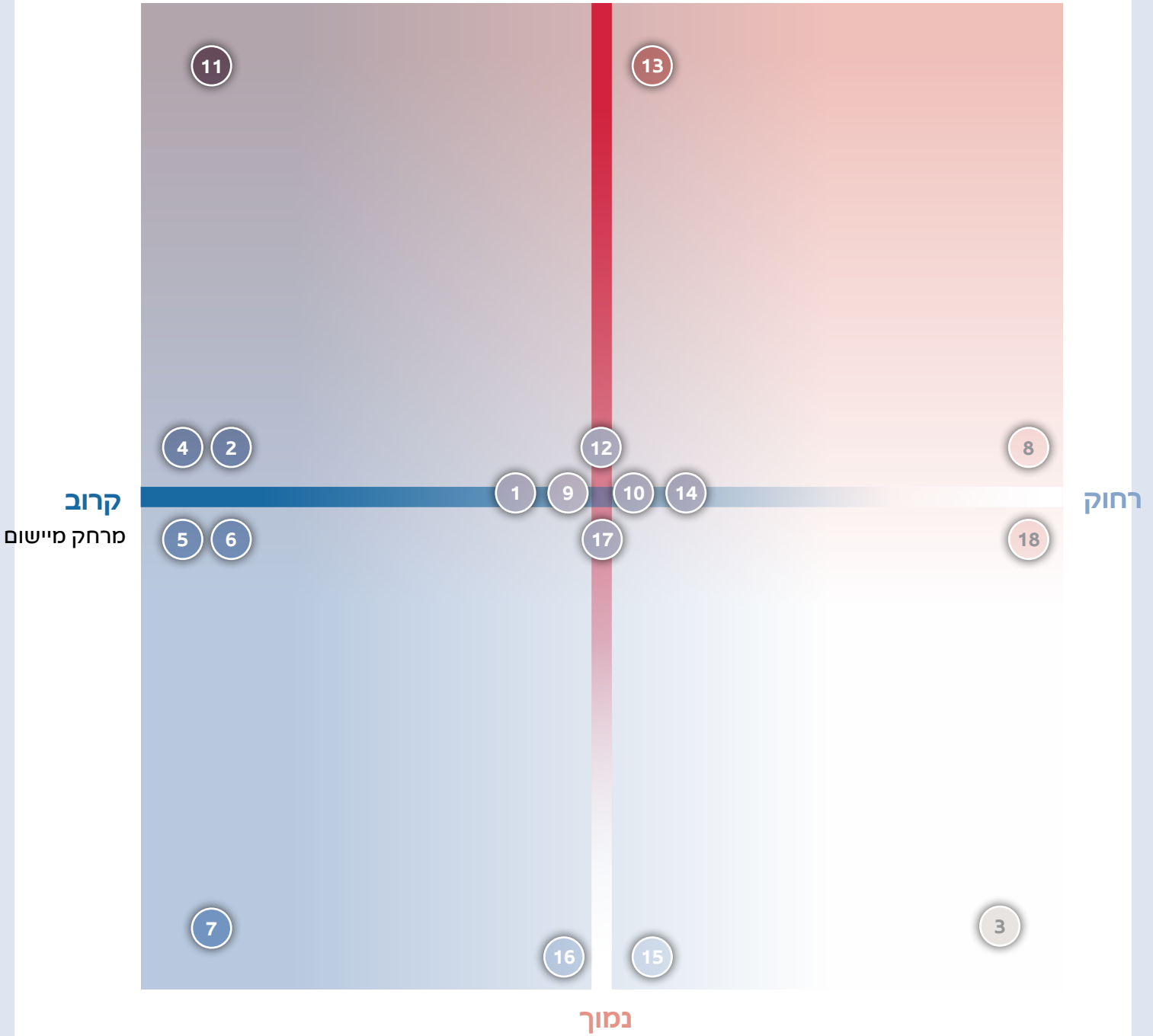
בינוני	בינוני	יש תוצאות מבטיחות הנוגעות להשפעה על התפקודים הניהוליים. עם זאת, לפי שעה אין די ראיות באיכות טובה שאפשר להעביר את התוצאות הללו לתוצאות אקדמיות.	מחקרים רבים מראים כי אפשר לאמן את התפקודים הניהוליים של מבוגרים ושל ילדים. אימון מוחי כזה עשוי בהחלט לתרום לחינוך. עם זאת, עלו קשיים בניסיונות לחזור על תוצאות מוצלחות, והדעות חלוקות בשאלה עד כמה אפשר להעביר את תוצאות האימונים למשימות שאינן דומות לאלה ששימשו באימון המוחי.	10. "אימון מוחי" של תפקודים ניהוליים
קרוב	גבוה	השפעת הריווח על השינון מבוססת היטב, ויתרונותיו עשויים להיטיב עם סוגים עמוקים יותר של למידה.	ריווח פרקי למידה משפר את התוצאות בהשוואה לקיבוץ הלמידה בפרקי זמן רצופים. ממחקר דימות מוחי נראה כי ההשפעה נובעת מהגברה בשינון המשמר (maintenance rehearsal), הנצפית בזמן למידה מרווחת, לעומת השינון בעת למידה רצופה.	11. למידה מרווחת
בינוני	בינוני	הלמידה המשולבת אומנם מבוססת פחות מהלמידה המרווחת, אולם במחקרים ספורים הצליחו לגלות פוטנציאל חינוכי לשיטה.	שילוב של נושאים יכול להגביר את היעילות שבה החומר הנלמד נקלט בזיכרון, וכן את יעילותם של כמה תהליכי למידה אחרים. ייתכן שהלמידה המשולבת פועלת באמצעות הפחתת הדיכוי של פעילות עצבית באזורי הזיכרון במוח, דיכוי המתרחש כאשר גירויים דומים מוצגים שוב ושוב.	12. למידה משולבת (Interleaving)
בינוני	גבוה	תובנות נוספות מתחום מדעי המוח ופסיכולוגיה, ובעיקר בשילוב עם טכנולוגיה, עשויות לעזור לשפר את יישום הבחינות בכיתות של ימינו.	במגוון הקשרים נקבע כי בחינות עשויות לשפר את היכולת לזכור חומר שנלמד, ועשויות אף לשפר סוגי למידה אחרים. לפי הידוע היום, כמה תהליכים עצביים עשויים להיות מועמדים מתאימים לייצר את ההשפעה שיש לבחינות, וייתכן אף שכולם תורמים לתוצאות הנצפות.	13. בחינות
בינוני	בינוני	המאמצים לפתח וליישם משחקי למידה נשענים כבר עתה על מושגים מתחום המוח והתודעה, אף שלא נערכו השוואות מבוקרות בקפידה בין יעילותם לבין יעילותן של גישות הוראה אחרות.	משחקים פופולריים מספקים אפשרות להרוויח בקצב מהיר תגמולים שאינם מובטחים, ואלה מעוררים את מערכת התגמול במוח. תגובת התגמול של המוח יכולה להשפיע השפעה חיובית על קצב הלמידה. נוסף על הגודל הממשי של התגמול עצמו, מגוון של גורמים תלויי הקשר משפיעים על תגובת התגמול זו.	14. משחקי למידה

בינוני	נמוך	המשימות שנבדקו במחקר מעבדה דומות דמיון קל בלבד לאלה הנבחנות בחינוך, אולם מדעי המוח מספקים לחוקרים תובנות על האסטרטגיות שנמצא שהן מעודדות יצירתיות בכיתה. בשלב זה, לא נעשה כל ניסיון לייצר אסטרטגיות חדשות בכיתה הנובעות מתובנות אלה.	תחום הנייר-קוגניציה הנוגע ליצירתיות הולך וצומח, והוא מספק תובנות באשר להבדלים האינדיבידואליים ביצירתיות ובאסטרטגיות לטיפוח יצירתיות.	15. יצירתיות
בינוני	נמוך	ידוע כי מתן אפשרות בחירה יכול לשפר את המוטיבציה, אך נעשה ניסיון מועט בלבד להשתמש בתובנות מקוריות מתחום מדעי המוח לשיפור ההתאמה האישית.	היענות להעדפות האישיים של הלומדים אינה מובילה אוטומטית ללמידה משופרת. מדעי המוח בתחום הקוגניציה מספקים תובנות הנוגעות להבדלים האינדיבידואליים הצפויים להשפיע על תוצאות הלמידה.	16. התאמה אישית
בינוני	בינוני	הטכנולוגיה לשימוש בניירופידבק בכיתה הולכת ונעשית נידת יותר ובת השגה. ערכה בהקשרים אלה נבדק במחקר שנערך בכיתה, אשר בחן ביצועי מוזיקה של ילדים. ואולם נותרו שאלות רבות הנוגעות לאופן שבו יש לתכנן את יישום השיטה, כדי להבטיח תוצאות אופטימליות.	ניירופידבק מאפשר לשנות את המצב התודעתי באמצעות ניטור עצמי של פעילות המוח. מחקרים שנערכו בנושא ביצועים יצירתיים הוכיחו כי ניירופידבק עשוי להיות יעיל, אך אין עדיין הבנה מלאה של אופן הפעולה.	17. ניירופידבק
רחוק	בינוני	לאחרונה דווחו השפעות חיוביות במשימות למידה רלוונטיות לתחום החינוך. עם זאת, לא סביר שתוכניות ההתערבות המשתמשות בטכניקה יופעלו בכיתות בעתיד הקרוב, בשל שאלות הנוגעות לסיכונים ולעניינים אתיים שנותרו עדיין ללא מענה.	אף שאין עדיין הבנה מדעית מלאה של השפעות הטכניקה, מתן זרם חשמלי חלש לגולגולת יכול להועיל לתפקודים קוגניטיביים אחדים ולתהליכי למידה.	18. גרייה חשמלית מוחית (TES)

מקורות

1. Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H. & Dweck, C. S. Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: A longitudinal study and an intervention. *Child Development* 78, 246–263 (2007).
2. Dommett, E. J., Devonshire, I. M., Sewter, E. L. & Greenfield, S. A. Immediate effects of teaching pupils about the learning brain in the classroom: Improving students' motivation to learn. *Society for Neuroscience Abstract Viewer and Itinerary Planner* 40 (2010).

גבוה



- 13. בחינות
- 14. משחקי למידה
- 15. יצירתיות
- 16. התאמה אישית
- 17. נירופידבק
- 18. גרייה חשמלית מוחית (TES)

- 6. פעילות גופנית
- 7. שינה, תזונה ושתייה
- 8. גנטיקה
- 9. קוגניציה גופנית
- 10. "אימון מוחי" של תפקודים ניהוליים
- 11. למידה מרווחת
- 12. למידה משולבת (Interleaving)

- 1. מתמטיקה - ייצוג סימבולי ולא סימבולי של מספר
- 2. מתמטיקה - הכרת האצבעות
- 3. מתמטיקה - יכולות רוטציה מנטלית
- 4. מתמטיקה - חרדת מתמטיקה
- 5. קריאה

היזמה למחקר יישומי בחינוך מקדמת שימוש שיטתי בידע מחקרי עדכני ומבוקר בתהליכי קבלת החלטות בחינוך. ידע מחקרי נגיש וזמין למקבלי החלטות ולציבור הרחב חיוני לגיבוש מושכל של מדיניות ולתכנון מיטבי של התערבויות - לשיפור הישגי החינוך בישראל.

היזמה עוסקת בנושאים הנמצאים על סדר יומם של מקבלי החלטות בחינוך באמצעות ערוצי פעילות מגוונים, שבהם משתתפים חוקרים, אנשי שדה ומקבלי החלטות. היא מכרסמת את תוצרי עבודתה ומנגישה אותם לקהלים מגוונים.

ועדת ההיגוי של היזמה מתמנה על ידי נשיאת האקדמיה הלאומית למדעים. ועדה זו אחראית לתוכנית העבודה של היזמה ולתהליכי השיפוט של התוצרים. כמו חברי ועדת ההיגוי, גם החוקרים המומחים המשתתפים בוועדות עושים זאת בהתנדבות.

תולדות היזמה: היזמה החלה את דרכה ב-2003 כמיזם משותף של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, משרד החינוך ויד הנדיב. בקיץ תש"ע (2010) הוסיפה הכנסת תיקון לחוק האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, והסדירה את אופן ההתקשרות בין משרדי ממשלה המבקשים ייעוץ - לבין האקדמיה. מאז פועלת היזמה כיחידה של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, ומנהלת את פעולות הייעוץ שהאקדמיה נותנת בתחום החינוך לממשלה ולרשויות שונות.

תרגום: לירון רובינס

עריכה מדעית ועריכת לשון: ד"ר דנה ברעם

עיצוב גרפי: אמונה כרמל

תודתנו נתונה לד"ר אורית אלגאוי-הרשור

על נכונותה לקרוא את התרגום, לתקן ולהעיר בחכמה