

האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים · ACADEMIA SCIENTIARUM ISRAELITICA ·

היזמה למחקר ישומי בחינוך

מדעי המוח וחינוך:

סקירת תוכניות התערבות וגישות חינוכיות הניזונות ממדעי המוח

עיבוד והנגשה

המסמך שלהלן הוא תרגום ועיבוד לתקציר המנהלים של דוח מאת פול האוורד-ג'ונס. הטקסט תורגם, נערך ועובד בהזמנת לשכת המדען הראשי במשרד החינוך, כחלק ממטרת היזמה לקדם שימוש בידע מחקרי בתהליכי עיצוב מדיניות.

פברואר 2019.

המסמך שלהלן הוא עיבוד לתקציר המנהלים מתוך הדוח: Neuroscience and Education: A review of educational interventions and approaches informed by neuroscience, אשר נכתב בידי פול האוורד ג'ונס מבית הספר לחינוך באוניברסיטת בריסטול באנגליה, ופורסם בינואר 2014. הדוח נכתב כחומר רקע לבחינת גיוס והשקעה כספית של Education Endowment Foundation (EEF) ושל קרן וולקם (Wellcome Trust).

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.

לקריאת הדוח המלא באנגלית ובעברית: **כאן**
למידע נוסף היכנסו לאתר היזמה: www.education.academy.ac.il

כתיבת תקציר המנהלים: פול האוורד ג'ונס, Paul Howard-Jones
תרגום: לירון רובינס
עריכה מדעית: ד"ר דנה ברעם
עיבוד והנגשה: מוריה יזרעאלב
עיצוב גרפי: אמונה כרמל

תודתנו נתונה לד"ר אורית אלגאוי-הרשלר
על נכונותה לקרוא את התרגום, לתקן ולהעיר בחכמה.

מבוא: מה הקשר בין מדעי המוח לחינוך?

המחקר בתחום מדעי המוח הוא דוגמה טובה לענף מדעי רב־תחומי (אינטרדיסציפלינרי): חוברים בו יחדיו מדענים מדיסציפלינות שונות כדי להתחקות אחר פעולתו של המנגנון המשוכלל ביותר בעולם החי. המחקר בתחום זה איננו רפואי בלבד; לצד הצורך למצוא טיפולים למחלות נפש ומחלות ניווניות (כגון אלצהיימר ופרקינסון), מבקש המחקר למצוא תשובה לשאלה מהן המערכות העצביות המאפשרות לנו לחוש עצב ואושר, לקיים קשרים חברתיים עם אנשים אחרים, לפתח קוד מוסרי, להתמצא במרחב, לזהות פרצופים מוכרים, לעבד מידע חדש, וגם – וללמוד.

כל דבר שמשפיע על תהליך הלמידה נובע מפעילות במוח. לכן קוסם לנו הרעיון שהבנה טובה יותר של אופן פעולת המוח תשפיע על פרקטיקות של הוראה ולמידה. בחמש־עשרה השנים האחרונות גדל באופן משמעותי המחקר העוסק בקשר בין מדעי המוח ובין חינוך. הדרישה למחקר כזה מגיעה משני כיוונים: 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; חשוב לוודא שהנתונים שהתקבלו מפורשים כהלכה וחשוב ליישם את הרעיונות והממצאים לאחר התאמתם לשימוש בכיתה.

זוהי בדיוק מטרתה של הסקירה להלן. הסקירה בוחנת עד כמה משפיעים (או קרובים להשפיע) ממצאים ותובנות ממחקר במדעי המוח על הפרקטיקה בכיתה, והאם ניתן לרתום את הממצאים האלו לפיתוח גישות חינוכיות ותוכניות התערבות. בסקירה זוהו 18 תחומי מחקר במדעי המוח, שהממצאים שהתגלו בהם השפיעו בהצלחה על החינוך או עשויים להשפיע עליו בעתיד – אם תושקע עבודה נוספת בהתאמתם.

דירוג המחקרים

כל אחד משמונה־עשר הנושאים דורג בשתי צורות: עוצמת הראיות והמרחק מיישום.

טבלה 1: קריטריונים לדירוג עוצמת הראיות המחקריות שהתקבלו במחקרים במדעי 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 להֶיסֵקים, שידוע שהם משפיעים על תוצאות למידה של תלמידים.
גבוה	מחקרים רבים מדווחים על ממצאים מתכנסים, המצביעים על השפעה חיובית על תוצאות למידה של תלמידים.

הדירוג המוצג בטבלה שלעיל עוסק בממצאים שהתקבלו במהלך המחקר, ועד כמה חזקות התוצאות שהתקבלו. מחקרים שדורגו גבוה הם מחקרים שנמצאה בהם השפעה חיובית על תוצאות למידה של תלמידים. בדירוג הבינוני נוכל למצוא מחקרים וניסויים שבהם ההשפעה על תוצאות הלמידה מועטות יותר או מובהקות פחות. מחקרים בדירוג נמוך הם מחקרים שבהם התקבלו תוצאות מעורבות בניסויים, והראיות בהן מוגבלות.

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

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

הדירוג שלעיל קבע האם ניתן ליישם את ממצאי המחקרים (במדעי המוח) בתוכניות התערבות וגישות חינוכיות - באופן מיידי או שדרושה השקעה נוספת לצורך התאמתם. שישה מחקרים בסקירה דורגו כקרובים מאוד ליישום, כלומר ניתן ליישם את תוכנית ההתערבות באופן מיידי. בשונה מהם, שאר המחקרים בסקירה דורגו במרחק בינוני או רחוק מיישום, כלומר נדרשת השקעת משאבים נוספת (במידה משתנה) כדי ליישם את תוצאות המחקר בכיתה.

בהתאם לדירוג חולקו 18 הנושאים לשלוש קבוצות, כדי לשקף את מצב הפיתוח שלהם ואת העבודה שיש להשקיע כדי להבין אותם טוב יותר וליישם בכיתות:

קבוצה 1: חמשת הנושאים בקבוצה זו הם המפותחים ביותר 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 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

לנושאים בקבוצה זו יש בסיס תיאורטי מוצק, המבוסס על ממצאים מהספרות המדעית, מחקרי מעבדה ומבדקים ניסויים בכיתות. עם זאת, עוצמת הראיות משתנה בין הנושאים בקבוצה זו, ובחלק מהדוגמאות נדרשת בחינה נוספת על מנת ליישמם בהצלחה בכיתה.



- **מתמטיקה – חרדת מתמטיקה:** חרדת מתמטיקה יכולה להופיע כבר בגיל צעיר, ובעטייה נרתעים תלמידים רבים מהתחום והדבר פוגע בהתקדמותם בלימודי המתמטיקה (הם פותחים פער בינם ובין שאר התלמידים). החרדה עלולה להשפיע לרעה על הזיכרון לטווח קצר (working memory) המשמש לביצוע טווח רחב של משימות וכן על תהליך עיבוד מספרים. כמו כן החרדה מפריעה לתהליכים הנוירו־קוגניטיביים החיוניים ללמידה. תוצאות המחקר[1] מצביעות על הצורך בהתערבויות חינוכיות אשר יטפלו בתחושות ובתגובות הרגשיות השליליות לנושא. כך למשל, במחקר שנערך בקרב תלמידים בני 14 ו-15 נמצא כי ניתן להפחית את השפעותיה של חרדת מתמטיקה באמצעות כתיבה על אודותיה. הכתיבה מאפשרת לתלמידים להתמודד עם החרדה ולהחזיר לעצמם את תחושת השליטה.



- **קריאה:** ילדים מתחילים ללמוד לקרוא באמצעות מיפוי סימני האותיות וקישורן לצליל. נוסף על התהליך הזה, הם לומדים להבין את משמעות המילים. תהליך הקריאה מבוסס על פיתוח מיומנויות קוגניטיביות רבות, ביניהן המיומנויות הפונולוגיות.[2] במחקר שנערך נמצא כי תרגול מיומנויות פונולוגיות באמצעות משחק מחשב סייע לתלמידים שהתקשו לפתח את מיומנויות הקריאה שלהם. מחקרים אחרים הדגישו את אופיו המורכב של תהליך הקריאה ועד כמה חשוב להתייחס להבדלים בין כל לומד ולומד.



- **פעילות גופנית:** פעילות גופנית מגבירה את יעילות הרשתות העצביות החשובות לתהליכי הלמידה. בין אם היא נעשית באופן שגרתי ובין אם היא בלתי קבועה – פעילות גופנית יכולה לשפר את התפקוד הקוגניטיבי ואת הזיכרון. אך האם ניתן להוכיח כי היא משפיעה לטובה על הישגים לימודיים? ניתוח שיטתי של מחקרים אשר עסקו בהשפעתה של פעילות גופנית על הישגים אקדמיים מצא כי במחקרים התגלו תוצאות מעורבות: במחציתם התגלתה השפעה חיובית על ההישגים האקדמיים של הנבדקים ובמחציתם לא התגלתה השפעה כלל. באופן גורף נמצא שפעילות גופנית איננה משפיעה לרעה על הישגים אקדמיים. ממצאים אלה מצביעים על סבירות גבוהה לכך שפעילות גופנית יכולה לסייע לשיפור ההישגים האקדמיים. אך מכיוון שכמה מהגורמים המשפיעים על התוצאות טרם זוהו – יש לתכנן תוכניות התערבות מבוססות פעילות גופנית בקפידה רבה.

1 על מנת להציג תמונה מקיפה ומלאה הוחלט שלא לכלול בעיבוד הסקירה את מראי המקום לכל מחקר ומחקר. את מראי המקום המלאים ניתן למצוא במסמך המלא באנגלית: בגוף הסקירה ובפרק המקורות בעמודים 39–55 (כל ההערות במסמך הן של המעבדת – מ"י).

2 מיומנויות פונולוגיות מאפשרות מודעות פונולוגית, כלומר הבנה מאילו צלילים ואותיות מורכבת מילה מסוימת, וכן היכולת לפרק מילה שלמה לצלילים המרכיבים אותה.

- **למידה מרווחת (Spaced Learning):** הכוונה היא לריווח פרקי הלמידה וחזרה על התוכן פעמים רבות. נמצא כי שיטה זו מניבה תוצאות טובות יותר בהשוואה לריכוז הלמידה בפרקי זמן רצופים. ממחקר דימות מוחי נראה כי ההשפעה נובעת מהגברה בשינון המשַמֵּר (maintenance rehearsal) – חזרה על המידע הנקלט או על החומר הנלמד – בין אם החזרה נעשית במחשבה או בקול רם. בזמן למידה מרווחת גובר השינון המשמר, לעומת השימוש בו בעת למידה רצופה.

המחקרים הרבים שנאספו מצביעים על תמונה ברורה באשר לאופן היישום האופטימלי של שיטת הלמידה המרווחת בכיתה, כולל משך הזמן האידיאלי של פרקי הלמידה ושל המרווחים ביניהם. במובן הזה אפשר ליישם את הלמידה המרווחת מייד בכיתה. יחד עם זאת, בתחום זה נותרו עדיין כמה שאלות פתוחות, כגון עד כמה יכולה הלמידה המרווחת לתמוך בתהליכי למידה מורכבים יותר משינון פשוט.

- **בחינות:** על אף הקונוטציה השלילית שמתעוררת בנו לנוכח המילים "בחינה" או "מבחן", נמצאו ראיות מבוססות לכך שבחינות משפרות את הלמידה ומסייעות לזיכרון. כמה תהליכים עצביים עשויים להסביר את ההשפעה של הבחינות על הלמידה, וייתכן שכולם יחד תורמים לתוצאות שהתקבלו. מחקרי המשך ותובנות נוספות שייאספו ממחקרים בתחום מדעי המוח ופסיכולוגיה עשויים לשפוך אור על אופן השימוש הטוב ביותר בבחינות וכן על הגורמים המשפיעים על יעילותן. שילוב אמצעים טכנולוגיים עשוי לעזור לשפר את יישום הבחינות בכיתות.

קבוצה 2

נושאי המחקר בקבוצה 2 נשענים על בסיס תאורטי מוצק למדי, הכולל ממצאים מהספרות המדעית, מחקרים שנערכו במעבדות ומראים שיפור בלמידה אקדמית וכן מחקרי גישוש[3] 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:** ייצוג סימבולי של מספרים נעשה באמצעות הסְפָרות, כלומר ההבנה ששלושה אובייקטים מיוצגים באמצעות הספרה שלוש. ייצוג לא סימבולי של מספרים מתייחס ליכולת להעריך כמויות מספריות (הבנה של הכמות שלוש). בתהליך ההתפתחות, לומדים הילדים לקשר בין שתי היכולות האלו. בהתאם להבנה המתגבשת בתחום זה, התקבלו תוצאות מעורבות במחקרים שביקשו לאמן את יכולות הייצוג הלא סימבולי של ילדים. כמה מחקרים אף דיווחו כי אימון זה השפיע גם על הייצוג הסימבולי וכי ההשפעה הועברה למיומנויות אחרות של אוריינות חשבונית. אפשר לבסס תוכניות התערבות העוסקות בשתי היכולות האלו כדי לקדם חשיבה מתמטית בגיל הרך, אך דרוש מחקר נוסף כדי להבין את השפעותיהם של סוגי הייצוג בתוך הכיתה.

3 מחקר ראשוני שמטרתו להתבונן במספר רב של תופעות וגורמים, במטרה לנסח בעיות או השערות למחקרים נוספים, שייערכו בשלב השני. מחקר גישוש איננו נחשב מחקר מדעי שכן הוא אינו בוחן השערות אלא רק מסייע לאתרן.



- **מתמטיקה – תרגול ספירה באצבעות:** ילדים משתמשים באצבעותיהם לספירה ולמנייה,[4] ולפעולה הזו עשוי להיות קשר מיוחד לתפיסת המספר. קיימת ספרות מדעית נרחבת התומכת בגישה הזו, ומחקר התערבות הראה כי תרגול ספירה באצבעות יכול לשפר כמה היבטים של פיתוח חשיבה חשבונית מוקדמת. עם זאת, מדובר במחקר יחיד בכיתה, שבו לא נבדקה ההשפעה בטווח הארוך.



- **שינה, תזונה ושתייה:** אין זה חדש כי שינה נאותה, תזונה מאוזנת ושתיית נוזלים חיוניים לתפקוד הקוגניטיבי של התלמידים ולביסוס החומר הנלמד באותו יום. לנושא הזה יש בסיס תאורטי מוצק, על כן הגיוני ליזום תוכניות התערבות בנושא. עם זאת, טרם הוכחה השפעתן של תוכניות כאלו על הישגים אקדמיים של תלמידים.

שינה איננה משמשת רק למנוחה ולהטענת הגוף באנרגיות חדשות, כי אם גם לביסוס הלמידה של אותו היום בזיכרון לטווח ארוך. ידוע כי מוצרים טכנולוגיים, קפאין, גורמים פסיכו־חברתיים ושינויים ביולוגיים מפריעים לדפוסי השינה, בעיקר אצל מתבגרים. צריכה קבועה של קפאין פוגעת גם בתפקוד הקוגניטיבי. בהקשר לשיפור דפוסי השינה בקרב מתבגרים, נערכו שני מחקרים מעניינים. בראשון ניתן מידע לבני נוער על שינה ועל המחזוריות הביולוגית של התהליך. במחקר נמצא כי אומנם המודעות לנושא עלתה, אך ההרגלים לא השתנו. במחקר השני נמצא כי בבתי ספר שנוהגים לפתוח את יום הלימודים מוקדם, פתיחת הלימודים בשעה מאוחרת יותר שיפרה את רמת הנוכחות והמעורבות של התלמידים בכיתה.

לא רק שינה חשובה לתלמידים, אלא גם שתייה. במחקר נמצא כי צריכה נמוכה מדי של נוזלים (התייבשות קלה) יכולה להקטין את היכולת הקוגניטיבית. מחקרים שנערכו בבתי ספר בבריטניה בחנו השפעות של מתן תוספת מים לתלמידים, ונמצא כי לתוספת הזו היו יתרונות חינוכיים מועטים.



- **"אימון מוחי" של תפקודים ניהוליים:** תפקודים ניהוליים הם קבוצת מיומנויות קוגניטיביות גבוהות אשר מאפשרות שליטה ובקרה על התנהגות, מחשבה ורגש. האם ניתן לשפר את התפקודים הניהוליים? כאן נכנס לתמונה האימון המוחי. הכוונה היא לשימוש בתוכנית או פעילות שמטרתה להגביר מיומנויות קוגנטיביות באמצעות חזרה על פרוצדורה מסוימת למשך זמן מוגדר. מחקרים רבים מראים כי אפשר לאמן את התפקודים הניהוליים של מבוגרים ושל ילדים ולהגביר תפקודים כמו שיקול והנמקה, זיכרון עבודה ושליטה בעכבות. על כן הגיוני להניח כי אימון מוחי כזה עשוי בהחלט לתרום לחינוך.

עם זאת, עלו קשיים בניסיונות לחזור על תוצאות מוצלחות שנמצאו בחלק מהמחקרים, והדעות חלוקות בשאלה עד כמה אפשר להעביר את תוצאות האימונים למשימות אחרות (שאינן דומות לאלה ששימשו באימון המוחי). על כן בשלב זה, המחקרים הרבים

4 בהקשר זה כדאי לעמוד על ההבדלים בין ספירה ומנייה: ספירה היא אמירה בקול רם של שם המספרים ברצף הנכון: 1, 2, 3, 4, 5 וכן הלאה. לשם כך צריך הילד לדעת את שמות המספרים ואת הרצף שלהם, וכן להצליח לשלוף את שמות המספרים בצורה מדויקת. מנייה היא יכולת מתקדמת יותר. היא מאפשרת להתאים בין הספירה לבין כמות הפריטים הנספרים. יכולת זו דורשת מן הילד להצביע על כל פריט שנמנה פעם אחת בלבד (ובלי לדלג על פריטים) ולהתאים בין שם המספר לבין הפריט. כמו כן, הילד נדרש להבין ששם המספר האחרון מייצג את כמות כל הפרטים שנמנו.

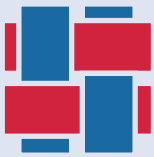
המדווחים על שיפור תפקודים ניהוליים באמצעות אימון מוחי מספקים הצדקה טובה לעריכת מבדקי גישוש בנושא הקשר בין שיפור התפקודים הניהוליים ושיפור ההישגים האקדמיים.



- **קוגניציה גופנית:** המונח קוגניציה גופנית מבטא את הרעיון לפיו פעולות גופניות שאנחנו ואחרים מבצעים משתתפות בתהליכים הקוגניטיביים במוחנו ומשפיעות עליהם, ובפרט זה על תהליך הלמידה. דוגמה טובה לקוגניציה גופנית היא אפקט האֶנאַקְטְמֶנְט (Enactment effect) – קל יותר לשנן וללמוד פועל מסוים אם נבצע את הפעולה שהפועל מתאר בזמן הלמידה.

בהקשר לקוגניציה הגופנית חשוב להתייחס גם למערכת נוירוני מראה. הכוונה היא לנוירונים המשקפים את הפעולות שעושים אחרים. כלומר, כשאנחנו מתבוננים באדם אחר מבצע פעולה מסוימת – אזורים מסוימים במוחנו מופעלים, ממש כאילו אנחנו בעצמנו ביצענו את הפעולה. במחקר שנעזר בדימות מוחי עלתה ההשערה שנוירוני מראה מתווכים או מגשרים בתהליך של למידה מבוססת חיקוי, וזוהי כנראה יכולת נרכשת ולא מולדת.

כיצד קוגניציה גופנית, אפקט האנקטמנט ונוירוני מראה עשויים להשפיע על הלמידה? הבנה טובה יותר של תחום זה עשויה לסייע לחוקרים להבין כיצד פעולותיהם של המורים משפיעות על הלמידה של התלמידים. כך למשל מחוות גופניות והדגמות שביצעו מורים במהלך הוראת שפה זרה, שיפרו את יכולתם של התלמידים לזכור את המילים החדשות ולהשתמש בהן. מחוות גופניות והדגמות יכולות להתבצע בתחומי לימוד נוספים, כמו הוראת מתמטיקה (תרגול ספירה באצבעות – ראו לעיל) או לימוד מיומנויות חברתיות.



- **למידה משולבת (interleaving):** הכוונה היא ללמידה המשלבת נושאים שונים (אך קרובים זה לזה) במהלך שיעור אחד או פרק זמן קצוב ללמידה, וזאת בשונה מצורות למידה מסורתיות שבהן נושא אחד נלמד ביסודיות לפני מעבר לנושא הבא בתוכנית הלימודים. כך למשל יכול מורה לפסנתר להקדיש שיעור שלם לתרגול סולמות, אך הוא גם יכול לשלב בשיעור אחד תרגול סולמות, תרגול אקורדים ואף להשאיר פרק זמן בסוף השיעור לאלתור ולנגינה חופשית.

הראיות שעלו ממחקרים שנערכו במעבדה ובכיתה מראות כי שילוב של נושאים יכול להגביר את היעילות שבה החומר הנלמד נקלט בזיכרון, וכן את יעילותם של כמה תהליכי למידה אחרים. חוקרים העלו השערה לכך: כאשר גירויים דומים מוצגים שוב ושוב פוחתת הפעילות העצבית באזורי הזיכרון במוח. ייתכן כי הלמידה המשולבת והגיוון בתכנים מעוררים את הפעילות העצבית באזורים האלו ובכך מגבירים את היעילות של תהליך הלמידה.



- **משחקי למידה:** מדוע משחקים מרתקים אותנו וכיצד ניתן לרתום אותם ללמידה? בין אם אנחנו יודעים מהו הפרס או התגמול המובטח לנו במשחקי מחשב ובין אם לא – פעולת המשחק מגרה את מערכת התגמול במוח, וזו בתגובה יכולה להשפיע לחיוב על המהירות שבה אנחנו לומדים ולהגביר את המוטיבציה ללמוד. קליטה של דופמין באזור המוח התיכון קשורה למוטיבציה; אי ודאות באשר לתוצאה (במשחקי מחשב, למשל) "מקפיצה" את הדופמין עד שהתוצאה מתבהרת. זו אחת הסיבות לכך שמשחקי מחשב מושכים אותנו כל כך. מלבד הסקרנות המדעית, הבנה טובה יותר של המנגנון המדעי הקשור למערכת התגמול במוח יאפשר פיתוח משחקים לימודים אפקטיביים. בשלב זה ראיות הנוגעות להשפעתם של משחקי למידה על שיפור המעורבות של התלמידים בתהליך הלמידה ועל הגברת ההישגים האקדמיים התקבלו במחקרים שבדקו סטודנטים לתואר ראשון בלבד.



- **יצירתיות:** תחום הנוירו־קוגניציה העוסק גם ביצירתיות הולך וצומח. הוא מספק תובנות באשר להבדלים ביצירתיות בין אדם לאדם וכן באסטרטגיות לטיפוח יצירתיות. באמצעות מחקר במדעי המוח התגלו תובנות אחדות בקשר לאסטרטגיות שנמצא שהן מעודדות יצירתיות בכיתה. עם זאת נדרשת התקדמות מדעית נוספת לפני שיהיה ניתן לייצר אסטרטגיות חדשות לעידוד היצירתיות.



- **נוירופידבק:** נוירופידבק היא שיטה שמאפשרת למטופל לקבל משוב מיידי על הפעילות החשמלית במוחו וכן ללמוד טכניקות שבעזרתן יוכל להשפיע על התנהגותו. במחקרים שעסקו בביצועים יצירתיים (נגינה, מחול ועוד) נמצא כי שימוש בטכנולוגיית הנוירופידבק הועיל בשיפור ביצועי התלמידים. נוסף על כך טכנולוגיית השימוש בנוירופידבק הפכה להיות זולה יותר ונגישה יותר. עם זאת, נותרו שאלות רבות הנוגעות לאופן שבו יש לתכנן את יישום השיטה, כדי להבטיח תוצאות אופטימליות.

קבוצה 3

בקבוצה זו נכללו נושאים שהדרך ליישומם בכיתה עוד ארוכה. בנושאים אלו יש עוד לחזק את הבסיס התיאורטי ולאסוף ראיות נוספות המצביעות על השפעה אפשרית על תהליך הלמידה של ילדים. על כן יש להשקיע עבודה נוספת בפיתוח הנושאים האלו לפני שיהיה ניתן ליישם אותם בכיתה.

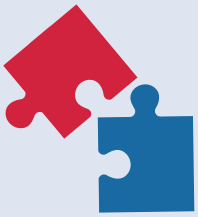


- **מתמטיקה – יכולות רוטציה מנטלית:** הכוונה היא ליכולת לדמיין כיצד ייראה אובייקט אם נסובב אותו ממצבו הנוכחי. נמצא כי יכולת זו קשורה לאינטליגנציה כללית, והיא גורם מנבא חזק להישגים במקצועות ה-STEM (מדעים, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה). ניתן לתרגל את היכולת הזו באמצעות משחקי מחשב, למשל. במחקר יחיד שנערך בקרב סטודנטים לתואר ראשון נמצא כי שיפור ביכולת הרוטציה המנטלית אכן מוביל לשיפור בהישגים. עם זאת, כדי לבסס את השפעתם על שיפור הישגים בתחום ה-STEM נדרשים מחקרים נוספים.



- **גנטיקה:** לגנים יש השפעה גדולה על תפקודי המוח ועל מבנהו, ומכאן אפשר לשער כי לגנטיקה יש תפקיד חשוב בהבנת ההבדלים האינדיווידואליים בין תלמידים.

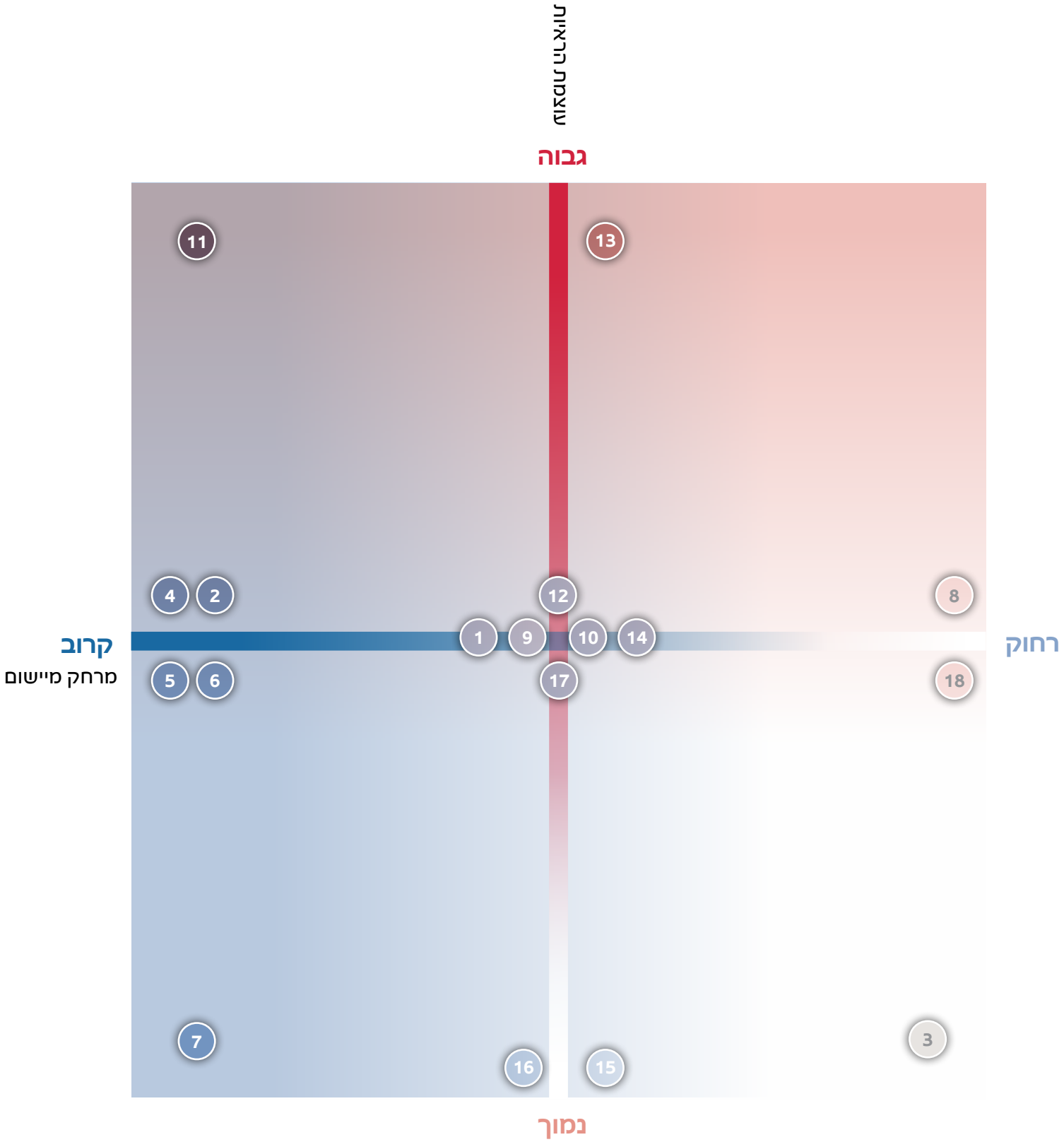
  ההשפעה של גנים יכולה להיות גם חיובית וגם שלילית, ולעיתים אף בו זמנית. כלומר, גן מסוים יכול לשפר מיומנות אחת ולגרום לליקוי במיומנות אחרת. לפי השערת הגנים הלא ספציפיים של Plomin, אותם הגנים משפיעים גם על יכולות לימוד וגם על לקויות למידה, והשפעתם היא רוחבית ולא ספציפית לתחום חינוכי מסוים. השערה זו נתמכת על ידי העובדה כי הגנים בעלי ההשפעה הקוגניטיבית הגדולה ביותר הם גנים האחראיים על תפקודים עצביים בסיסיים ביותר. משום כך הידע שנאסף במחקרים אלו עדיין רחוק מיישום בכיתה ונדרשת עוד עבודה רבה בנושא.



- **התאמה אישית:** 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 תוכניות לימודים או בעת בחירת גישות הוראה נפרדות לתלמידים שונים. יתר על כן, מתן אפשרות בחירה לתלמידים יכולה לשפר את המוטיבציה שלהם, אך יש לזכור כי היענות להעדפות האישיות של התלמידים אינה מובילה אוטומטית לשיפור הלמידה. גם כאן, כמו בנושאים נוספים בקבוצה השלישית, יש לבצע מחקרים נוספים ולבסס את הידע בנושא לפני שניתן יהיה לבנות תוכניות התערבות ממוקדות.



- **גרייה חשמלית מוחית (TES):** בטכנולוגיית TES מועברים זרמים חשמליים חלשים לא פולשניים למוח באמצעות הנחת אלקטרודות על הקרקפת. אף שאין עדיין הבנה מדעית מלאה של השפעות הטכניקה, מתן זרם חשמלי חלש לגולגולת יכול להועיל לתפקודים קוגניטיביים אחדים ולשיפור תהליכי למידה. ממחקר בתחום ה-TES התקבלו תוצאות מלהיבות ובעלות פוטנציאל ניכר להעלאת ההישגים האקדמיים, אך המחקר רחוק עדיין מהבנה מלאה של התהליכים, של ההשפעות ושל הסיכונים שבבסיס טכנולוגיה זו. נדרשת התקדמות מדעית ניכרת בטרם יהיה אפשר להעריך כהלכה את ערכה של הטכנולוגיה בשיפור הישגים אקדמיים, ומעט קשה להאמין שתוכניות ההתערבות המשתמשות בטכניקה הזה יופעלו בכיתות בעתיד הקרוב, בעיקר בשל סיכונים ובעיות אתיות.



1. מתמטיקה – ייצוג סימבולי ולא סימבולי של מספר
2. מתמטיקה – הכרת האצבעות
3. מתמטיקה – יכולות רוטציה מנטלית
4. מתמטיקה – חרדת מתמטיקה
5. קריאה
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)
13. בחינות
14. משחקי למידה
15. יצירתיות
16. התאמה אישית
17. נוירופידבק
18. גרייה חשמלית מוחית (TES)