

## בראי המחקר, גיליון מס' 18, 2021-II נוירו-חינוך: הקשר בין הגוף הנפש והדעת



מערכת כתב העת "בראי המחקר"

מנהלת המערכת: סימה כהן

עורכת ראשית: גילה ברגר

עורכת לשונית: אלישבע מאי

מידען: בנימין ווניקוב

חברי המערכת: גילה ברגר, אפרת גבר, בנימין ווניקוב, סימה כהן, שרה פנחסי, ורד

פרמון, ליזי שקד

הפקה: החברה למתני"סים, מרכזיים קהילתיים בישראל בע"מ (חל"צ),

המחלקה להתחנכות ולמידה

## תוכן עניינים

3.....	דבר המערכת: "בְּנֶפֶשׁ הָאָדָם וְלִחְוֹתֶיהָ"
5.....	נוירו-חינוך: התקדמות ופרספקטיבות לעתיד
10....	אנחנו מרגישים, משמע אנחנו לומדים: הרלוונטיות של מדעי המוח הרגשיים והחברתיים לחינוך
14.....	תאוריה תרבותית-היסטורית ונוירו-פסיכולוגיה תרבותית היום
17.....	שלושה יסודות של נוירו-חינוך: סקירת ספרות מדעית בשלושת העשורים האחרונים
20.....	הבעיות והאתגרים של הנוירו-חינוך
23.....	עקרון הגמישות כבסיס לבניית תשתית בין-דיסציפלינרית המאחדת בין מדעי המוח לחינוך
26.....	שכל, מוח וחינוך: השפעת הנוירו-חינוך על ההוראה
28.....	הוראה שמחוללת שינוי במוח: בחינת הקשר בין מדעי המוח למתודות הוראה חדשניות
30.....	שיפור הישגים אקדמיים של תלמידי בית ספר באמצעות פעילות פיזית בכיתה: הערכת תוכנית שנתית
32.....	פיתוח דמיון חברתי-רגשי במסגרת חינוך למחוננים: תובנות מנוירו-חינוך

## דבר המערכת:

### "פְּנֵף הָאָדָם וְלַחֹמֶתֶיָּהּ"

(שם הפרק הראשון ב"שמונה פרקים לרמב"ם")

לנפש ולשמירה עליה יש חשיבות בכל פעולות האדם: הפעולות הגופניות, הנפשיות והרוחניות. התפיסה הדואליסטית מניחה קיומו של פער בין הממד הנפשי-רוחני לבין הממד הגופני-ביולוגי של האדם, מנגד רדוקציוניזם מנסה לצמצם את כל החוויות האנושיות לתחום החומר. אולם, קיימת גם גישה אחרת הקובעת את הקיום העצמאי ואת התלות ההדדית בין הממדים הללו.

בספריו "שמונה פרקים" ו"הנהגת הבריאות", עוסק הרמב"ם<sup>1</sup> בנבכי נפשו של האדם, בגופו, ובקשר הפסיכוסומטי שבין מצבו הנפשי של החולה לתחושותיו הגופניות. תופעה זו ידועה בתקופתנו בשם "קשר גוף-נפש".

בניתוח מעמיק ומקיף של מהות נפש האדם<sup>2</sup>, המבנה שלה והשפעת תפקידיה, "גולש" הניתוח הפילוסופי אל מהות החיים, דרך התנהלות האדם והמסגרת לשמירה על בריאותו: בריאות הנפש המושלכת על הגוף. למרות הכרתו בתלות המרכיבים הגבוהים של הנפש בתהליכים הקשורים לגוף, הרמב"ם קובע את הפוסטולאט של חופש הרצון ואחריות האדם על מעשיו. על אף שהרמב"ם התייחס למסגרת המדע האריסטוטלי המקובלת בזמנו, גישתו ליחס בין הממדים הנפשיים והגופניים נשארת רלוונטית גם היום, לנוכח האתגרים של המדע המודרני.

הגיליון הנוכחי של כתב העת יהווה המשך ישיר לכנס הלמידה השנתי של **המחלקה להתחנכות ולמידה** בשנת 2021 (**"למידה בתלת-ממד: על דעת, נפש וגוף"**), וירחיב את ההסתכלות על הלומד בראייה תלת-ממדית, תוך מתן דגש לחקר המוח והשלכותיו על ההוראה-למידה.

הצטברות מידע על אודות דרכי הלמידה של המוח הביאה לכינון מדע חדש יחסית – נוירו-חינוך. מדע זה בנוי על תשתית בין-תחומית, המאפשרת לנסח המלצות ולתרגמן לפרקטיקה פדגוגית, המבוססות על ראייה מדעית.

בשנים האחרונות, מחקרים רבים עוסקים בחקר המוח ובהשלכות האפשריות של התהליכים הנוירולוגיים במוח על הלמידה. גיליון זה יתמקד בעשרה תקצירי מאמרים תאורטיים ויישומיים. הללו יעסקו בשלושה היבטים מרכזיים: מבוא על נוירו-חינוך, חשיבה ביקורתית על התחום וחלק יישומי.

**החלק התיאורטי** מכיל שישה תקצירי מאמרים, המתכנסים לשני נושאים עיקריים:

1. **מבוא:** סוקר את הבסיס התאורטי של נוירו-חינוך: מהיכן צמח וכיצד הוא מתפתח. המאמרים בנושא זה - מאמרם של Thomas (2017) ואחי' ומאמרם של Immordino (2007) ואחי' - מציגים את הרגש כמקשר בין התחום הגופני לתחום השכלי. המחברים רואים ברגשות נדבך חיוני לביסוס תהליכים של קבלת החלטות ומכאן החשיבות שבפיתוח חשיבה רגשית במערכות החינוך. המאמר של Kotik (2014) ואחי' סוגר חלק זה של המבוא ומצביע על חשיבות הסביבה החיצונית, כמו החברה והתרבות, על עיצוב התפקוד המוחי.

2. **חשיבה ביקורתית:** בנושא זה תקצירי מאמרים העוסקים בדילמות ובאתגרים מרכזיים הנובעים מהבדלים מהותיים בין הדיסציפלינות המרכיבות את תחום הנוירו-חינוך והקושי להסיק מסקנות מתחומים בעלי מתודות מחקריות שונות.

שלושה תקצירי מאמרים בגיליון עוסקים בדילמות: מאמריהם של Feller (2018) ואח' ושל Palghat (2017) ואח' מציגים את הקשיים ב"תרגום" בין "שפות מדעיות" שונות. הקושי הוא בתיווך בין שני תחומי מדע שונים, עם שפה שונה ומתודות מחקריות שונות וכן במציאת שפה/גישה בין-תחומית, המהווה מכנה משותף בין מדע המוח לחינוך. בהמשך, תקציר המאמר של García (2017) ואח' סוגר חלק זה בטענה, כי יש צורך במסגרת חדשה שתסייע לנסח כללים מעשיים מבוססי מחקר נוירולוגי, אך במקביל גם תעשיר את המבנה הקונצפטואלי של החינוך. המחברים מציעים לבסס את הפרדיגמה החדשה על מונח הגמישות (plasticity) כבסיס לבניית פרדיגמה על-דיסציפלינרית.

3. **החלק היישומי:** חלק זה מציג ארבעה תקצירי מאמרים על מחקרים וממצאים מתחום מדעי המוח מול ההשלכות היישומיות שלהם על ההוראה והלמידה: אלו הם המאמרים של Sousa (2011), Owens (2017) ו-Owens (2015) Mullender ואח' והמאמר של Gottlieb (2016) ואח', העוסק ביישום עקרונות הלמידה החברתית-רגשית והחינוך למחוננים.

Sousa (2011) מדגים במאמרו ממצאים שונים של מדעי המוח, הן בהיבטים פיזיים והן בהיבטים רגשיים ואת השלכותיהם הישירות על עיצוב תוכניות החינוך ועל פרקטיקות של הוראה. לדוגמה, גילוי נוירוגנזה – שהוא תהליך יצירת תאי עצב חדשים. נמצא כי תרגול פיזי משחק תפקיד בקידום נוירוגנזה. לכך השלכות בתחום הלמידה: יצירת תאי עצב מעשירה את הזיכרון ומיעלת את תהליכי הלמידה. לכן, יש צורך להעניק לתלמידים זמני הפסקה למשחק ולפעילות פיזית.

דוגמה נוספת מתחום הרגש: התגלה מנגנון השפעה של רגשות על למידה, זיכרון וזכירה. רגשות משפיעים על מערכות של ריכוז; חוויות הכרוכות ברגשות נזכרות בצורה קלה הרבה יותר. השלכות עובדה זו: תלמידים לומדים טוב יותר כאשר האקלים בכיתה ובבתי הספר הוא חיובי יותר. כמו כן, חשוב לכוון למידה עם פעילויות המערבות רגשות.

**לסיכום,** יש להניח שריבוי המחקרים בתחום מדעי המוח יחדד את התובנות שלנו, צוותי החינוך, בבואנו לנסות ולשפר את יכולת הלמידה ואיכותה.

אנו רואים בגיליון הנוכחי של כתב העת המקוון שלנו, כמו גם בגיליונות הקרובים אשר יעסקו בנקודות מבט שונות של נוירו-חינוך, בסיס לפיתוח וליישום ערוצי למידה נוספים, אשר עושים שימוש בכל ממדי הלומד כדי לטייב את תהליכי הלמידה.

קריאה מהנה

גילה ברגר

מנהלת פדגוגית, המחלקה להתחנכות ולמידה

נשמח אם תצרו קשר ותציעו מיקוד בתחומי עניין שהייתם רוצים שנרחיב בהם.

<sup>1</sup>הרמב"ם (רבי משה בן מימון, המאה ה-12) נחשב לאחד מגדולי ומחשובי הפילוסופים ואנשי הרוח. הוא היה הוגה דעות, מדען, רופא, מנהיג רוחני ומגדולי הפוסקים ביהדות.

<sup>2</sup>הרמב"ם מחלק את הנפש לחמישה חלקים וירטואליים: הזן – החולש על המערכות הפיזיולוגיות; המרגיש – הכולל את חמשת החושים; המדמה – הכולל את הזיכרון ואת יצירתיות הדמיון; המתעורר – הכולל את הרגשות; המשכיל.

## נוירו-חינוך: התקדמות ופרספקטיבות לעתיד

התקציר מבוסס על המאמר:

Thomas, M. S., Ansari, D., & Knowland, V. C. (2019). Annual research review: Educational neuroscience: Progress and prospects. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 60(4), 477-492.

מדע הנוירו-חינוך הוא תחום בין-דיסציפלינרי החותר ליישום ממצאים מחקר המוח בפרקטיקה החינוכית. תחום זה כולל גם את המחקרים הבוחנים את הדרך שבה החינוך משנה ומעצב את המוח ואיזה מנגנונים מביאים לשינוי התנהגותי באמצעות חינוך. המודעות בדבר הרלוונטיות של מדעי המוח לחינוך התעצמה במהלך המאה ה-20, אך רק בשנות ה-90 (של המאה הקודמת) החלו לדבר על היווצרות תחום נפרד של נוירו-חינוך. חקר התחום התפתח ביתר שאת במאה ה-21 ובמיוחד בעשור האחרון. עם זאת, "תרגום" ממצאים של מחקרי מוח לפרקטיקה חינוכית היא משימה מאתגרת ומורכבת, כאשר קיימת סכנה של אימוץ מוקדם מדי של מסקנות שטרם אוששו במלואן. גם האינטראקציה בין המקצועות של הנוירו-חינוך, של הפסיכולוגיה והחינוך לעיתים מתאפיינת בתחרותיות ולא בשיתוף הפעולה. הסקירה הנוכחית תבחן את נחיצות הקשר בין מדע המוח לחינוך, את ההתקדמות בתחום החינוך המדעי, תציג ביקורת ותתאר את כיווני ההתפתחות לעתיד.

### פסיכולוגיה וחינוך

לאחרונה, לאור ההתקדמות הניכרת בתחום מדעי המוח, חוקרים לא מעטים רואים בפסיכולוגיה מעין מרשם פלא שיסייע להשתית את החינוך על פלטפורמה מדעית מוכחת כדי לשפר את ההישגים הלימודיים של כל התלמידים. מדעי המוח נתפסים כבסיס של הפסיכולוגיה: חינוך עוסק בשינוי התנהגות ותודעת התלמידים, פסיכולוגיה חוקרת את תהליכי ההתנהגות והתודעה ואילו מדעי המוח חוקרים את התהליכים המוחיים הנמצאים בבסיס ההתנהגות. עם זאת, גישה פסיכולוגית טהורה טומנת בתוכה סיכונים לא מעטים. תאוריה פסיכולוגית מניחה קיומם של מנגנונים סיבתיים המאפשרים להסביר ולנבא את ההתנהגות הנצפית. חלק מהתפיסות הללו מניחות הנחות מרחיקות לכת המבוססות על תהליכי עיבוד מידע במערכות הבינה המלאכותית. אולם הפתרונות המתאימים לתחום הבינה המלאכותית לא בהכרח מתאימים לתחום הלמידה האנושית. גישה פסיכולוגית טהורה עלולה להביא לכינון תאוריות חינוכיות מוטעות, המתבססות על מנגנונים סיבתיים, שלא ניתן לגרום להן להתרחש בזמן אמת. לדוגמה, תהליכים קוגניטיביים במערכות הבינה המלאכותית נוטים להיות כלליים, לעומת זאת, אחת הבעיות המרכזיות בלמידה היא העברת מיומנויות שנרכשו בהקשר מסוים להקשר אחר. אי ההתאמות הללו מחדדות את הצורך לבסס את הפסיכולוגיה החינוכית על הממצאים של מדעי המוח.

### האתגרים של הנוירו-חינוך

נוירו-חינוך מנסה לבנות מסלול ישיר המוליך ממדעי המוח אל הפדגוגיה והפרקטיקה החינוכית, ללא תיווכה של הפדגוגיה. אולם משימה זאת כרוכה במספר אתגרים:

- מורכבותם של תהליכי הלמידה. ניתן להצביע על שמונה מנגנוני למידה בתוך המוח:

- מנגנון לשמירה על רגעים מסוימים, שמייצר זיכרון אירועי או אוטוביוגרפי (מיקום – סביב ההיפוקמפוס).
- מנגנון למידה על אסוציאציות שבין למידה תפיסתית לתגובות מוטוריות (מיקום – קורטקס).
- אסוציאציות לא מודעות, המערבות מערכת לימבית במוח וכוללות התניה קלאסית.
- המוח לומד לפקח על מערכות מסוימות בקורטקס האחורי, כך שהן מופעלות בהקשר המתאים. הפיקוח כולל את קליפת המוח התת-מצחית, שנכנסת לאינטראקציות עם המערכות הלימביות ומשלבת תכנון ורגש.
- מערכת מבוססת תגמולים, המחשבת מה עלינו לעשות כדי לקבל תגמול חיובי ולהימנע מתגמול שלילי.
- מערכת למידה פרוצדורלית עבור פעילויות למידה שאותן אנו מבצעים לעיתים קרובות ובדרך כלל גם באופן לא מודע.
- המוח יכול להשתמש ברשת עצבית משלו כדי לתפוס ולהבין אנשים אחרים, כך שניתן ללמוד את המיומנויות באמצעות חיקוי של אחרים.
- המוח יכול להשתמש ברשת עצבית משלו לשם בניית מונחים חדשים, מה שמאפשר ללמוד מיומנויות בתהליך הוראה.

בנוסף למערכות המתוארות לעיל, במוח פועל מנגנון שהופך את כל התהליכים לאוטומטיים, כך שהם יכולים להתרחש באופן מהיר וחלק, בלי להזדקק לתודעה. המיומנויות מועברות לגרעיני הבסיס ולמערכות המוח הקטן. ככל שיש יותר שימוש במיומנויות ובידע, כך הן נעשות אוטומטיות יותר, כאשר השימוש המופחת במיומנויות אלה עלול להביא לאיבודן.

- למידה היא רק מרכיב אחד בתהליך החינוך וגם היא מושפעת לא רק מהתהליכים המתרחשים במוחו של התלמיד אלא ממעגלי הסביבה שבהם הוא נמצא.
- היעד יעדים ברורים שהחברה מציבה למערכת החינוך.
- קושי בתרגום ממצאים מדעיים לפרקטיקה החינוכית בכיתה.

### ההתקדמות של הניר-חינוך

לאחרונה מקודמים שיתופי פעולה בין מדעני המוח למחנכים על מנת לפתח פרקטיקות מבוססות מחקר לשימוש בהוראה בכיתה. כיוון אחד הוא שיפור התוצאות החינוכיות. פרויקטים חדשים משקפים שני מסלולים ממדעי המוח המתאימים לפרקטיקה החינוכית:

- מסלול ישיר, המנסה להעלות את ההישגים הלימודיים באמצעות שיפור תפקודו הפיזיולוגי של המוח. זאת הגישה של שיפור "בריאות המוח" או "ייעול תפקוד המוח", מה שקשור לא רק למתרחש בתוך כותלי בית הספר אלא לאורח החיים של תלמידים ומבוגרים בבית. "בריאות המוח" קשורה לכושר פיזי, לתזונה נכונה, לשינה בריאה ולהורדת לחצים וכן לגורמים סביבתיים, כמו רעש וזיהום אוויר. התייחסות לגורמים הללו תאפשר לתלמיד

להגיע לכיתה במצב מיטבי ללמידה. לדוגמה, מחקרים הראו, כי צמצום זמן שינה לבני נוער לחמש עד שש שעות במשך כמה לילות רצופים גורם לפגיעה ניכרת בביצועים קוגניטיביים, וגם להיעדר תחושה סובייקטיבית של עייפות ורצון לישון. נמצא גם, כי העלאת התדירות והיעילות של התרגילים הפיזיים במשך יום הלימודים משפרת את התפקוד הקוגניטיבי ואת הציונים. ממצאי מחקרים מציינים, כי ההרפיה והמדיטציה משפיעות על שיפור תוצאות הלמידה בעקבות הפחתת הלחץ וגם על שיפור הפעילות של תפקודים ניהוליים וויסות רגשי. כמו כן, מחקרים הוכיחו את הקשר בין זיהום אוויר גבוה להאטה בהתפתחות הקוגניטיבית בילדות.

- מסלול עקיף נשען על תיאוריות ההתפתחות המוצעות על ידי מדעי המוח. אחת האסטרטגיות העיקריות היא שימוש בממצאים של מדעי המוח כדי לזהות את המיומנויות הקוגניטיביות העיקריות הנדרשות לרכישת שליטה בתחומי האוריינות השפתית והמתמטית, ולזהות את הסיבות לחוסרים במיומנויות אלה. מחקרים אחרונים בתחום הזה מתייחסים לעיבוד המידע הקשור לספירה ולשימוש בדיאגרמות; נבחן גם כיצד ניתן לשלב הקניית מונחים מדעיים עם תפיסות שהיו בעבר בגדר תפיסות אינטואיטיביות.

בנוסף לכך, ניתן להצביע על מספר תחומים שבהם התקדמותו של הנוירו-חינוך ניכרת במיוחד:

- בני נוער: מחקרים רבים של נוירו-חינוך עוסקים במתבגרים ומצביעים על מגוון מסלולים של התפתחות קוגניטיבית הניתנים למימוש בגיל ההתבגרות.
- תפקודים ניהוליים, קוגניציה חברתית ורגש: בנוסף לעבודות המתייחסות למיומנויות ייחודיות למקצועות מסוימים, נחקרות גם המיומנויות הכלליות המיושמות בכל תחומים. כאלה הן המיומנויות של תפקודים ניהוליים הקשורות לתהליכים הכוללים פיקוח קוגניטיבי וגמישות והן מנבאות הישגים אקדמיים. מחקרים בתחום מדעי מוח בוחנים כיצד התפתחותם של תפקודים ניהוליים עם הגיל קשורה להתפתחות תחומי מוח קדם-מצחיים. המחקרים הללו חשובים גם לגילאים מוקדמים יותר, כמו גיל כניסה לבתי ספר, והם בודקים את הכשירות של הילד ללימודים שיטתיים – כיצד הוא יכול למלא אחר הוראות וליטול חלק בסביבת הלמידה. מיומנויות של תפקודים ניהוליים ניתנות לאימון ולפיתוח. בנוסף לכך, מחקרי מוח בוחנים את הדרכים של ויסות רגשות בהקשר החינוכי.
- ליקויים התפתחותיים: היקף ניכר של המחקר בתחום מדעי המוח הוקדש לנושאים של לקויות למידה וחינוך מיוחד. המטרה היא לזהות את הגורמים הפיזיולוגיים ללקויות (כמו תחומי מוח שאינם מתפקדים כראוי). אחת הדוגמאות ליעילות של חקר מדעי המוח בתחום לקויות היא מחקר אלקטרו-פיזיולוגי על אודות הגורמים לדיסלקציה. ממצאי המחקר מצביעים על היעילות של התערבויות המבוססות על הקשבה למוזיקה ולקצב כדרך לשיפור המודעות הפונולוגית. על פניו, חתירה להסבר פיזיולוגי-מכאני סותרת את המגמה המודרנית לנושאי הדרה וההכללה של תלמידים עם צרכים מיוחדים. עם זאת, יש לזכור כי ההסברים הפיזיולוגיים אינם בהכרח מציעים את הגישה הישירה להתערבות, וזאת לאור העובדה, כי הבנתנו את מגוון האסטרטגיות שעשויות להשלים את הליקויים טרם הגיעה לרמת הידע על אודות הסיבות לליקויים. לכן, כדי שמחקרים בדבר הסיבות

הפיזיולוגיות של המחלות יהוו בסיס להתערבות, עליהם להיות משולבים עם העקרונות הפדגוגיים.

- טכניקות לשיפור כללי בתחום הקוגניציה: המגמה הכללית של אימון למיומנויות קוגניטיביות מוגבלת ולכן מדעי המוח מנסים למצוא אסטרטגיות כלליות הפועלות במגוון הקשרים חינוכיים. המיומנויות הנחקרות, המשפיעות על תחום הקוגניציה, הן אימון תפקוד ניהולי, אימון מיינדפולנס, למידת משחקי שחמט, למידת נגינה או שפה שנייה, אימוני כושר פיזי ואירובי. המחקרים הללו טרם הגיעו למסקנות סופיות והאתגר להגיע לפיתוח מיומנויות קוגניטיביות בעלות העברה להקשרים אחרים עדיין נשאר אחד המרכזיים של הנוירו-חינוך.

### ביקורת נגד נוירו-חינוך

ניתן להצביע על שלושה סוגים עיקריים של טענות ביקורתיות כלפי הנוירו-חינוך:

- תפיסת ממצאי מדעי המוח כלא רלוונטיים לחינוך. נטען כי חשיפת מנגנונים פיזיולוגיים אינה בהכרח מביאה לעיצוב התערבויות מעשיות וכי מדעי המוח טרם הציעו שיטות פדגוגיות מהפכניות. ביקורת דומה נשמעה גם נגד שילוב הפסיכולוגיה בתחומים של פדגוגיה וחינוך. לסוג זה של ביקורת שייכת גם הטענה, כי מדעי המוח הם בעלי אופן רדוקציוניסטי, משום שהם שואפים לתאר את התופעות החברתיות במונחים נוירולוגיים.
- ביקורת כלפי שיטת המחקר וקצב המחקר והיעדר דיאלוג אמיתי בין מורים למדענים, כאשר חוקרי המוח תופסים את העמדה הפטרונית.
- ביקורת כלפי הציפיות הגדולות של שימוש במדעי המוח לניבוי ההתפתחויות הקוגניטיביות, כמו דיסלקציה או אוטיזם. נטען שמדובר בשיטות יקרות שאינן מביאות לתוצאות טובות יותר מאשר גישות האבחון הקיימות. הביקורת הזאת משקפת את המצב הקיים של טכנולוגיה מדעית, אך התפתחות מדעי המוח עשויה לאפשר אבחון בגיל מוקדם ובכך למקסם את הזמן הניתן להתערבות מונעת.

### התפתחויות עתידיות והשלכות על עיצוב המדיניות

לאחרונה, הנוירו-חינוך החל לאמץ את השיטה היישומית של מדעי הרפואה הבנויה משלבים של עבודת מעבדה, ניסוי על בעלי חיים, מחקרים עם כמות קטנה של אנשים וניסויים קליניים נרחבים. הנוירו-חינוך אימץ ממדעי הרפואה את השיטה של ניסוי עם בקרה אקראית. מספר פרויקטים חדשים, המבוצעים כעת בבריטניה, בנויים על פי גישה זו. עם זאת, יש לציין, כי כעת מתנהל פולמוס סביב שימוש בשיטת ניסוי עם בקרה אקראית בתחום החינוך; חשוב לשים לב כי השלכות המחקרים הנערכים במסגרת זו יצטרכו להיות מיושמות בדיוק המרבי בהתאם להוראות החוקרים. הדבר עלול לפגוע באוטונומיה של המורה וביכולתו להתאים את טכניקות ההוראה לצורכי הלומדים הייחודיים. בעתיד, הנוירו-חינוך יצטרך לפתור את הדילמה בין השאיפה לראות אותו כשייך למדעי המוח הקוגניטיביים-התפתחותיים העומדים בבסיס ההוראה לבין תפיסתו כאומנות של "תרגום" – עיצוב התערבויות פדגוגיות נקודתיות, הבנויות על פי ממצאי מדעי המוח.



על הנוירו-חינוך להתייחס גם לנושאים האתיים, כגון שימוש בממצאי מחקר המוח בעבודה עם ילדים – האם יש צורך לקבל הסכמה מפורשת מהילדים או מהוריהם ומה עשויות להיות ההשלכות לטווח הארוך. על הנוירו-חינוך גם להתייחס לסביבה החברתית והפוליטית המשפיעה על החינוך. לבסוף, חשוב להתייחס לאינטראקציה בין הנוירו-חינוך וחוקרים בתחום מדעי המוח לבין מקבלי ההחלטות בתחום החינוך. על הפרק עומדת בנייה של בסיס מדעי מוצק לעיצוב מדיניות מבוסס ראיות. ניתן לומר, כי כבר כעת בתחומים מסוימים של הנוירו-חינוך הראיות המצטברות מאפשרות לעצב את מדיניות החינוך העקבית, למשל, בכל הקשור להשפעות ארוכות טווח של הלחץ הנפשי בגילאי הילדות על ההתפתחות הרגשית והקוגניטיבית לאורך החיים. אחד האתגרים המרכזיים של חוקרים בתחום הנוירו-חינוך הוא לזכות בשילובם המלא בקרב מקבלי ההחלטות על עיצוב מדיניות החינוך.

## אנחנו מרגישים, משמע אנחנו לומדים: הרלוונטיות של מדעי המוח הרגשיים והחברתיים לחינוך

התקציר מבוסס על המאמר :

Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3-10.

מחקר מודרני בתחום מדעי המוח מלמד, כי בני אנוש הם יצורים רגשיים וחברתיים במהותם. התפיסה החדשה שונה באופן משמעותי מהפרדיגמה שהייתה דומיננטית בהגות המערבית בעת החדשה. עוד בשנות ה-80 (של המאה הקודמת) חקר המוח נשלט על ידי הפרדיגמה ההיררכית לפיה תהליכים של למידה, הכרה ושפה הובנו כמערכות מסדר גבוה המשליטות את עצמן על הגוף הכפוף להן. הרגש נתפס לא כמרכיב חשוב בקבלת החלטות, אלא כמכשול בשורת הטעונויים הרציונליים. אולם סדרת מחקרים שנערכו עם מטופלים הסובלים מפגיעה באזורי מוח שונים הראתה, כי לא ניתן להסביר את התנהגותם רק על ידי הפגיעה במערכות הקוגניטיביות.

לדוגמה, חוקרים בדקו קבוצת מטופלים שבגיל בוגר אירעה להם פגיעה משמעותית באזור קליפת המוח הקדם-מצחית הגחוני-אמצעית. הנזק שנגרם להם גרם לשינוי קיצוני בהתנהגותם החברתית: הם לא חשבו על השלכות מעשיהם, גילו חוסר רגישות לרגשות של אחרים ולא היו מסוגלים ללמוד מטעויותיהם. לעיתים, הם אף הפרו מוסכמות חברתיות ונורמות אתיות ולא העניקו תמיכה רגשית במצבים שבהם נהגו לעשות זאת בעבר, כאשר כל מערכות המוח תפקדו כסדרן. התברר גם, כי יכולת המטופלים לקבל החלטות רציונליות, לכאורה, נפגעה באופן משמעותי. ההחלטות שהם קיבלו בחיי היום-יום היו לא מועילות עבורם וגם לא עבדו משפחותיהם, הם לא העריכו נכון סיכונים, עשו עסקאות גרועות ובחרו בשותפים לא נכונים במגוון תחומים. גם יכולת התפקוד וההישגים שלהם בעבודה ירדה באופן ניכר על אף שהם שלטו באותן המיומנויות ובאותו הידע כמו בעבר.

על פי הפרדיגמה המסורתית, יכולת קבלת ההחלטות תלויה בשני גורמים: (א) המידע שמהווה בסיס לתהליך קבלת ההחלטות; (ב) האלגוריתם הלוגי של הסקת מסקנות. לכן, על פי תפיסה זו, יש לחפש את הסיבות לתסמינים הנ"ל בפגם כלשהו בידע או ביכולותיהן הלוגיות של המטופלים, אולם פגם כזה לא נמצא. לעומת זאת, ככל שמחקרים כאלה התעמקו, כך התבהרה התמונה לפיה ניתן להסביר את הפגיעה בקבלת ההחלטות בצורה מלאה וקוהרנטית ולראות בה את הסיבה לפגיעה בתחום הרגשי (שלפני כן נחשבה לתוצאת לוואי, פחות משמעותית, של הנזק המוחי). השינויים בתחום הרגשי, שפגעו ביכולת קבלת ההחלטות, כללו התקחות של תגובות רגשיות בפרט ושל רגשות חברתיים, כמו אמפתיה, בושה ואשמה בכלל. בגלל אי היכולת לעורר רגשות אלה, הקשורים למצבים דומים בעבר, המטופלים לא היו מסוגלים לקבל החלטה נכונה בהתבסס על ניסיון העבר. גם אם הידע והיכולות הלוגיות שלהם נשאר כפי שהיו, הם לא יכלו להשתמש בידע הרגשי המצטבר בעת קבלת החלטות; לא יכלו ללמוד מההשלכות הרגשיות של החלטותיהן ולקחת בחשבון תגובה רגשית של שותפיהם ולהגיב בצורה הולמת. ניתן לומר, אפוא, כי השרשרת הלוגית של טעוניהם נפגמה בעקבות הפגיעה בתשתית הרגשית והחברתית שעליה נשען התהליך הרציונלי.

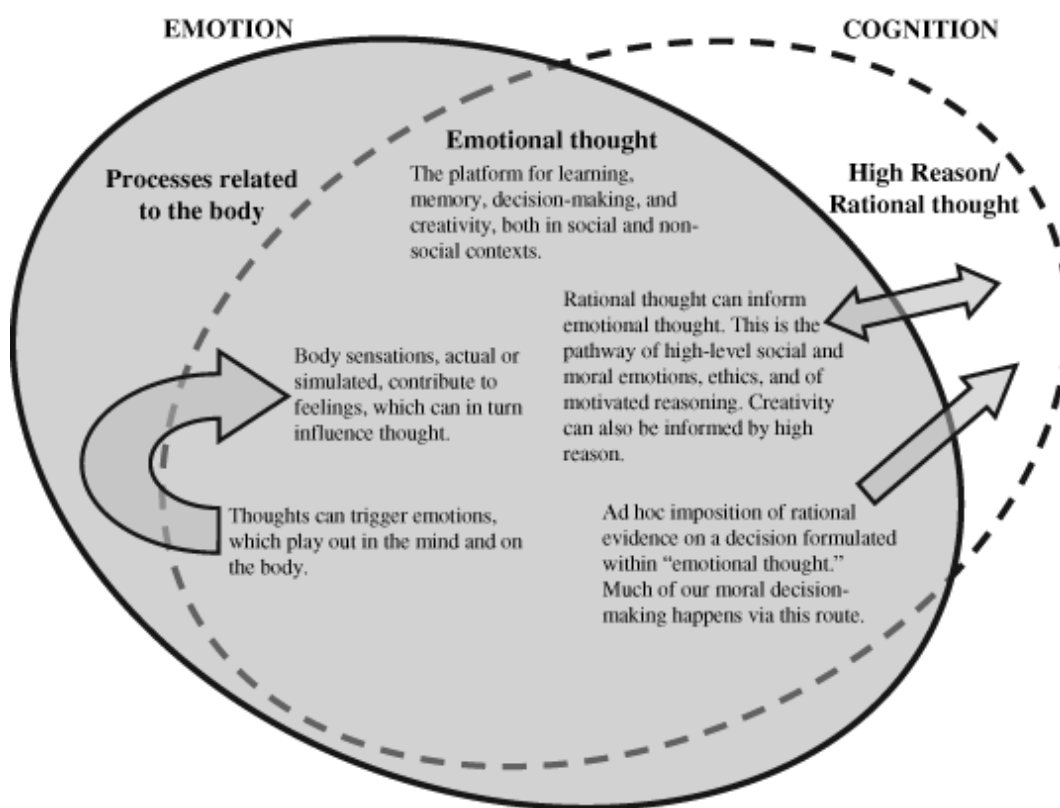
חקר המקרים הללו אפשר לנסח תפיסה חדשה של תפקיד הרגש בתהליכים הקוגניטיביים. פגיעה באזור המוח, שאחראי על שרשרת שלמה של תהליכים נוירולוגיים וסומטיים שביחד מרכיבים רגשות חברתיים, הביאה לפגיעה בהתנהגות החברתית. ברור שפגיעה זו משמעותית כשלעצמה, אך להפתעת החוקרים התברר, כי היא גם גורמת לעיוותים בתהליך החשיבה הרציונלית. הסיבה לכך היא היעדר היכולת להיעזר באינטואיציות מנחות הנרכשות באמצעות למידה רגשית ומשוב חברתי. המטופלים הללו יכלו לחשוב באופן רציונלי ואתי בתנאי מעבדה, אך במצב אמת ובסביבה ממשית הם לא יכלו להשתמש במידע רגשי כדי לבחור באפשרות הטובה ביותר ולא יכלו ללמוד מניסיון הקשור לכישלונות קודמים. מחקרים נוספים שבוצעו בעשורים האחרונים הוכיחו, כי רגשות אינם המכשול לתהליכים רציונליים של קבלת החלטות אלא התשתית שעליה הם נשענים. במילים אחרות, ה"פיל בחנות החרסינה" המאיים לשבור את הכלים העדינים הם המדפים שעליהם עומדים הכלים שמגינים עליהם ולא נותנים להם להישבר.

הממצאים הללו מצביעים על האפשרות, כי העברת הידע והמיומנויות הנרכשים על ידי תלמידים בבתי הספר ויישומם בסביבה אותנטית דורשים הפעלת תהליכים בתחום הרגשי. בנוסף לכך, הקשר ההדוק שבין קבלת החלטות, רגשות ותפקוד חברתי, שהתגלה בקרב המטופלים שתוארו לעיל, מצביע על היתכנות שהשפעה חברתית היא מכוונת למידה, חשיבה והתנהגות באמצעות מסלול הרגשות. ניתן להדגים זאת באמצעות מחקר שעקב אחר קבוצת אנשים שמילדותם סבלו מנזק מוחי שפגע ביכולתם לפתח רגשות חברתיים. רמת הקוגניציה שלהם, במובן המסורתי של מנת המשכל לא נפגעה, אולם בהתנהגותם נצפו מגמות אנטי-חברתיות: הם לא היו מושפעים ממערכות תגמול ועונש ולא חיפשו אישור מעמיתים או הכרה חברתית. התברר כי בגיל מבוגר הם לא יכלו לנהל את חייהם באופן מושכל והראו התנהגויות מסוכנות, אנטי-חברתיות ותוקפניות. התנהגותם הייתה דומה להתנהגות אנשים שאירע להם נזק מוחי בחייהם הבוגרים, אולם ההבדל הוא בכך, כי האנשים שסבלו מהפגיעות הללו מילדות לא יכלו לפעול על פי הכללים החברתיים המקובלים גם בתנאי מעבדה. הסיבה לכך אינה כרוכה בכך שהכללים החברתיים אינם נגישים לאנשים הסובלים מפגיעה באזור מסוים של המוח, אלא בכך שאנשים אלה נעדרים "הדרכה" מצד הרגשות. בהיעדר הנחיות של הרגש הם אינם יכולים להשתמש במנגנון קוגניטיבי ובידע הקיים במצבים של חיי היום-יום. אי היכולת להעריך את המצבים החברתיים מבחינה רגשית, לסווג אותם לטובים ולרעים, פוגעת בהתנהגות חברתית ואינה מאפשרת לפעול בצורה מושכלת בתנאים ממשיים, גם בהקשרים לא-חברתיים.

בניגוד לפרדיגמה המסורתית, קוגניציה ורגש נחשבים לשני תחומים מנוגדים וקוטביים של התפקוד האנושי. מחקרים אחרונים בתחום מדעי המוח מצביעים על הקשר ההדוק בין שני התחומים. התברר כי רגשות כוללים תהליכים קוגניטיביים וסנסוריים, כאשר תהליכים קוגניטיביים רבים, כמו למידה, קשב, זיכרון, קבלת החלטות, מוטיבציה, תפקוד חברתי מושפעים מהרגש. תגובה רגשית לגירויים גורמת לשינויים בקשב, ביעילות של זכירת זיכרונות רלוונטיים, בבניית הקשרים בין אירועים להשלכותיהם. המסקנה היא, כי החשיבה הרציונלית קיימת, אולם היא נטולת רגשות ואינה יכולה להיות מיושמת בסביבה הממשית. רגשות מאפשרים לשיים את הידע ואת הטעונונים הלוגיים בהקשר המסוים ומנתבים אותם למסלול הרלוונטי לפתרון הבעיה העומדת על הפרק.

ניתן להצביע אפוא על אזור נרחב של חפיפה בין תחום הרגש לתחום הקוגניציה, שניתן לכנותו "חשיבה רגשית". החשיבה הרגשית קשורה גם לתחום הגוף וגם לשכל. המכלול המקשר בין הגוף לרגש ולשכל כולל את הרבדים הבאים:

- קשר בין רגש לגוף: חשיבה רגשית מעוררת תגובות בגוף (למשל האצת קצב פעימות הלב) שלאחר מכן (כמו תחושות גופניות אחרות) בצורה מודעת או לא מודעת משפיעים על הרגש ודרכו גם על התהליכים הקוגניטיביים.
- חשיבה רגשית: בסיס ללמידה, זיכרון, קבלת החלטות ויצירתיות בהקשרים חברתי והלא-חברתי.
- קשר עם חשיבה רציונלית: חשיבה רציונלית מיידעת את החשיבה הרגשית. תהליך זה עומד בבסיס השיפוט החברתי והאתי, מייצר תהליך רציונלי מבוסס על מוטיבציה רגשית ועל חשיבה רציונלית המקדמת יצירתיות. לעיתים, טיעונים רציונליים מובאים על מנת לאשר את ההחלטה המוסרית האינטואיטיבית שהתקבלה במסגרת החשיבה הרגשית.



החינוך הניתן לילדים בבתי הספר באופן מסורתי מתמקד בשני היבטים: הענקת מידע ופיתוח מיומנויות חשיבה רציונלית. אולם גישה זו בעייתית. כפי שראינו לעיל, למידה וזכירה אינן מתרחשות בתחום רציונלי טהור נטול רגשות. בנוסף לכך, צמצום ההיבטים הרגשיים של הקוריקולום פוגע ביכולתם להעביר את הידע והמיומנויות הנרכשים להקשרים אחרים ולמצבים אותנטיים. מחקרים בתחום מדעי המוח מצביעים על קשר הדוק בין רגש לקוגניציה שפועלים במכלול אחד. יתרה מזאת, רגשות מוערכים בהקשר חברתי-תרבותי ומקודמים על ידי אישור חברתי-תרבותי. יש להדגיש, כי התפיסה שלמידה מתרחשת בהקשר התרבותי אינה חדשה. כך, על פי תורתו של ויגוטסקי, תפקוד חברתי ותרבותי עומד מאחורי חלק ניכר מיכולות הניתוח הרציונלי

וכעת תפיסה זו נתמכת גם על ידי מדעי המוח. לכן, לא נכון להציב את הקניית הידע ומיומנויות החשיבה הרציונלית כיעד בלעדי של מערכת החינוך. ככל שמחנכים יבינו טוב יותר את היחסים בין רגש לשכל ואת המשמעות של החשיבה הרגשית כך הם יהיו מסוגלים לעצב טוב יותר את סביבת הלמידה ולגרום לתהליכי הלמידה להיות יעילים ומשמעותיים יותר.

## תאוריה תרבותית-היסטורית ונירו-פסיכולוגיה תרבותית היום

התקציר מבוסס על המאמר :

Kotik-Friedgut, B., & Ardila, A. (2014). Cultural-historical theory and cultural neuropsychology today. In Yasnitsky, A., Van der Veer, R., & Ferrari, M. (Eds.), *The Cambridge handbook of cultural-historical psychology* (378-399). Cambridge: Cambridge University Press.

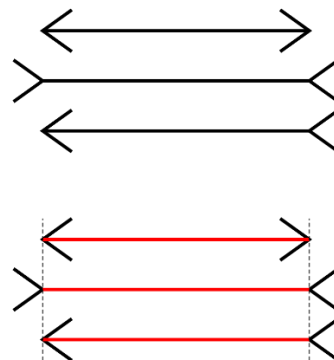
מחקר נירו-פסיכולוגי שהתפתח בהתחלה בארצות המערביות בחן תהליכים מוחיים בקרב נחקרים שמרביתם קיבלו חינוך בארצות אירופה ובצפון אמריקה וינקו תרבות מערבית. מצב זה גרם לכך כי המסקנות שהיו אמורות להיות אוניברסליות נבנו על פי "גישה אירו-צנטרית". אולם בשנים האחרונות מחקרי המוח התרחבו ומתבצעים במדינות שונות, מה שמאפשר השוואת תוצאות שהתקבלו במגוון תרבויות ובקרב קבוצות אוכלוסייה שונות. חוקרים החלו להציב את השאלה כיצד משפיעים הקשר והאינטראקציה של הפרט עם הסביבה החברתית והתרבותית שבה הוא נמצא על תהליכים קוגניטיביים במוח ועל תפקודים פסיכולוגיים גבוהים. פירושו של מונח התרבות כאן הוא אורח החיים הייחודי של הקבוצה: סדרת מסורות נלמדות וסגנונות חיים, כולל דרכי חשיבה, הרגשה והתנהגות המשותפים לחברי הקבוצה.

תורתו של ויגוטסקי עשויה להיות רלוונטית ביותר בעבור נירו-חינוך ונירו-פסיכולוגיה כיום. יש להצביע במיוחד על המונח "ארגון תפקודים מנטליים גבוהים מחוץ לקליפת המוח". גישה מערכתית-דינמית לארגון תפקודים מנטליים גבוהים פותחה על ידי תלמידו של ויגוטסקי, אלכסנדר לוריא והיא ממשיכה ומארגנת את רעיונותיו של ויגוטסקי על אודות אינטראקציה בין גורמים טבעיים וגורמים תרבותיים בפיתוח תהליכים מנטליים. ויגוטסקי מנתח את התפתחות התפקודים המנטליים בקרב ילדים כתוצאה מאינטראקציה חברתית והשפעות תרבותיות. גם לוריא רואה את התפקודים המנטליים הגבוהים כמערכת מורכבת, חברתית במקורה והיררכית. הסימנים, הסמלים והאובייקטים התרבותיים הופכים על פי שיטה זו לגורם פנימי בארגון התהליכים הקוגניטיביים במוח.

ויגוטסקי ולוריא פיתחו גישה תרבותית-היסטורית (המכונה גם תרבותית-חברתית) בפסיכולוגיה ובחינוך, המתמקדת בדרכים שבהן התרבות (ובמיוחד השפה) מעצבת את הקוגניציה האישית. כיום, מדעי המוח מגיעים לתובנות דומות. היכולות הקוגניטיביות הבסיסיות ומנגנוניהן המוחיים הם אוניברסליים ומולדים, אולם מעת הלידה מתחילה ההשפעה המעצבת של הסביבה התרבותית. לדוגמה, היכולת לזהות צורה נחשבת כאחד המנגנונים המוחיים המאפשרים הסקת תובנות מושכלות מחוויות ומניסיון וכגורם העומד מאחורי ההתפתחות הקוגניטיבית. מחקרים שנעשו עם תינוקות הראו, כי כבר מספר דקות לאחר הלידה תינוקות מגיבים טוב יותר לצורת הפנים מאשר לגירויים ויזואליים אחרים. עובדה זו מצביעה על כך, כי היכולת לזהות תווי פנים (כחלק מיכולת כללית יותר לזהות צורות מגירויים חיצוניים) אינה נקנית עם ההתפתחות אלא קיימת מראש ומאפשרת לתינוק במהלך ההתפתחות להבחין בין הפנים של האם לפנים אחרות.

השפעות תרבותיות באות לידי ביטוי כבר בשלבים מוקדמים ביותר של ההתפתחות. מחקרים שנערכו עם שתי קבוצות של תינוקות בני יומיים עד חמישה ימים, אחת מצרפת והשנייה מגרמניה, הצביעו על השוני בארגון המוזיקלי של הבכי. ההבדלים תאמו להבדלים בפרוזודיה (מאפיינים

אקוסטיים, כמו אינטונציה, הטעמה וריתמוס) של דיבור בשתי השפות. הממצאים הללו מצביעים על השפעת השפה והתרבות על עיצובם של תהליכים קוגניטיביים. ניסוי זה מזכיר את הניסויים שערכו ויגוטסקי ולוריא באוזבקיסטן, שמהם הסתבר, כי אנשים אנאלפביתיים, הגדלים בסביבה תרבותית לא מערבית ולא אורבנית, אינם נוטים לתפוס אשליות אופטיות. לדוגמה, שלושת החיצים שמופיעים בהמשך. אנשים אנאלפביתיים נוטים לראות אותם כבעלי אורך שונה, למרות שלאמיתו של דבר אורכם זהה:



מחקרים מודרניים, שהשוו בין תפיסת האשליה האופטית הני"ל לבין קבוצות תרבותיות וחברתיות שונות, הראו שקיים קשר בין הנטייה לתפוס את הקווים כלא שווים לסביבה התרבותית ולרמת האנאלפביתיות. נתונים אלה מצביעים על השילוב בין היכולות המולדות ברמה הביולוגית להשפעות התרבותיות במהלך התפקוד הקוגניטיבי. התמצאות במרחב של אנשים אורייניים – במיוחד כאלה שגרים בסביבה אורבנית מודרנית, עתירת ייצוגים מרחביים סימבוליים, מבוססת על מערכת הצירים המתמטיים ומעצבת את הפעילות המוחית אחרת מאשר ההתמצאות המרחבית של תושבי אזורים לא אורבניים, שקשורה יותר להתמצאות המיידית בנוף הסובב.

ההשפעות הללו מתאפשרות הודות לאחד המאפיינים הבסיסיים של המוח – גמישותו (plasticity). גמישות המוח מתייחסת להסתגלות של מערכות המוח לדרישות הסביבה וגם ליכולת המוח לפצות על פגיעה בחלק מהמערכות. מחקרים המבוססים על דימוי המוח הראו, כי הקניית מיומנויות חדשות או חיזוק מיומנויות קיימות קשורים לארגון מחדש של מערכות המוח, מה שמתאפשר בעקבות גמישותו. מחקרים שנערכו עם סטודנטים המתכוננים למבחנים הראו, כי למידה מקדמת שינויים מערכתיים במוח, כמו עלייה בחומר האפור בקליפה הקודקודית האחורית והתחתונה. עלייה בחומר האפור באזור ההיפוקמפוס האחורי נצפתה לאורך תקופת המבחנים ואף לאחר מכן. מחקרים מלמדים על קשר בין מוזיקה לעיצוב מערכות המוח, אם כי לא ברור עדיין מה כיוון ההשפעה: האם מדובר ביכולות המולדות הממומשות באמצעות למידה וחשיפה למוזיקה או אולי למידה בתקופות קריטיות של התפתחות ובשלות המוח היא המביאה לשינויים הללו. בהקשר הזה יש לציין כי מוזיקאים בדרך כלל מתאמנים לאורך זמן בתקופות כאשר גמישות המוח גבוהה. מחקרים הראו שקיימים שינויים מהותיים בארגון מערכות המוח בין אלה שהחלו את לימודי המוזיקה לפני גיל שבע לאלה שהחלו לימודים מאוחר יותר.

ועוד מצביעים מחקרים גם על הבדלים בין מנגנוני המוח של אנשים אורייניים לאנשים אנאלפביתיים. אנשים אורייניים, המתמצאים ברזי השפה הכתובה, מפתחים קשרים תפקודיים חדשים בין אזורי מוח שונים בעוד שאנשים אנאלפביתיים מצליחים יותר במגוון רחב של משימות

נוירו-פסיכולוגיות, כולל כאלה שלא קשורות לשליטה בטקסט הכתוב, כמו הבחנה ויזואלית-מרחבית, זיכרון לטווח קצר ויכולות מספריות. מחקרים שנערכו עם ילדים בליבריה אפשרו להבחין בין השפעות האוריינות להשפעות החינוך הבית ספרי והצביעו על התהליכים הקוגניטיביים המושפעים משימוש בכתב שפת ואי, שהוא כתב הברות. מחקרים נוספים הצביעו על הקשר שבין חינוך בית ספרי לטכניקות מסוימות של שחזור זיכרונות ופיתוח מיומנויות ויזואליות-מרחביות (כמו יכולת לתפוס תמונה עם "פרספקטיבה") ועל ביצוע משימות הקשורות לסינתזה. זאת, לא רק בבתי ספר אירופיים אלא גם בבתי ספר מתרבויות אחרות. כלומר, קיימת השפעה של האוריינות על דרכי הפעלת המוח במגוון מצבים, שעל פניהם אינם קשורים כלל לקריאה. הדבר היווה אישור נוסף לתאוריה החברתית-תרבותית בדבר התפקיד המרכזי של תרבות ואינטראקציות חברתיות בפיתוח קוגניציה ועל למידה מהסביבה המעצבת את ההתפתחות הקוגניטיבית.

ממצאי מדעי המוח תואמים את תורתו של ויגוטסקי גם במה שקשור ללימודי שפה. על פי ויגוטסקי, שפה אינה לגמרי זהה למחשבה, אך מתפתחת בקשר הדוק אליה. "חשיבה דיבורית" ממקדת את ההתפתחות הקוגניטיבית של הילד וגורמת להופעת צורות חשיבה שונות, כמו יצירת קשרים והכללות ובניית מושגים, כאשר קיימת הבחנה ברורה בין המערכות הדקדוקיות למערכות הסמנטיות של השפה. ויגוטסקי ציין, כי השפה משנה את תודעת הילד ובחן את השפעת מערכות השפה והדיבור על פיתוח החשיבה בגיל הרך. לדעתו, שפה היא לא רק כלי להעברת מידע אלא אמצעי מרכזי להתפתחות קוגניטיבית של ילדים. מחקרי מוח מלמדים, כי המערכות הסמנטיות והמערכות הדקדוקיות של השפה מתפתחות במנגנוני מוח שונים (האונה הרקתית לעומת האונה המצחית) ומבוססים על שתי אסטרטגיות למידה: הדקלרטיבית והפרוצדורלית. בכך, ממצאי מדעי המוח מאשרים את תפיסתו של ויגוטסקי בדבר הבדלים מהותיים במה שקשור לאסטרטגיות למידת השפה בין ילדים למבוגרים לבין רכישת שפה ראשונה (שכרוכה בפיתוח תהליכי חשיבה) לרכישת שפה שנייה. בגיל הרך למידת השפה נסמכת יותר על הזיכרון שממלא תפקיד דומיננטי בחשיבת הילד; באסטרטגיות הלמידה – גם כשמדובר בשפה שנייה – יש לתת דגש על משחק ועל תפיסת הדיבור בהקשרים קומוניקטיביים שונים, ללא למידת כללי דקדוק מפורשים. זאת בשונה מאסטרטגיות של למידת שפה אצל מבוגרים. הקניית שפה ראשונה ושנייה אצל ילדים דו-לשוניים, שמתרחשת במקביל, תתרחש בהתאם למנגנונים דומים, אך בנפרד. לעומת זאת, למידת שפה שנייה לאחר רכישת השפה הראשונה תפעיל מערכות נוירולוגיות שונות לחלוטין, בהתאם לרמת הבשלות של המוח וגם אסטרטגיות הלמידה תהינה שונות, כאשר מערכת המשמעויות של השפה הראשונה תועתק אל השפה השנייה.

ניתן לומר, אפוא, כי הגישה התרבותית-היסטורית (או תרבותית-חברתית) של ויגוטסקי ולוריא מקבלת אישור בממצאי מדעי המוח המודרניים. בהתאם לתפיסתו של ויגוטסקי בדבר האינטראקציות החברתיות והסביבה התרבותית כמכוננות את התהליכים המנטליים. מדעי המוח היום מראים באופן ברור, כי הסביבה התרבותית של הפרט משתקפת במאפיינים הייחודיים של ארגון מערכות המוח המקיימות תהליכים קוגניטיביים. המסקנה המתבקשת היא, כי על הנוירו-פסיכולוגיה לקחת בחשבון את הגורם התרבותי כמכונן תודעה, גם בתחום המחקר וגם בשדה היישומי של החינוך.



## שלושה יסודות של נוירו-חינוך:

### סקירת ספרות מדעית בשלושת העשורים האחרונים

התקציר מבוסס על המאמר:

Feiler, J. B., & Stabio, M. E. (2018). Three pillars of educational neuroscience from three decades of literature. *Trends in Neuroscience and Education*, 13, 17-25.

#### מאפיינים מרכזיים של נוירו-חינוך

בעשורים האחרונים ניכרת השפעתם של מחקרים בתחום מדעי המוח על מדעי החברה, כאשר אחד התחומים שבהם השפעה זו בולטת במיוחד הוא החינוך. גילויים חדשים בתחום התפתחותם הקוגניטיבית של ילדים, כולל רשתות קוגניטיביות וגורמים הקשורים ללמידה ולמוטיבציה, הם בעלי פוטנציאל מהפכני לחינוך הבית ספרי. לאחרונה, מוסדות רבים מקדמים שיח בין חוקרי מוח למחנכים, לפסיכולוגיים ולמעצבי מדיניות ואף נוצרו תוכניות המסייעות ליישום מעשי של ממצאי המחקר. במחקר הנוכחי נסקרה הספרות המדעית במהלך שלושת העשורים האחרונים, כדי לנסות ולהבין מהו נוירו-חינוך ומהי מטרתו. סקירת הספרות מאפשרת להצביע על שלושה נושאים עיקריים:

#### יישום מדעי המוח בלמידה בכיתה

מדובר בשימוש בממצאים של מחקרי מוח לשם עיצוב התערבויות חינוכיות ופרקטיקה פדגוגית בכיתה. נטען כי המאפיין המרכזי של הנוירו-חינוך הוא הפוטנציאל שלו לשנות את הפרקטיקה של הלמידה. נוירו-חינוך לעיתים מכונה "מדע התרגום", כאשר הכוונה היא לתרגום של ממצאי המדע לשפת הפדגוגיה. יישומים של מדעי המוח בחינוך כוללים תחומים, כמו קריאה, שפה, חשבון, ריכוז, זיכרון, כמו גם השלכותיהם של רגשות, לחץ נפשי ושינה על הנוירו-גמישות. לדוגמה, נמצא כי ילדים צעירים שעוסקים בחשבון מפעילים אזורי מוח אחרים מאשר ילדים גדולים יותר: הילדים הצעירים מערבים יותר את התחומים האחראים על ריכוז וזיכרון. המחקר הזה מסייע לעצב את ההתערבות המתאימה ביותר ללמידת חשבון, בהתאם לגילאי התלמידים. הטכניקות של דימות מוחי ורישום חשמלי של הפעילות במוח (באמצעות EEG) עשויות לסייע בפיתוח מתודות פדגוגיות חדשות, אם כי יש לבדוק את ממצאי המחקרים הללו בהקשרים התנהגותיים.

#### שיתוף פעולה בין-תחומי

נוירו-חינוך בונה שיתוף פעולה בין-תחומי (מדעי המוח – פסיכולוגיה – חינוך), שבו המכלול גדול מסכום חלקיו. מכוני מחקר בתחום הנוירו-חינוך מדגישים את הנחיצות של ניהול דיאלוג בין דיסציפלינות מדעיות לשם התקדמות המדע החדש. לדוגמה, ניתן להצביע על המחקר שיישם את העקרונות של נוירו-פלסטיות לעיצוב תוכנית אימון מבוססת משפחה עבור תלמידי גן בסיכון, במטרה לסייע להם לפתח מיומנויות של ריכוז בכיתה ובבית. במחקר נטלו חלק מומחים בתחומים, כמו פסיכולוגיה, נוירו-חינוך, חינוך, עבודה סוציאלית וגם מורים והורים. בסדנה בת 8 חודשים נטלו חלק הורים וילדים; שיטות ההערכה כללו מגוון שיטות השייכות לדיסציפלינות שונות: מבדקים של תפקודים קוגניטיביים וניהוליים; תצפיות ודיווח עצמי, דימות מוחי. התערבות בוצעה בקבוצות קטנות וכללה מגוון תרגילים לפיתוח קשב, אסטרטגיות של מודעות לרגשות ותקשורת רגשית, כאשר קבוצות הורים עסקו בפיתוח טכניקות חיוביות של הורות. המחקר הוכיח כי שילוב

דיסציפלינות שונות במסגרת נוירו-חינוך משיג תוצאות: תוך זמן קצר של 8 שבועות חל שיפור ניכר בפיתוח קשב סלקטיבי אצל ילדים ממשפחות במצב סוציו-אקונומי קשה.

גשר בין שפות ודיסציפלינות מאפיין אינהרנטי של נוירו-חינוך הוא היותו גשר בין שפות, פרדיגמות חשיבה ומתודות, שבאופן היסטורי שייכות לדיסציפלינות שונות. נוירו-חינוך עשוי לתרגם את השיח משפת דיסציפלינה אחת לאחרת, בדומה למתרגם מקצועי, ולהיות גשר בין התחומים. כך, על הנוירו-חינוך להביא את המונחים בתחום מדעי החיים ואת המושגים הטכניים לשפה המובנת לעובדי הוראה ולמקבלי החלטות. מחסום השפה, המפריד בין חוקרי מוח למורים, מקשה על התקדמות הנוירו-חינוך. בעקבות כך, ממצאים חשובים של מדעי המוח מקבלים לעיתים פירוש מוטעה ולעתים מובילים ליצירת "נוירו-מיתוסים" רחוקים מן המציאות שהפצתם הנפוצה מביאה לאימוץ אסטרטגיות למידה לא מועילות. דומיננטיות של נוירו-מיתוסים בשיח הפופולרי גורמת ליצירת תמונה פשטנית של נוירו-חינוך אצל מחנכים רבים ועלולה לגרום לאימוץ שיטות הוראה שאינם מבוססות במחקר. לדוגמה, המיתוס בדבר חלוקה ברורה בין הילדים שאצלם האנה השמאלית של המוח דומיננטית לילדים שאצלם שולטת האנה הימנית והתאמת אסטרטגיות למידה לאחת מהקבוצות הללו; או חלוקת הילדים לקבוצות על פי סגנון הלמידה שלהם.

### הגדרת הנוירו-חינוך

נוירו-חינוך מהווה אינטגרציה של חינוך, פסיכולוגיה ומדעי המוח לתוך מכלול בין-דיסציפלינרי במטרה לקדם תהליכי למידה. זאת, באמצעות שימוש בשפות של מגוון דיסציפלינות ויישום מתודות מתחומים שונים כדי לתרגם את הממצאים על פעילות המוח לתוצאות רלוונטיות לחינוך.

### פולמוס וויכוחים

כמו כל דיסציפלינה מדעית חדשה, הנוירו-חינוך יצר פולמוס מדעי סביב משמעות ממצאיו. ניתן להצביע על שלושה נושאי ויכוח עיקריים:

האם נוירו-חינוך הוא רק שם חדש לפסיכולוגיה קוגניטיבית? מהו ההבדל המהותי בין נוירו-חינוך לפסיכולוגיה קוגניטיבית או חינוכית? גם הפסיכולוגיה הקוגניטיבית משתמשת בשיטות מחקר אמפיריות לחקר תהליכים מנטליים. הביקורת נגד נוירו-חינוך טוענת, כי לא מדובר בתחום חדש אלא יש לראות בו חלק מהפסיכולוגיה הקוגניטיבית. חקר מעמיק במנגנוני פעילות המוח אינו רלוונטי כשלעצמו עבור החינוך. יש להדגיש גם, כי לא מעט ביקורת נובעת מההבנה הלקויה של גבולות המדע החדש. נוירו-חינוך מכוון לשיפור שיטות ההוראה ותהליכי הלמידה וכן לגילויים חדשים על אודות התהליכים הקוגניטיביים.

### האם ממצאי מדעי המוח ישימים בכיתה?

לעיתים נטען, כי מדעי המוח אינם ישימים ברמת בתי ספר, כי מורים ותלמידים אינם יכולים לבנות את פרקטיקת הלמידה היום-יומית בהסתמך על ממצאיהם וכי הידע הנצבר על ידי מדעי המוח אינו מספיק כדי להבטיח את אותן התוצאות המתקבלות בתנאי מעבדה בכיתה הממשית. נטען גם כי השפות של מדעי המוח והפדגוגיה רחוקות כל-כך אחת מהשנייה, שלא ניתן להביא לסינתזה ישירה בין שני התחומים, אלא הם זקוקים לתיווכה של הפסיכולוגיה. גם הפצת "נוירו-מיתוסים" - תפיסות מטעות - בדבר ממצאי מדעי המוח והשלכותיהם על החינוך מדגימה את הבעיות של פירוש, תרגום ויישום המדע החדש. החששות הללו אכן מצביעים על האתגרים העומדים בפני הנוירו-חינוך,

אך התקדמותם של מדעי המוח וצבירת הידע מאפשרים לעצב את ההתערבויות החינוכיות המבוססות מחקר. ישנן דוגמאות לא מעטות של הישגי הנוירו-חינוך. עם זאת, ניתן לקבוע כי הצלחת המדע החדש אכן תלויה בשיתוף פעולה הדוק בין מומחים בתחומים שונים ובהצלחת המאמצים המכוונים ליצירת גשר בין השפות של הדיסציפלינות המדעיות הרלוונטיות. מחקרים מראים, כי מורים רבים מעוניינים להתעדכן בממצאי מדעי המוח ולנסות ליישם אותם בפרקטיקה החינוכית.

### התפתחות עתידית והמלצות

#### יישום

על מעצבי מדיניות חינוכית לקחת בחשבון את ממצאי המחקר על מדעי המוח ולפעול לבדיקת הממצאים בסביבה הבית ספרית. לדוגמה, מדעי המוח מצביעים על הנזק הנגרם משימוש בלתי מוגבל בטכנולוגיה דיגיטלית ועל ההשפעה השלילית על יכולת הריכוז של התלמידים ועל הנוירו-פלסטיות של המוח. לעומת זאת, נמשך התהליך של הגברת השימוש במחשבים כדרך לשיפור הלמידה. יש צורך לבצע בדיקות מקיפות של השפעת השימוש בטכנולוגיות מקוונות על הלמידה ועל ההתפתחות החברתית, הרגשית והקוגניטיבית של התלמידים. זאת, כדי לקבוע את המידה הראויה של שימוש במחשבים ואת ההקשר המתאים. כמו כן, חשוב להרחיב את שדה היישום של הנוירו-חינוך, לדוגמה, לתחום של חינוך מבוגרים.

#### שיתוף פעולה בין-תחומי

יש לערב חוקרים ממדעי המוח, מומחים מתחום הפסיכולוגיה ומחנכים בעיצוב תוכניות חינוכיות. חשוב להבטיח שיתוף פעולה שוויוני ופתוח, ללא ויכוחים על סמכות, יעדים ובעלות על התוכנית. כמו כן, יש להרחיב את שיתוף הפעולה הבין-תחומי ולכלול בו גם תחומים כמו רפואה, מדע וטכנולוגיה, משפט.

#### גשר בין שפות ודיסציפלינות

יש צורך ביצירת תוכניות בין-דיסציפלינריות להכשרת מומחים שידברו באופן חופשי בשתי השפות – מדעי המוח והחינוך.

## הבעיות והאתגרים של הנזיר-חינוך

התקציר מבוסס על המאמר :

Palghat, K., Horvath, J. C., & Lodge, J. M. (2017). The hard problem of 'educational neuroscience'. *Trends in Neuroscience and Education*, 6, 204-210.

נזיר-חינוך הוא מדע בין-דיסציפלינרי החותר ליישום ממצאי חקר המוח ותהליכים קוגניטיביים בלימודים בכיתה. המשמיה של השגת סינתזה בין תחומים שונים היא מורכבת ביותר, השוני בין שפות ושיטות דיסציפלינריות עלול לגרום לבלבול ולסתירות פנימיות בתוך המכלול של נזיר-חינוך. קיים קושי אמיתי במעבר בין תיאור תהליך קוגניטיבי שמתרחש במוח תוך מאיות השנייה לחינוך המתרחש לאורך זמן בסביבה חברתית מורכבת. אולם, בבסיס חילוקי הדעות עומדת הסתכלות שונה על בעיות מהותיות של התודעה האנושית והיחסים שבין חומר לרוח המאפיינים את הדיסציפלינות של פדגוגיה ומדעי המוח.

השאלות הנשאלות הן: האם שכל ומוח הן מילים נרדפות ותיאור תהליכים פיזיולוגיים במוח המאפשרים לקבל מידע ממצה על אודות התהליכים המנטליים, או שמא שכל שונה באופן מהותי ממוח ולא ניתן לצמצם את חקר התודעה האנושית לחקר המוח? לכך קשורה השאלה האפיסטמולוגית בדבר היכולת שלנו להבין את המצבים הסובייקטיביים של אנשים אחרים. הגישה הראשונה בהתפתחות הלוגית מביאה לתפיסה הטוענת, כי תיאור אובייקטיבי של מגנוני מוח הוא מקור אמין ויחיד על המצב המנטלי של הפרט וכי תיאור רגשי ומפורט של החיים הפנימיים של אדם (כפי שניתן לראות במחקרים איכותניים) הוא רטוריקה ריקה מתוכן, המסתירה את הדברים שאנחנו עדיין לא מבינים במלואם. מנגד, הגישה הלא רדוקציוניסטית טוענת, כי קיימים מאפיינים ייחודיים של השכל שאותם לא ניתן לתאר במלואם באמצעות תיאור האינטראקציות הפיזיולוגיות במוח. יש לציין, כי קיומם של המונחים המשותפים בדיסציפלינות השונות, הנתפסים בצורה אחרת (כגון חשיבה או למידה), עלול להתברר כמכשול משמעותי ביכולת ההבנה ושיתוף הפעולה.

כיצד שני חוקרים, אחד מתחום מדעי המוח, הדוגל בתפיסה הראשונה, והשני מתחום החינוך, הדוגל בתפיסה השנייה, ייגשו לחקר בין-תחומי משותף? סביר להניח כי שני החוקרים לא יתנו את הדעת להבדלים בסיסיים בפרדיגמות, שהרי הפרדיגמות הללו נמצאות בבסיס מדע זה או אחר וחוקרים בדרך כלל מקבלים אותן כתפיסות אקסיומטיות המהוות בסיס למחקר. אולם, במחקר המשלב שתי דיסציפלינות שונות, ההבדלים הפרדיגמטיים בין שני תחומים עשויים לבוא לידי ביטוי בתכנון המחקר ובשילוב שונים של ביצועו. גם כאשר מדובר במחקר המתבצע באמצעות הכלים של מדעי המוח עשויים להתגלות בין החוקרים חילוקי דעות סביב השאלות מה הוא המידע הרלוונטי וכיצד לאסוף אותו? האם ניתן להשתמש בכלים של מחקר איכותני, כמו דיווח של נחקרים ככלי מהימן להבעת מצב התודעה הסובייקטיבית? האם הוא מוסיף משהו לתמונה המתקבלת מחקר התהליכים הפיזיולוגיים במוח או שמא רק מטשטש את התמונה האמיתית? בעיה פילוסופית נוספת הכרוכה בגישה הרדוקציוניסטית לפדגוגיה כרוכה בשאלה - האם כמטרת החינוך ניתן לראות השגת סדרה נכונה של תשובות ופעולות, כך שחזרה של התלמיד עליהן ויכולת העברת המיומנויות הנלמדות להקשרים שונים ייחשבו כמדדים הבלעדיים של ההצלחת התהליך הפדגוגי?

כיצד ניתן לבצע מחקר בין-תחומי המשלב בתוכו דיסציפלינות בעלי תפיסות כה שונות לנושא הנחקר? לא ניתן לצפות מחוקר בכל תחום לשנות את הפרדיגמה המדעית שעליה המחקר נשען. עם זאת, שיתוף פעולה יעיל דורש מהחוקרים להתמודד עם ההבדלים הבסיסיים הללו ולדון בחילוקי הדעות כדי לבנות את הגשר ולעצב את המחקר שיתאים לדרישות של נציגי כל הדיסציפלינות הנוטלות בו חלק. אתגר התרגום הופך, אפוא, לנושא הקריטי להצלחת הצוות הבין-תחומי. האם ניתן לתרגם את חוקי החינוך לחוקי הפסיכולוגיה החינוכית, לחוקי מדע המוח הקוגניטיבי ברמת התאים ולחוקי הביוכימיה, הכימיה והפיזיקה? על פי התפיסה הלא-רדוקציוניסטית, לא ניתן לתאר את הרמות הגבוהות יותר בארגון פנימי בשפת הדיסציפלינות העוסקות ברמות ארגון נמוכות יותר.

חוקרים הציעו מסגרות שונות לפתרון בעיית אי ההתאמה של הנחות פילוסופיות בסיסיות בעבודת צוות בין-תחומי. למשל, הוצע לבצע סדנה שתתמקד בשאלות שאמורות לברר ולהבהיר לכל המשתתפים את המוטיבציה האפיסטמולוגית (תאורטית או יישומית), את המתודולוגיה של המחקר (איכותני, כמותני, ניסויי וכו'), דרך אישור תוצאות המחקר (מה נתפס כעדות מדעית), התייחסות לשאלה המדעית ולשאלת הערכים של המחקר, שאלת הרדוקציוניזם (האם ניתן לחקור את השלם באופן מלא באמצעות חקר מרכיביו (Eigenbridge et al., 2007)). כמו כן, הוצעה מסגרת להבהרת עמדות ולהפרדת סמכויות בין המדעים המרכיבים את המכלול של נורו-חינוך (Donoghue & Horvath, 2016). המסגרת מתאפיינת בהפרדה ברורה בין רמות החקר והבהרת השוני בהגדרות המונחים, מה שעשוי למנוע קונפליקט בין דיסציפלינות במסגרת מחקר רב-תחומי בניורו-חינוך, הכולל דיסציפלינות שחוקרות את התופעות השייכות לרמות שונות.

	רמה	שכבה	תחום מדעי	תפקוד
1	חומר	פיזית	פיזיקה	מידע שמתקבל מהסביבה החיצונית מוצפן ומאוחסן בין אטומים ומולקולות מורכבות. למשל: למידה מלאכותית במחשבים.
2	תאים	תאית	ביולוגיה, ביוכימיה	תאים כלליים מאחסנים, מצפינים ומעבירים מידע באמצעות מוליכים עצביים בציטופלזמה. נוירונים ייחודיים מסוגלים לאחסן, לעבד ולהעביר מידע.
3	אברים	מוחית	מדעי המוח	קבוצות תאי עצב (נוירונים) יוצרות קבוצות עם נוירונים אחרים ותאים אחרים ומרכיבים רשתות רחבות. פעילות רשתית מאפשרת עיבוד והעברת מידע בתוך ובין אברים בגוף. תקשורת זו גורמת למאפיינים ייחודיים ובדרך כלל לא מודעים של דפוסים פרוטו-התנהגותיים.
4	פרט	פרטנית	פסיכולוגיה קוגניטיבית והתנהגותית	מערכות ביולוגיות, רגשיות וקוגניטיביות בפרט. דפוסי התנהגות מודעת ומדידה.
5	קבוצות	סוציו-תרבותית	חינוך ומדעי החברה	תקשורת בין פרנטיים בסביבה אקולוגית וסוציו-תרבותית, שבמהלכה מתקיימים עיבוד והעברת מידע. תקשורת מביאה ליצירת קבוצות בעלות דפוסים התנהגותיים, נורמות תרבותיות וערכים חברתיים.

במסגרת הזאת לא ניתן להבין כל רמה גבוהה יותר במלואה ולא ניתן לחזות את הנהגות של מרכיביה על סמך חקר רמות נמוכות ממנה בלבד. לשם כך יידרש מחקר ייחודי באמצעות הכלים המחקריים המתאימים. המסגרת גם מבהירה, כי על מנת להיות רלוונטי לנוירו-חינוך, המחקר

שבוצע בכל רמה אמור להיות מתורגם לשפות של רמות גבוהות יותר ולהיכלל בתוך מסגרותיהן. מאפיין חשוב של המסגרת המוצעת הוא, כי היא אינה דורשת מהמומחים להתמצא במונחים ובהגדרות של דיסציפלינות אחרות; עליהם לעסוק רק באזורי החפיפה שבין הרמה שלהם לרמות הסמוכות.

מקורות:

Donoghue, G. M., & Horvath, J. C. (2016). Translating neuroscience, psychology and education: An abstracted conceptual framework for the learning sciences. *Cogent Education*, 3(1), 1267422.

Eigenbrode, S. D., O'rourke, M., Wulfhorst, J. D., Althoff, D. M., Goldberg, C. S., Merrill, K., ... & Bosque-Pérez, N. A. (2007). Employing philosophical dialogue in collaborative science. *BioScience*, 57(1), 55-64.

## עקרון הגמישות כבסיס לבניית תשתית בין-דיסציפלינרית המאחדת בין מדעי המוח לחינוך

התקציר מבוסס על המאמר :

García Carrasco, J., Hernández Serrano, M. J., & Martín García, A. V. (2015). Plasticity as a framing concept enabling transdisciplinary understanding and research in neuroscience and education. *Learning, Media and Technology*, 40(2), 152-167.

האינטראקציה בין מדעי המוח למדעי החינוך כרוכה בקשיים רבים, הקשורים לרמה המערכתית של התופעות הנחקרות והצלחתה תלויה במציאת גישה בין-תחומית מתאימה. אולם, השוני המהותי בין מערכות המשמעות, המרכיבות את הנוירו-חינוך, גורם לתמיהה בדבר היכולת למצוא מכנה משותף בין מדעי המוח לחינוך. ניתן להצביע על שלושה הבדלים עיקריים בין מערכות אלה :

- הבדלים בגישות וביעדים בין מדעי המוח (יעדים דסקריפטיביים) לחינוך (יעדים פרסקריפטיביים). הכוונה לחלוקה לוגית בין סוגים שונים של חקר מדעי.
- הבדלים במתודות מחקריות בין מדעי הטבע למדעי החברה.
- הבדלים בין התופעות הנחקרות לסביבתן: תהליכים ביוכימיים במוח נחקרים במעבדה, לעומת תהליכים פדגוגיים הנחקרים בסביבה סוציו-תרבותית. פערים אלה יוצרים אתגרים בלתי נמנעים בשלב היישומי וגורמים להרבה בלבול ולא-הבנה.

עם זאת, יש לציין, כי המודעות לצורך בבניית סינתזה בין חינוך למדע ביולוגי החלה עוד בתחילת המאה ה-21. הוגי דעות בולטים, שהשפיעו רבות על תפיסותינו החינוכיות, כמו ויגוטסקי, פיאז'ה ופרויד סברו, כי יש לחקור את תהליכי הלמידה בהקשר להבנתנו תהליכים ביולוגיים, המאפשרים למידה. ההקשר הביולוגי אינו הבלעדי, אך הוא חשוב למדעי החינוך, כמו גם ההקשרים החברתיים והתרבותיים.

ניסיון לאחד בין מדעי המוח לחינוך במכלול מחקרי אחיד ועקבי דורש שינוי פרספקטיבה. יש צורך במסגרת חדשה שתסייע לנסח כללים מעשיים מבוססי מחקר נוירולוגי, אך במקביל גם תעשיר את המבנה התפיסתי של החינוך. המסגרת החדשה אמורה להתבסס על ההבנה, כי מדעי המוח עשויים לתרום לחינוך לא רק לתיאור של תהליכים מוחיים ופתרונות למספר בעיות ייחודיות, אלא הם עשויים לשנות את תפיסת הלמידה. עם זאת, על המסגרת לא להסתפק בפתרונות ביו-כימיים אלא לאמץ את תפיסת הלומד כשחקן פעיל ואת הראייה של אחריות וסוכנות אנושית, שעליה מושתתת הפדגוגיה. המסגרת החדשה חייבת להתבסס על תפיסה שעשויה להוות בסיס להבנת ממדים שונים של המערכת האנושית.

**החוקרים מציעים לבסס את הפרדיגמה החדשה על מונח הגמישות (plasticity).** עיקרון הגמישות מצביע על יכולת ההשתנות וההתחדשות. בהקשר לפילוסופיה של החינוך עיקרון זה מופיע עוד בהגותו של הגל כיכולת האנושית ללמוד ולהשתנות, להתנתק מהישן ולקדם את החדש, לתכנן את העתיד. לדעת החוקרים, עקרון הגמישות, שהוא בסיסי לתפקוד המוח, משחק תפקיד מרכזי גם בתיאור החוויה האנושית ועליו להתמקד בהקשר של :

### עקרונות הגמישות והאוטונומיה

המוח האנושי מנהל את האוטונומיה של האורגניזם האנושי בסביבה שבה הוא פועל. מחקר על יצירת תאי עצב מראה, כי שינויים אפשריים לאורך כל החיים. גמישות חיונית לרכישת מיומנויות חדשות. האוטונומיה התפקודית היא המאפיין המבדיל בין אדם למערכת ממוחשבת, הממלאת פקודות. זוהי התפיסה בדבר יכולת התערבות מודעת בדינמיות הפלסטית של מערכת העצבים. גמישות עשויה להסביר הבדלים בין התהליכים המוחיים המתרחשים בצומת היחסים המערכתיים בין טבע, המערכת הרגשית והלמידה והיא עומדת מאחורי השוני בסוציאליזציה חברתית ותרבותית. ניתן לומר, כי גמישות מצביעה הן על היכולות והן על הגבולות של אוטונומיית הישות הפסיכו-סומטית במגוון סביבות.

### עקרונות הגמישות והפגיעות

היכולת להשתנות פותחת דרך לשינויים שליליים ולירידה בתפקוד ומהווה גם מקור לפגיעות. מדובר במגוון מערכות הגורמות לפגיעה באורגניזם האנושי ברמה הביולוגית, ביחסים הבין-אישיים, בסביבה החברתית, התרבותית והפוליטית. כל המערכות שבהן אנו פועלים נוצרות במהלך התהליך ההתפתחותי ומושפעות ממגוון רחב של אירועים והתרחשויות. הפגיעות קשורה לגמישות במובן של חשיבות אופי התגובה להתרחשויות הללו.

### עקרונות הגמישות והחוסן

מיומנויות חוסן חיוניות עבור התפתחות המערכת וצמיחתה. גמישות מסייעת לטיפול חוסן בכך שהיא מאפשרת לתכנן אסטרטגיות הישרדות בעקבות הפגיעה. מחקרים מראים, כי חוסן ניתן לצבירה וכי טיפוח החוסן דורש תפיסה רב-תחומית, המשלבת בין מנגנונים נירו-ביולוגיים למערכות חברתיות ותרבותיות.

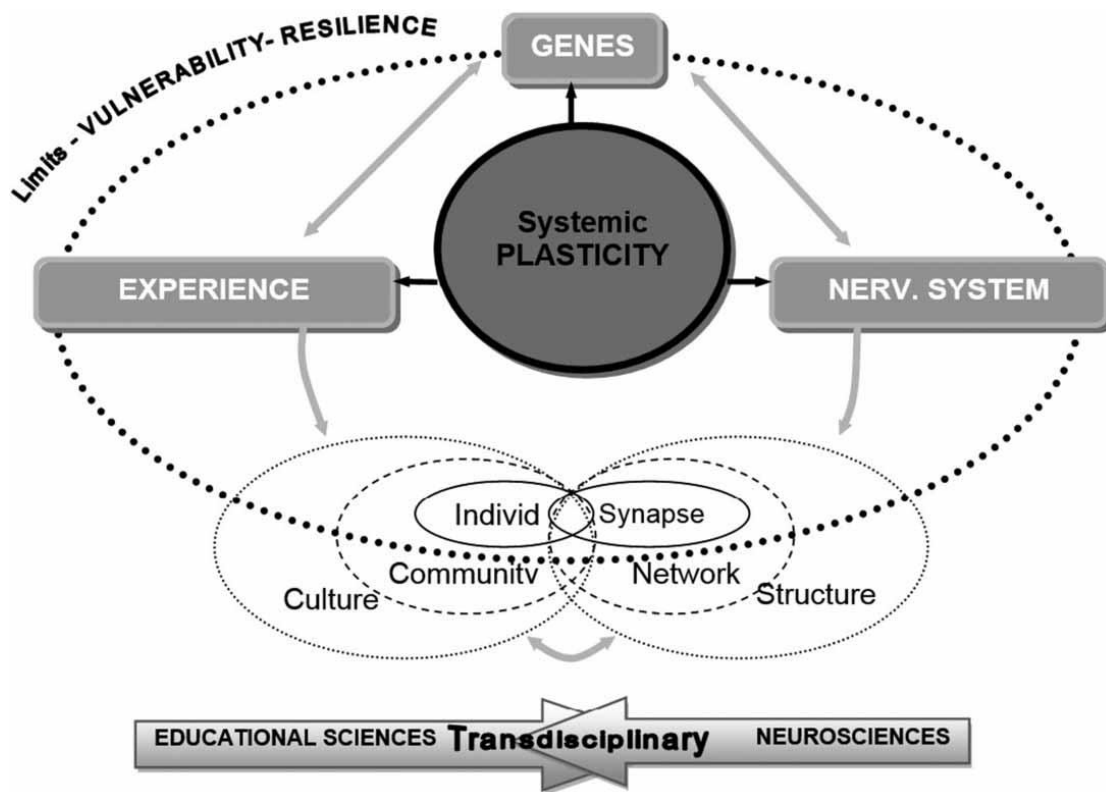
### גמישות כמונה מערכתית

ניתן להצביע על שלוש רמות של גמישות:

- גמישות ברמה הגנטית, במה שקשור למטען הגנטי ולניהול גנטי של התפתחות.
- גמישות ברמת מערכת העצבים. גמישות היא מאפיין של תאי העצב ומצביעה על נכונות מערכת העצבים לשינוי. מאפיין הגמישות של מערכת העצבים בא לידי ביטוי ברמות של פעילותה הסינופטית, בעיצוב מעגלי האינטראקציה בין תאי העצב והמערכות המקדמות סינכרוניזציה של פעילות באזורי מוח שונים.
- גמישות ברמת החוויות האנושיות כתוצאה מאינטראקציות עם הסביבה. רמה כזאת של גמישות קשורה לפיתוח ולשמירת החוויה, לפרשנות ולניהול היחסים בין הסביבה הפנימית לסביבה החיצונית. היא קשורה לפעילות מוחית, משליכה על רשת תאי העצב וקובעת את מידת המוכנות לגירויים חדשים.

המערכת המורכבת של אינטראקציות מתפתחת מהחוויה הפנימית לחוויה קבוצתית ובין-קבוצתית. בין שלוש המערכות הללו קיימות אינטראקציות גמישות. המכלול של האינטראקציות בין מערכת העצבים, הגנים והחוויות האנושיות הנמצאות בשינוי מתמיד, מכונן את הגמישות כעיקרון כלל-מערכתי. ניתן לראות בעקרון הגמישות גשר בין סביבת התהליכים הביו-כימיים במוח לסביבה החברתית והתרבותית בכיתה.





המערכת החדשה, הנשענת על מונח הגמישות, דורשת את הבנת הלומד בתוך הקשרם ושמה דגש על השפעת הסוכנות הפעילה. היא מאפשרת שילוב מדעי המוח, ללא אימוץ עמדה רדוקציונית המצמצמת את הפעילות האנושית לתהליכים פיזיקליים, ביולוגיים וביוכימיים. כמו כן, המערכת החדשה מאפשרת התייחסות לפעילות מוחית גם בהקשרים של הסביבה החברתית והתרבותית, בנוסף למדדים הביולוגיים. עקרון הגמישות מצביע על קשר הדדי בין הפעילות המוחית לתפקוד הפרט במערכות החברתיות והתרבותיות ומניח את מרכזיותה של הסוכנות הפעילה, הבוחרת האם להפעיל את הגמישות. מכאן, שלעקרון הגמישות תפקיד מכונן לפרט האנושי, בעל רצון חופשי ויכולת הכוונה עצמית רפלקטיבית.

### לסיכום

מחקרים מראים, כי האופי המערכתי של עקרון הגמישות בא לידי ביטוי במכלול המערכות הקובעות את הסביבה הפנימית והחיצונית של הפרט והמשפיעות עליו לאורך כל החיים. המסגרת החדשה, הנשענת על עקרון הגמישות, מאפשרת שיח משותף ושילוב מדעי המוח והחינוך במכלול עקבי, הכורך את חקר פעילות המוח עם מחקרי חברה ותרבות ומכיר בסוכנות הסובייקט וביכולתו לחשוב ולפעול באופן אוטונומי.

## שכל, מוח וחינוך: השפעת הנוירו-חינוך על ההוראה

התקציר מבוסס על המאמר:

Sousa, D. A. (2011). Commentary: Mind, brain, and education: The impact of educational neuroscience on the science of teaching. *Learning Landscapes*, 5(1), 37-43.

הצטברות מידע על אודות דרכי הלמידה של המוח הביאה לכינון מדע חדש – נוירו-חינוך. מדע זה בנוי על תשתית בין-תחומית, המאפשרת לנסח המלצות לפרקטיקה פדגוגית, שתהיינה מבוססות על ראיות מדעיות.

להלן יפורטו אחדים מהממצאים המרכזיים של מדעי המוח, שיש להם השלכות ישירות על עיצוב תוכניות החינוך ועל הפרקטיקה של ההוראה:

- **ממצא:** המוח האנושי מארגן את עצמו מחדש באופן תמידי על בסיס המידע הנרכש. תכונה זו מכונה נוירו-פלסטיות או גמישות מוחית; היא מאפיינת את המוח בכל החיים, אך באה לידי ביטוי באופן חזק ביותר בגילאים המוקדמים. **השלכות:** חוויות של תלמידים בבית, בגן ובבית הספר מעצבות את רשתות העצבים הקובעות את דרכי הלמידה בבית הספר ובמשך החיים.
- **ממצא:** גילוי נוירוגנזה – תהליך יצירת תאי עצב חדשים. נמצא כי תרגול פיזי משחק תפקיד בקידום נוירוגנזה. **השלכות:** יצירת תאי עצב מעשירה זיכרון ומייעלת את תהליכי הלמידה. יש צורך להעניק לתלמידים זמני הפסקה למשחק ולפעילות פיזית.
- **ממצא:** המיתוס בדבר יכולת של ריבוי תפקידים הופרך על ידי מדעי המוח. התברר כי מוח אנושי אינו יכול להתמקד במספר תפקידים בו-זמנית, אלא הוא מעביר את הריכוז מתפקיד אחד למשנהו, כאשר כל מעבר כזה כרוך באיבוד מידע מזיכרון העבודה הקשור למשימה המוחלפת על ידי חדשה. **השלכות:** במהלך הלמידה בכיתה יש להחליף פעילויות רק לאחר סיום הפעילות המבוצעת.
- **ממצא:** בניגוד לדעה הנפוצה כי רכישת השפה השנייה בילדות מוקדמת מפריעה לשליטה בשפה הראשונה, ההיפך הוא הנכון: אצל ילדים, למידה שתי שפות במקביל אינה משימה קשה. יתרה מזאת. למידת השפה השנייה עשויה לסייע להבין טוב יותר את המבנה של השפה הראשונה. **השלכות:** רצוי להתחיל בהוראת שפה שנייה מוקדם ככל האפשר; לאחר גיל 12 למידת שפה חדשה דורשת יותר מוטיבציה ומאמץ.
- **ממצא:** התגלו קשרים בין תאי עצב המעורבים בתהליך הקריאה. סריקת מוח הראתה, כי קוראים מיומנים משתמשים בקשרים בין תאי עצב שונים מאלה של קוראים מתחילים. **השלכות:** תוכנות מסוימות מסייעות לילדים המתקשים בקריאה לשפר באופן דרסטי את רמת האוריינות שלהם. התוכנות הללו גורמות למוחותיהם לחקות את הפעילות של מוחותיהם של הקוראים המיומנים.
- **ממצא:** יכולת זיכרון העבודה יורדת מזכירת שבעה חפצים בבת אחת לזכירת חמישה חפצים. **השלכות:** על המורים להציג לילדים פחות דברים ולבקש מהם לתאר אותם יותר

- בפרוטרוט, כך הסיכוי שהם יזכרו אותם גבוה יותר. במקום להרחיב את תוכניות הלימודים יש למחוק מהן את הדברים שאיבדו את הרלוונטיות.
- **ממצא:** התגלה מנגנון השפעה של רגשות על למידה, זיכרון וזכירה. רגשות משפיעים על מערכות של ריכוז; חוויות הכרוכות ברגשות נזכרות בצורה קלה הרבה יותר. **השלכות:** תלמידים לומדים טוב יותר כאשר האקלים בכיתה ובבתי הספר הוא חיובי יותר. כמו כן, חשוב לכרוך למידה עם פעילויות המערבות רגשות.
  - **ממצא:** תנועה ותרגול פיזי מקדמים את הלמידה. הם גורמים ליצירה במוח של חלבון המכונה חלבון נוירטרופי מוחי (BDNF), המסייע לשרידת תאי העצב הקיימים ולגידול תאי עצב חדשים והוא חשוב עבור בניית זיכרון לטווח ארוך. בנוסף לכך, תנועה ותרגול פיזי משפרים את המצב הרגשי ואת התהליכים הקוגניטיביים. **השלכות:** תלמידים יושבים יותר מדי זמן. יש לשלב פעילות גופנית כמרכיב חשוב במהלך השיעור בכיתה.
  - **ממצא:** נבחנה התפתחותו של המוח בקרב ילדים ובני נוער ונמצא כי האנה המצחית, החלק הרציונלי של המוח, מתפתח במלואו עד גיל 22-24 כאשר חלקי המוח האחראים על הרגשות מתפתחים לקראת הגילאים 10-12. **השלכות:** ההפרש הניכר בין גיל הבשלות של אזורי מוח שונים מסייע להבין את המאפיינים של התנהגות בני נוער.
  - **ממצא:** התברר כיצד השעון הביולוגי משפיע על הלמידה. נמצא כי היכולת שלנו להתמקד פוחתת בשליש בפרק זמן לאחר חצות היום. **השלכות:** יש לבנות את ההוראה בכיתה בצורה שתתמוך ביתר שאת במעורבות התלמידים בזמנים הללו של היום.
  - **ממצא:** התבררו ההשלכות של היעדר שינה על הלמידה. שינה לא מספקת לאורך זמן גורמת ללחץ ולעלייה ברמת הקורטיזול בדם. קורטיזול פוגע ביכולת להתרכז ובזיכרון. **השלכות:** חשוב להבטיח לתלמידים שינה מספקת (שמונה עד תשע שעות).
  - **ממצא:** התברר כי שכל ויצירתיות הן שתי יכולות נפרדות שלא קבועות גנטית אלא עשויות להשתנות באמצעות השפעות הסביבה והחינוך. **השלכות:** על אף שביט ספר יכול להעלות את רמת היצירתיות ואת היכולת לפתרון בעיות, תוכניות הלימודים הקיימות אינן מתמקדות במטרות הללו. יש לשים דגש על פיתוח היצירתיות באמצעות מעורבות התלמידים בפתרון בעיות רלוונטיות.
  - **ממצא:** אומנות מפתחת את השכל ותורמת לתהליכים קוגניטיביים במוח. התברר כי חשיפה לאומנויות מעלה ריכוז, משפרת מיומנויות מרחביות ומטפחת יצירתיות. **השלכות:** יש לשלב לימודי אומנות בתוכניות הלימודיות בבתי הספר ולחשוף את התלמידים ליצירות אומנות.
  - **ממצא:** אנו רק מתחילים להבין את הקשר שבין הצרכים החברתיים של תלמידים ללמידה ואת התרומה של תרבויות אחרות ללמידה. **השלכות:** מתן דגש על האקלים החברתי בבית הספר מאפשר לתרבויות אחרות להשפיע על הלמידה.
- מחקרים חדשניים בתחום הנוירו-חינוך מעוררים תקווה, כי מחנכים יוכלו לסייע לתלמידיהם לממש את מלוא הפוטנציאל שלהם.

## הוראה שמחוללת שינוי במוח: בחירת הקשר בין מדעי המוח למתודות הוראה חדשניות

התקציר מבוסס על המאמר:

Owens, M. T., & Tanner, K. D. (2017). Teaching as brain changing: Exploring connections between neuroscience and innovative teaching. *CBE - Life Sciences Education, 16*(2), fe2, 1-9.

המבנה של המוח מקבל את תצורתו כבר בילדות המוקדמת. הלמידה והזיכרון אפשריים משום שתאי העצב שומרים על היכולת לשנות את האיתותים שלהם ואת הקשרים הסינפטיים לאורך כל החיים. נמצא כי למידה מתרחשת פחות מיצירת תאי עצב חדשים, אלא בעיקר בעקבות השינויים בחוזק ובמספר הקשרים בין התאים. תהליך זה מכונה גמישות (פלסטיות) סינפטית. השינויים מתרחשים בצורה כזו, שהקשרים בין תאי העצב שהשימוש בהם תדיר, מתחזקים יותר.

מחקרים רבים הראו, כי גמישות סינפטית, המאפשרת שינוי בקשרים בתאי העצב, קשורה ללמידה התנהגותית וליצירת זיכרונות. מחקרים שנערכו עם עכברים מלמדים, כי אימון במשימה מוטורית חדשה הביא לפיתוח מהיר (תוך שעה) של סינפסות חדשות בחלק המוח האחראי על התנועה. נמצא גם כי המשך אימון מאפשר לייצב את הסינפסות החדשות לפרקי זמן ממושכים של שבועות, חודשים וייתכן אף שנים וכי חסימת התהליכים החשובים לפלסטיות סינפטית פוגעת בלמידה התנהגותית.

לגורמים רבים יש יכולת להשפיע – באופן חיובי או שלילי – על הגמישות הסינפטית. לדוגמה, ידוע כי עניין שתלמיד מגלה בחומר הנלמד והתמקדותו בו מקלים על תהליך הלמידה. לטענה זאת נמצא ביסוס גם בחקר המוח: זוהו המוליכים העצביים (כמו דופמין, אצטילכולין) שבדרך כלל נפלטים בהקשרים של מוטיבציה ותשומת-לב מוגברות ונמצא כי נוכחותם מעלה את הגמישות הסינפטית וחסימתם פוגעת בה. מנגד, נמצא כי לקורטיזול, ההורמון המופיע במצבי לחץ, יש השפעה ניכרת על הגמישות הסינפטית ועל תהליכי הלמידה. עלייה מתונה ברמת הקורטיזול עשויה לשפר את הזיכרון לטווח קצר; רמות גבוהות של קורטיזול פוגעות ביכולת של קידוד ושלילת זיכרונות. מחקרים רבים הראו כי לחץ כרוני עלול לפגוע בלמידה ובזיכרון ואף קשור להצטמקות מערכות מוח מסוימות.

כדי שהלמידה תהיה מועילה ותשפיע על ההתנהגות, לאחר סיום הלמידה וחיזוק הקשרים הסינפטיים יש צורך באכסון הזיכרונות וביכולת שליפתם בעת הצורך. הוצע כי זיכרונות מאוכסנים בקבוצות תאי עצב, שבעקבות הגמישות הסינפטית הופכים לקשורים אחד לאחר במהלך הלמידה. זיכרון נוירוני, ברמת תאי העצב, מקשר בין תאי העצב הממוקמים באזורי מוח שונים הקשורים אחד לשני והקשרים ביניהם התחזקו במהלך הלמידה. שלילת הזיכרונות מתרחשת באמצעות הפעלה מחדש של הנוירונים שהסינפסות שלהם עברו שינוי בעת יצירת זיכרון התחלתי. התקדמות טכנולוגית אפשרה להפעיל זיכרונות מסוימים, הגורמים לשינויים בהתנהגות אצל עכברים באמצעות גירוי מלאכותי של נוירונים שהיו פעילים בעת יצירת הזיכרונות הללו. עם זאת, אין פירוש העבודה כי תאי העצב המעורבים בתהליך הלמידה מפוזרים באזורים שונים של המוח, שהשינויים בסינפסות מתרחשים בהם באופן אקראי. ההיפך הוא הנכון: תופעות הגמישות מתרחשות רק אצל

הנוירונים הייחודיים, המרכיבים את הזיכרון. זאת הסיבה כי המיומנויות הנרכשות במהלך הלמידה בהקשר מסוים אינן מועברות באופן אוטומטי להקשרים אחרים.

בחינת מפות מושגים ("concept maps") עשויה להיות כלי מועיל לאחסון ולשליפת זיכרונות. כידוע מפות מושגים מאפשרות קבלת ידע כולל וקוהרנטי על אודות התחום הנחקר. מחקרים בתחום החינוך הראו, כי מתודת הוראה זו של מפות מושגים מעלה את ההבנה ואת הזכירה של החומר הנלמד (וזאת בהשוואה לאסטרטגיות כמו הקשבה להרצאות או קריאה מחדש של החומר). על סמך הנאמר לעיל מתבררים המנגנונים העומדים מאחורי הצלחת מתודה הוראה זו. הרי זיכרונות מקודדים ברשתות סינפטיות ונשלפים כאשר כמה מהקשרים העצביים מופעלים. לכן, ככל שלזיכרון מסוים יש יותר קשרים מאשר לזיכרונות אחרים, כך יהיה קל יותר לשלוף אותו.

ניתן להצביע על טכניקות אחדות המאפשרות לשפר את תהליכי המוח אצל התלמידים:

ממצא מדעי המוח	ממצא תואם מתחומי הפסיכולוגיה או החינוך	דרכי ההוראה שעשויות להפעיל תהליכים מוחיים
גמישות סינפטית שייכת רק לנוירונים מסוימים שפעילים ביחד.	למידה פעילה מביאה להישגים טובים יותר מאשר צורות למידה פסיביות. יש צורך בלמידה מכוונת, בעלת משמעות.	מטלות בית תדירות מעודדות למידה פעילה. מתן זמן בכיתה לדיון ולפתרון בעיות.
זיכרונות מקודדים ברשתות סינפטיות.	קידוד המידע בהקשרו וביחסיו עם מידעים אחרים מסייע לזכירתו.	עיצוב מפות מושגים. בדיקת קשרי החומר החדש לידע הקיים. דרישה מהתלמידים לסכם, לבצע הערכה כללית וסינתזה של החומר.
פליטת דופמין ואצטילכולין המשוחררים במצבי הנעה וריכוז מעלים את הגמישות הסינפטית.	הנעה וריכוז משפרים את הלמידה.	למידה מבוססת בעיות שעשויה להיות משמעותית ומעניינת. התאמת דוגמאות, יישומים ופעילויות לאינטרסים של התלמידים.
קורטיזול המשוחרר במצבי לחץ מדכא את הגמישות הסינפטית.	איום בסטריאוטיפים שליליים פוגע בלמידה ובביצוע ועלול להביא לחיזוק הסטראוטיפ השלילי.	דוגמאות מותאמות תרבות. אסטרטגיות להבטחת שוויוניות והחשיבות של הכרה.

הקשרים המתוארים מראים, כי הוראה ולמידה הן ביסודן תופעות נוירו-ביולוגיות. יש להדגיש, כי למרות ההתקדמות הגדולה של תחום הנוירו-חינוך בשנים האחרונות, נשארים עוד תחומים נרחבים שטרם נחקרו לעומק. למשל, רק מחקרים מעטים בחנו את התשתית הנוירו-ביולוגית לאחדים מהמונחים הפדגוגיים המרכזיים, כמו מטה-קוגניציה וארגון ידע. בנוסף לכך, מידע רב בתחום נובע ממחקרים על בעלי חיים. ניתן להניח, כי המחקרים העתידיים יתמקדו יותר בפעילות המוח האנושי בזמן אמת. ככל שנלמד יותר על המוח, נוכל ליישם את ממצאי המחקר לעיצוב טכניקות פדגוגיות חדשות שתשפעה על התהליכים במוח.

## שיפור הישגים אקדמיים של תלמידי בית ספר באמצעות פעילות פיזית בכיתה: הערכת תוכנית שנתית

התקציר מבוסס על המאמר :

Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Doolaard, S., & Visscher, C. (2015). Improving academic performance of school-age children by physical activity in the classroom: 1-year program evaluation. *Journal of School Health, 85*(6), 365-371.

### רקע תאורטי

לאחרונה חלה התעניינות בקשר שבין פעילות פיזית לתהליכים קוגניטיביים. מחקרים בתחום הנוירו-חינוך הצליחו למצוא עדויות לקיום קשר בין פעילות פיזית להישגים אקדמיים בקרב ילדים ובני נוער. המחקרים האלה התבססו על ממצאי מחקר מוח שטענו, כי פעילות פיזית ברמה בינונית עד אינטנסיבית מעודדת את פעילות המוח. נטען כי בטווח הקצר, פעילות פיזית גורמת לשינויים כימיים שמעלים את רמת הקשב ועשויים לשפר את הביצוע של מטלות קוגניטיביות. בטווח בארוך, פעילות פיזית כחלק משגרה עשויה לגרום לשינויים מורפולוגיים, כמו אנגיוגנזה (היווצרות כלי דם חדשים), נוירוגנזה (היווצרות תאים של מערכת העצבים החדשים), סינפסוגנזה (היווצרות סינפסות בין תאי העצב) באזורי המוח החשובים ללמידה. נמצא, בין היתר, כי פעילות פיזית אינטנסיבית לילדים בעלי משקל עודף הביאה להעלאת הישגים מתמטיים, לשיפור מיומנויות תכנון ולפעילות מוגברת בקליפת המוח הקדם-מצחית, המשחקת תפקיד חשוב בפיקוח קוגניטיבי. ניתן לומר, אפוא, כי ממצאי מחקר המוח מראים, כי פעילות פיזית וכושר פיזי עשויים לעודד את הפעילות הקוגניטיבית של התלמידים.

הפעילות הפיזית בבתי הספר נקשרת, בדרך כלל, לשיעורים של חינוך גופני. אולם מחקרים מעידים על התועלת שעשויות להביא הפסקות של פעילות פיזית במהלך שיעורים רגילים של מקצועות אקדמיים. שילוב בין למידה לפעילות פיזית הוא דרך בטוחה לקדם גם את הבריאות הפיזית וגם את הלמידה. יתרה מזאת, התברר כי לאינטראקציה בין תרגילים ארוביים למעורבות קוגניטיבית יש השפעה חזקה על התפקוד הקוגניטיבי. בארצות הברית פותחה תוכנית "TAKE 10!", שמטרתה לשלב פעילות פיזית עם פעילויות למידה בבתי ספר יסודיים. מחקר הערכה של התוכנית לאחר 10 שנים מצא, כי ההשתתפות של התלמידים והמורים הייתה גבוהה וכי תלמידים שנטלו חלק בתוכנית הראו שיפור בתהליכי למידה ובציונים במקצועות כמו מתמטיקה וקריאה. גם מחקר הערכה של התערבות אחרת ("הפעילות הפיזית לאורך הקוריקולום – Physical Activity Across the Curriculum) הצביע על כך, כי שילוב פעילות פיזית בשיעורים אקדמיים הביא לירידה בזמן הנדרש לביצוע המטלות הלימודיות וגם לשיפור הציונים במתמטיקה ובקריאה.

## המחקר הנוכחי

על בסיס הממצאים הללו של מדעי המוח ונוירו-חינוך עוצבה התערבות חדשה, המשלבת בין למידת מתמטיקה ולמידת שפה לפעילות פיזית בבתי הספר היסודיים בהולנד. היעד העיקרי של ההתערבות היה שיפור ההישגים האקדמיים, כאשר היעדים המשניים היו שיפור בניהול תפקודי, פיתוח כושר פיזי ופעילות פיזית. התוכנית נמשכה שנתיים ופותחה לכיתות ב' ו-ג'. מחקר ההערכה הנוכחי בוצע לאחר שנה של יישום התוכנית והשווה בין קבוצת התלמידים שהשתתפו בתוכנית לקבוצת ביקורת. השיעורים שנבנו במסגרת התוכנית כללו פתרון בעיות בתחום המתמטיקה ובתחום השפה וגם פעילות פיזית ברמה בינונית עד אינטנסיבית, כמו הליכה, ריצה, קפיצה במקום. חלק מהתרגילים היו משולבים באינטראקציות לימודיות – למשל, תרגילים מסוימים לוו במתן מענה לשאלות.

## תוצאות המחקר

מדידת קצב הלב של התלמידים הראתה, כי הם ביצעו פעילות פיזית בינונית עד אינטנסיבית במשך כ-64% מזמן השיעור. נתון זה גבוה יותר אף משיעור הזמן של פעילות בינונית עד אינטנסיבית בשיעורים לחינוך גופני בהולנד (47% מהזמן). ילדי כיתה ג' שהשתתפו בתוכנית הראו הישגים מרשימים גם במתמטיקה וגם בקריאה. הציונים שלהם היו גבוהים באופן משמעותי מהציונים של ילדי קבוצת הביקורת. ממצא זה תואם את השערות המחקר, שנשענו על ממצאי מדעי המוח בדבר יעילות הפעילות הפיזית והשפעתה על התהליכים הקוגניטיביים. הממצאים הללו תאמו ממצאי מחקרים קודמים שהראו, כי שילוב בין פעילות פיזית ללמידה אקדמית הביא לשיפור במתמטיקה, בקריאה ובהגיית מילים.

עם זאת, תוצאות הניסוי בכיתה ב' לא היו מרשימות: המשתתפים קיבלו את אותם הציונים (בקריאה) כמו תלמידי קבוצת הביקורת או אף ציונים גרועים יותר (במתמטיקה). ניתן להציע הסבר להבדלים בין ההישגים של תלמידי כיתה ג' לאלה של תלמידי כיתה ב' בכך, שתלמידי כיתה ב' השתתפו בפעילות פיזית באופן שגרתי במשך יותר זמן מאשר תלמידי כיתה ג'. יש לציין בהקשר זה, כי מחקרים אחרים מצאו הבדלים ביכולת של מיקוד תשומת הלב בין תלמידי כיתה ה' לתלמידי כיתה ב'. לאור זאת, ניתן להניח, כי ההבדל בתוצאות הניסוי נבע מכך, כי תלמידי כיתה ג' יכלו יותר להתמקד בביצוע המטלות האקדמיות בעוד שתלמידי כיתה ב' ניסו להתמקד בו-זמנית בשתי המשימות: זו האקדמית וזו הפיזית.

ממצאי המחקר הנוכחי מצביעים על הצורך לבחון באופן מעמיק את האיזון הדרוש בין פעילות פיזית לפעילות קוגניטיבית, בהתאם לגיל התלמידים. עם זאת, ממצאי המחקר מאששים את התרומה של הפעילות הפיזית, במינון הנכון, לפעילות הקוגניטיבית של תלמידים בגילאי בית הספר היסודי. על מנהלי בתי ספר לעודד את המורים לשלב פעילות פיזית בשיעורים במגוון מקצועות, במיוחד כשהפעילות הלימודית מתמקדת בחזרה, בזכירה ובשינון. תכנון שיעורים המשלבים בין פעילות פיזית לפעילות לימודית הוא אחד ממתודות ההוראה החדישות המבוססות על מחקר בתחום מדעי המוח.

## פיתוח דמיון חברתי-רגשי במסגרת הינוך למחוננים: תובנות מנירו-הינוך

התקציר מבוסס על המאמר :

Gotlieb, R., Hyde, E., Immordino-Yang, M. H., & Kaufman, S. B. (2016). Cultivating the social-emotional imagination in gifted education: Insights from educational neuroscience. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1377(1), 22-31.

המונח "דמיון חברתי-רגשי" מתייחס ליכולת להשתמש במגוון היבטים חברתיים ורגשיים בקבלת החלטות לצד היבטים קוגניטיביים. המיומנויות הללו חשובות גם להצלחה אקדמית וגם לפיתוח יצירתיות ויישומה - בכותלי בית הספר וגם מחוצה לו, בהמשך החיים.

### שתי מערכות של המוח והצורך באיזון ביניהן

ממצאים עדכניים של מדעי המוח מצביעים על כך, כי הפעילות הקוגניטיבית הנמדדת בדרך כלל על ידי מבחני מנת משכל, מנוהלת על ידי רשת הקשב הניהולי (EAN – Executive Attention Network) של המוח. לעומת זאת, תהליכים חברתיים-רגשיים, פעילות דמיון וחשיבה יצירתית קשורים יותר לרשת ברירת המחדל (DMN – Default Mode Network) של המוח. רשת ניהולית כוללת אזורים מוח שונים, כמו בקליפת המוח הקדם-מצחית הצידיית והחלק התחתון של האונה הקודקודית. האזורים האלה עובדים יחד לפיתוח מיומנויות חשיבה וקבלת החלטות, לטיפול זיכרון עבודה וקשב. לעומת זאת, רשת ברירת המחדל של המוח כוללת אזורים מוח המפוזרים בקליפת המוח הקדם-מצחית אמצעית, בחלק האמצעי של האנה הרקתית, באזורים הקודקודיים ובחגורה האחורית בקליפת המוח. רשת זו תומכת בתהליכים פסיכולוגיים, כמו נדידת מחשבות, דמיון, בניית קשרים, כינון משמעות.

על אף שבהערכת מחוננות ורמת משכל הדגש הוא על המיומנויות המקודמות על ידי רשת הקשב הניהולי, שתי הרשתות הני"ל חשובות להתפתחות יכולות יצירתיות וקוגניטיביות של ילדים. ממצאי מדעי המוח מראים, כי הינוך מחוננים חייב לאמץ את הגישה המאוזנת לקידום שתי הרשתות. מתברר כי חשיבה מסתעפת (בחינת מגוון פתרונות באופן חופשי ולא לינארי, ללא כללים נוקשים) וחשיבה יצירתית דורשות פיתוח של שתי הרשתות ויכולת מעבר מהיר בין רשת אחת לשנייה. לכן, תלמידים חייבים לפתח גם את המיומנויות הקוגניטיביות המסורתיות, הממוקדות בביצוע מטלות על פי מערכת הכללים, וגם לפתח מיומנויות חברתיות-רגשיות שעד כה טרם זכו לתשומת-לב ראויה במערכת החינוך. מחקרים מראים, כי בבתי הספר התיכוניים הרגילים למעלה מ-75% מזמן הלמידה מוקדש לפעילות אישית, לא אינטראקטיבית, על פי כללים ברורים, כאשר השיח ההדדי המקדם את מעורבות התלמידים ועבודה בקבוצות תופסים פחות מ-15% של זמן הלמידה. התמקדות בפיתוח המיומנויות המנוהלות על ידי רשת הקשב הניהולי באופן דיס-פרופורציונלי עלולה לפגוע ביכולת פיתוח המיומנויות הקשורות ליצירתיות.

פיתוח חשיבה יצירתית והיכולת לבניית קשרים עשויים לתרום גם להישגים במבחנים הסטנדרטיים בבתי הספר. מיומנויות חברתיות-רגשיות מאפשרות שליטה טובה יותר בחומר הנלמד וזכירה טובה יותר, המקדמת את יכולת העברת המיומנויות הנרכשות להקשרים חדשים.



חשיבות המיומנויות החברתיות-רגשיות לפיתוח חשיבה יצירתית חייבת לבוא לידי ביטוי גם במערכת ההערכה ובאבחונים. יש לציין, כי מחקרים מצביעים גם על הפיחות הניכר בהעדפות על בסיס תרבותי ואתני בהערכת המיומנויות של חשיבה יצירתית. זאת, בהשוואה להערכת רמת משכל מסורתית.

ברור, אפוא, כי מערכת החינוך, ששמה לה למטרה טיפוח של אישיות התלמיד וטיפוח יצירתיותו, חייבת להעניק לו הזדמנויות לפיתוח המיומנויות המנוהלות על ידי רשת ברירת המחדל. המיומנויות הללו תומכות גם בבניית רשתות של קשרים, בהבנת נרטיבים, בפיתוח תחושות של אמפתיה וחמלה, בפיתוח הערכה היסטורית ובטיפוח חזון לעתיד. מחקרים מראים, כי אנשים יצירתיים בתחומים שונים של מדע ואומנות משתמשים במיומנויות רבות של רשת ברירת המחדל בפעילותם המקצועית היום-יומית. בסביבה הארגונית קיים מתח מובנה בין יצירתיות, השוברת הסכמות ומציעה רעיונות ופתרונות חדשים לבין התרבות הארגונית, שבדרך כלל מקדמת את ערך ההסתגלות ומעריכה רק את העובדים המתאימים עצמם לכללי הקבוצה. מתח זה קיים גם במרבית בתי הספר ולכן כה חשוב לשים דגש מיוחד על פיתוח היכולות היצירתיות והמיומנויות הקשורות לרשת ברירת המחדל. להלן נעמוד על הממצאים המדעיים המצביעים על החשיבות של המיומנויות והיכולות המקודמות על ידי רשת ברירת המחדל.

#### התעניינות במדע ורלוונטיות אישית של החומר הנלמד

מחקרים מראים, כי מוטיבציה פנימית ללימודי מדע, סקרנות אינטלקטואלית והתעניינות במדע קשורות להצלחה בלימודים בבתי הספר. יתרה מזאת, מחקר שהסתמך על הראיונות שנערכו עם מעסיקים מובילים בתחום המדע בבריטניה הראה, כי התכונות הללו בקרב צעירים בהיותם עדיין בבתי הספר הן החשובות ביותר לפיתוח קריירה מדעית בעתיד.

#### פיתוח חזון לעתיד

היכולת לפתח את תפיסת העתיד תורמת ליצירתיות ולפעילות יעילה בהווה. לדוגמה, מחקר שהתבצע בקרב תלמידים השייכים למיעוטים ולשכבה סוציו-אקונומית נמוכה מצא, כי תפיסה ברורה של עתידם האקדמי, הכוללת בתוכה היבטים רגשיים והתנהגותיים קשורה לרמה גבוהה יותר של ויסות התנהגותי ולפיתוח אסטרטגיות למידה מועילות. התלמידים עובדים יותר זמן על שיעורי בית, פעילים יותר בכיתה ומקבלים ציונים גבוהים יותר. נמצא גם, כי בני נוער שפיתחו זהות תעסוקתית וחזון של סביבת העבודה האידיאלית עבורם עוד בהיותם בבתי הספר גילו יכולת לחקירה תעסוקתית חיובית. טיפוח המיומנויות היצירתיות, המנוהלות על ידי רשת ברירת המחדל, תורמת לפיתוח החזון העתידי בתחומים האקדמיים והתעסוקתיים ומקדמת חשיבה חופשית על התהליך שיסייע להגשים את החזון.

#### ביטחון עצמי ורפלקציה עצמית

פיתוח פתרונות יצירתיים כרוך, בדרך כלל, ביכולת ללמוד מטעויות. על התלמיד היוזם לדעת להתמודד עם ביקורת ולגלות גמישות ויצירתיות, אך גם ביטחון עצמי ויכולת עמידה מאחורי הרעיונות שלו. מחקרים מראים, כי פיתוח רשת ברירת המחדל מסייע בקידום תחושת הביטחון העצמי, בטיפוח רפלקציה-עצמית ובחשיבה אוטו-ביוגרפית, מה שמאפשר התמודדות יעילה עם ביקורת ועם הסטריאוטיפים השליליים. נמצא, בין היתר, כי ככל שקיימים יותר קשרים בין אזורי

המוח הכלולים ברשת ברירת המחדל, כך אנשים נתקלים בפחות ספקות עצמיים בעת ביצוע משימה מאתגרת (למשל, ביצוע מבחן מאתגר לבני קבוצות המיעוט המתמודדות עם סטריאוטיפים חברתיים שליליים המטילים ספק ביכולותיהם). לדוגמה, המחקר שבחן שתי קבוצות של נשים בעת ביצוע מבחנים במתמטיקה מצא, כי נשים בעלות נטייה לפרש את התחושות השליליות, שנבעו מסטריאוטיפים שליליים, באופן חיובי והיו בעלות מודעות עצמית גבוהה התאפיינו ברמה נמוכה יותר של ספקות עצמיים והצליחו יותר במבחן. ממצא זה מצביע על החשיבות של פיתוח מיומנויות נרטיביות ורפלקציה עצמית.

### חשיבות האמפתיה

מחקרים מראים, כי גילוי אמפתיה מעלה את ההסתגלות החברתית של התלמידים שקשורה גם להצלחה אקדמית. אמפתיה קשורה לפיתוח הדמיון. כך נמצא, כי היכולת לדמיין ולבנות בצורה מפורטת אירועים חברתיים עשויה לחזק אמפתיה ומגמות פרו-חברתיות. אינטראקציות חברתיות חיוביות משפיעות לטובה על האקלים בבתי הספר ועל ההישגים הלימודיים, הן חשובות גם מחוץ לכותלי בית הספר ומקדמות מיומנויות של שיתוף פעולה, שהן קריטיות להצלחה בסביבות רבות. גם בעולם התעסוקה רשת קשרים חברתיים עם עמיתים למקצוע חשובה להצלחה, במיוחד עבור צעירים השייכים לקבוצות תת-מיוצגות בתחום שבו הם עובדים.

מרכיב חשוב של אמפתיה הוא היכולת לאמץ את זווית הראייה של האחר, להבין מה חושב בן אדם אחר וכיצד המצב נראה מנקודת המבט שלו. יכולת זו קיבלה בפסיכולוגיה את שם "התאוריה של התודעה" והיא בעלת חשיבות רבה במסגרת שיתוף הפעולה בחקר מדעי. פירושה של יכולת זו להבין כיצד עמיתים למחקר תופסים את הבעיה, איפה נקודות ההסכמה ואיפה המחלוקות. פיתוח מיומנויות של אימוץ עמדת האחר וניהול שיח שיתופי המבוסס על חקר הבעיה המדעית חשוב ביותר בחינוך המדעי, אך נושא זה אינו קיים בתוכניות הלימודים של לימודי מדע בבתי הספר.

שיתוף פעולה, יחס מכיל לאחרים ויכולת לדמיין את עצמך במצבו של האחר קשורים להצלחת הפעילות בקבוצות עבודה ולמציאת פתרונות חדשים ויצירתיים. מחקרים מראים, כי פיתוח אקלים כיתתי המבוסס על אמפתיה וקבלת האחר מסייע להצלחה בלימודי מדעים ומתמטיקה וגם למשיכת אוכלוסיות מגוונות שבדרך כלל תת-מיוצגות בתחומים הללו.

### חוויות הינוכיות אותנטיות

מתודות למידה, כמו למידה מבוססת פרויקטים, המאפשרות לתלמידים לחוות חקר מדעי אותנטי בהקשר לקהילה ולסביבה שלהם, עשויות להעלות את המעורבות ואת המוטיבציה ללמוד ולהביא לשיפור ההישגים האקדמיים. חקר מדעי הופך את הלמידה למשמעותית. פיתוח יצירתיות דורש שתלמידים לא רק יכירו ממצאי מחקרים מדעיים של אחרים, אלא ישתדלו בעצמם לתכנן מחקר.

### דמיון חברתי-קוגניטיבי וחינוך למחוננים

הפרקטיקות הקיימות של אבחון מחוננים וחינוך למחוננים נוטות לזיהוי המיומנויות הקשורות לרשת הקשב הניהולי. בדרך כלל הן משתעקות את דרכי העברת הידע ואת יחסי הכוח החברתיים ומפלות לרעה את התלמידים השייכים לקבוצות מיעוט ולשכבות אוכלוסייה ברמה סוציו-אקונומית נמוכה. על החינוך למחוננים לעבור מפרקטיקות המשעתקות את הדרכים הקיימות של העברת ידע לטיפול יצירתיות ולקידום חקר יצירתי מונחה, בעל רלוונטיות חברתית ורגשית

לתלמידים. על מערכת האבחון לעבור לבחינת המיומנויות המנוהלות על ידי רשת ברירת המחדל. לדוגמה, היכולת לאמץ פרספקטיבה של האחר חשובה לחשיבה יצירתית לא פחות מאשר אוצר מילים ותפיסת מרחב, אך מערכת האבחון של תלמידים מחוננים, הנשענת על הטסטים של רמת משכל, מתעלמת מהמיומנויות הללו.

שינוי זה יאפשר גם לזהות מגוון רחב יותר של תלמידים מחוננים, גם מקרב הקבוצות התת-מיוצגות כעת במערכות לחינוך מחוננים. הרחבת מונח המחוננות תטיב גם עם התלמידים המוגדרים כמחוננים על פי הקריטריונים המסורתיים משום שהיא תעניק להם כלים לפיתוח מיומנויותיהם וליישומן בהקשרים הממשיים של קהילה ושוק התעסוקה וכן תסייע בפיתוח מוטיבציה פנימית ללמידה משמעותית. שינוי זה יאפשר לקדם את הרמה האינטלקטואלית וגם את היצירתיות והאתיקה בקרב דור חדש של מדענים צעירים.