

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 הנזיר-החינוך

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 הנויר-חינוך ניכרת במיוחד:

- בני נוער: מחקרים רבים של נויר-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.