פורום

*ספר 55 מספר 1, 2013*

[*www.wwwords.co.uk/FORUM*](http://www.wwwords.co.uk/FORUM)

**יכולת ומתמטיקה: מהפכת תבנית החשיבה שמעצבת מחדש את החינוך**

ג'ו בולר

**תקציר**

הוכחות מדעיות מהעת האחרונה מעידות על הפוטנציאל המדהים של המוח להתחזק ולהשתנות ועל ההשפעה החזקה שיש למסרים של תבנית חשיבה על הישגי התלמידים. אולם, דרכי הפעולה בבתי הספר, בייחוד באנגליה, מבוססות על תפיסות של יכולת מקובעת המגבילות את הישגי התלמידים ומגדילות את אי השוויון. מאמר זה סוקר הוכחות המעידות על גמישות המוח ועל החשיבות של תבנית חשיבה, וכן את הדרכים שבהן ניתן להעביר מסרים של תבנית חשיבה בפרקטיקה בכיתה ובחלוקה לקבוצות.

\*\*\*

ב-2006 הופיע ספר מסחרי על מדפי הספרים שבסופו של דבר הביא לאחת ההשפעות הגדולות ביותר על החינוך, יותר מכל ספר מחקר שהתפרסם אי פעם. בספר *Mindset: the new psychology of success (2006a)* *(תבנית חשיבה*: *הפסיכולוגיה החדשה של ההצלחה*), סיכמה קרול דווק ממצאים חשובים מהמחקר שערכה על אופיים והשפעתם של דפוסי חשיבה שונים. הספר הפך במהרה לרב מכר של *הניו יורק טיימס*, כיכב בחדשות של הבי.בי.סי ותורגם ליותר מ-20 שפות. בספר סיכמה דווק את ההוכחות ממחקרה בן עשרות השנים על מושאי מחקר בגילאים שונים, המעידות שכאשר תלמידים מפתחים את מה שהיא כינתה "תבנית חשיבה של צמיחה" הם מאמינים שהאינטליגנציה ו'החכמה' ניתנות ללמידה וכי המוח מסוגל להתחזק מתרגול. לתבנית חשיבה זו יש השלכות עמוקות – תלמידים בעלי דפוס חשיבה של צמיחה מתרגלים ולומדים ביתר יעילות ומפגינים רצון להתמודד עם אתגרים ועמידות לנוכח כישלון. לעומתם, אלו בעלי 'דפוס החשיבה המקובע' סבורים שאפשר להיות 'או חכם או לא'. כאשר תלמידים בעלי תבנית חשיבה מקובעת נכשלים או טועים, הם סבורים שהם פשוט לא חכמים דיים ומרימים ידיים. תלמידים כאלה נמנעים תכופות מאתגרים, ומעדיפים לבצע במקומם משימות עבודה קלות יותר שבהן הם יודעים שיצליחו.

מחקריה של דווק מראים שבסביבות 40% מהתלמידים בארה"ב מציגים תבנית חשיבה של צמיחה, 40% תבנית חשיבה מקובעת, ואילו 20% הנותרים מציגים דפוסי חשיבה מעורבים. כאשר תלמידים מקבלים על עצמם התערבות שתעביר אותם מתבנית חשיבה מקובעת לזו של צמיחה, הם מתחילים מיד להפגין ביצועים ברמות גבוהות יותר בבית הספר Dweck, 2006a)) ההתערבות שפותחה עבור התלמידים היא תוכנית אונליין המיועדת לתלמידי חטיבת הביניים (גילאי 11-13), שמוכיחה להם את הגמישות של המוח ואת השפעת התרגול המוחי על הרחבת האינטליגנציה. [1]

למדענים בתחום העצבים והמוח יש כיום הוכחות נרחבות אודות גמישות המוח, כאשר ההוכחות מגיעות בחלקן מאנשים שסבלו מפגיעות מוחיות חמורות ובכל זאת הצליחו ללמוד לקרוא, לכתוב, לרכוב על אופניים ולרכוש יכולות אחרות שדרשו מהמוח להתחזק בתגובה למאמץ (Bunge et al, 2007; Beilock, 2011). לידע המצוי כיום בידי המדענים אודות גמישות המוח יש השלכות חשובות על הוראה ועל חלוקה לקבוצות המבוססת על תפיסות של יכולת מקובעת ופוטנציאל מוגבל של תלמידים (Boaler, 2010).

מחקרים רבים הוכיחו את ההשפעות של התערבויות להגדלת תבנית חשיבה על הישגי תלמידים בכל הגילאים. אהרונסון ואחרים (2002) בחנו את ההשפעה של התערבות להגדלת תבנית חשיבה על תלמידי מכללות, והשוו שתי קבוצות ביקורת – קבוצת התערבות של אינטליגנציות שונות (multiple intelligence) וקבוצת ביקורת ללא טיפול – עם סטודנטים שקיבלו התערבות להגדלת תבנית חשיבה. בעוד שקבוצות הביקורת לא הציגו כל שינוי בהישגים, ההתערבות להגדלת תבנית החשיבה הובילה לעלייה ברורה בהישגים, בייחוד בקרב סטודנטים אפרו-אמריקאים. לאחר ההתערבות נעלמו ההבדלים בהישגים בין סטודנטים לבנים לאפרו-אמריקאים. בנוסף, התלמידים האפרו-אמריקאים בקבוצה של הגדלת תבנית החשיבה הציגו עלייה משמעותית בהערכתם ובהנאתם מהקורסים.

בלקוול ואחרים (Blackwell et al 2007) ביצעו התערבות להגדלת תבנית חשיבה עם תלמידי מיעוטים בארה"ב (אפרו-אמריקאים ולטינו-אמריקאים) שעלו לכיתה ז', ובקרב רבים מהם כבר הסתמנה ירידה בציונים. קבוצת הביקורת קיבלה שמונה מפגשים של הכשרה בכישורי לימוד, בעוד שהקבוצה להגדלת תבנית החשיבה קיבלה שמונה מפגשים של כישורי לימוד, בצרוף אימון להגדלת תבנית החשיבה. המסר הראשי להגדלת תבנית החשיבה היה שמאמץ גורם לשינוי במוח על ידי יצירת קשרים חדשים, וכי התלמידים שולטים בתהליך זה. ההתערבות להגדלת תבנית החשיבה בלמה את הירידה בציוניהם של התלמידים והעלתה אותם על נתיב חדש של שיפורים והישגים גבוהים.

גוד ואחרים (Good et al, 2003) גם יצרו התערבות להגדלת תבנית חשיבה לקבוצה של תלמידי כיתה ז' והשוו אותה עם קבוצת ביקורת. בשתי הקבוצות נפגשו המדריכים עם התלמידים באופן אישי למשך 90 דקות באמצע נובמבר, ואחר כך שוב למשך 90 דקות בתחילת הסמסטר השני (בסוף ינואר); כל התקשורת האחרת בין המדריכים לתלמידים התקיימה באמצעות אימיילים. ההתערבות להגדלת תבנית החשיבה הובילה לעלייה של 4.5 נקודות בציונים של מבחני הישגים במתמטיקה ולעלייה של 4 נקודות בציונים של מבחני הישגים בקריאה. בקבוצת הביקורת נצפה פער מגדרי משמעותי בלימודי המתמטיקה, אך בקבוצה של הגדלת תבנית החשיבה נמחק הפער המגדרי במידה רבה.

הוכחות ממחקרים שנאספו במשך העשור האחרון הובילו להבנות חדשות לגבי המוח, היכולת והלמידה. להבנות אלה יש השלכות חשובות על בתי הספר, בייחוד על דרכי הפעולה והעברת המסרים שמתבססות על היכולת של התלמידים. הארצות המצליחות ביותר בעולם מבססות את דרכי הפעולה והחלוקה לקבוצות בבתי הספר על הגדלת תבנית החשיבה, ומעבירות לתלמידים את המסר לפיו הלמידה דורשת זמן והיא תוצר של מאמץ (Stigler & Hiebert, 1999; Sahlberg, 2011).

במדינות אסיאתיות רבות, בייחוד אלו באזור האוקיינוס השקט, נהוגות שיטות חינוך המבוססות על הרעיון שלמידה היא תהליך הנקבע על פי מאמץ ולא על פי תפיסות מקובעות לגבי יכולת (Stigler & Hiebert, 1999). הרעיון של הפרדת התלמידים לרמות שונות נחשב בלתי רצוי או אפילו כזה שהדעת אינה סובלת, כפי שהשתקף בפרשנות הבאה אודות החינוך ביפן:

ביפן קיים קונסנזוס חזק לפיו אין לחשוף ילדים למדד של יכולות או נטיות, וכתוצאה מכך לתיקונן או להאצתן, במהלך תשע השנים של חינוך חובה. בנוסף לכך שביפן מחשיבים את הנהגת הקבצה על פי יכולת לאי-שוויונית באופן אינהרנטי, הורים ומורים יפנים חששו שהקבצה על פי יכולת תהיה בעלת השפעה שלילית חמורה על הדימוי העצמי של הילדים, על דפוסים חברתיים ועל תחרות אקדמית (Bracey, 2003, pp. 332-333)

אבל בתי ספר בארצות אחרות, שבהן הציונים נמוכים במידה משמעותית במבחנים הבינלאומיים, לרבות אנגליה וארה"ב, משתיתים תכופות את דרכי הפעולה על תפיסות לגבי יכולת שהוכחו כשגויות. בשעה שהמחקרים מוכיחים את גמישות המוח ואת היכולת של תלמידים לפתח תבונה באמצעות עבודה קשה ואתגרים, בחלק מבתי הספר ממטירים על התלמידים מסרים לפיהם היכולת היא קבועה ורק חלק מהתלמידים ניחנו בכישרון ובאינטליגנציה, בעוד שהאחרים לא. הפער הזה בין ההוכחות המחקריות לפרקטיקה משתקף בצורה הברורה ביותר בהנהגת הקבצות על בסיס יכולת בבתי הספר, שבהן מועבר לתלמידים המסר שיכולתם קבועה, ובכך מתחילים להטביע בהם את האמונות המזיקות של תבנית חשיבה מקובעת, שהמחקר הראה כי הן פוגמות בהזדמנויות הלמידה של התלמידים לאורך כל חייהם (Boaler, 2005; Dweck, 2006a).

**פיתוח בתי ספר בעלי תבנית חשיבה של צמיחה**

במהלך השנים האחרונות עבדתי במידה נרחבת עם בתי ספר, מורים ומחוזות בארה"ב כדי לסייע למורים להעביר לתלמידים מסרים להגדלת תבנית חשיבה, וללמד דרכי פעולה המאפשרות לתלמידים לפתח תבניות חשיבה לצמיחה. עבודה זו החלה לאחר שקיימתי שיחות עם מנהלים של בתי ספר שסיפרו לי כי המורים בבתי הספר שלהם קראו כולם את ספרה של דווק והבינו לגמרי את הרעיונות שבו, אך לא ידעו מה משמעותם לגבי הוראת המקצוע שהם לימדו. עבדתי במיוחד, אף שלא באופן בלעדי, בתחום המתמטיקה, המקצוע שבו מועברים דרכי החשיבה והמסרים החזקים ביותר על יכולת מקובעת (Boaler, 2010).

המודעות שהיכולת היא גמישה וכי על התלמידים לפתח תבניות חשיבה של צמיחה פרודוקטיבית היא בעלת השלכות עמוקות על ההוראה. מורים ובתי ספר מעבירים לתלמידים מסרים בלתי פוסקים לגבי יכולתם וכושר הלמידה שלהם (Marks, 2013, pp. 29-42) באמצעות דרכי הפעולה והשיחות שהם מנהלים עם התלמידים. מחויבות אמיתית להעברת מסרים להגדלת תבנית חשיבה דורשת כנראה בחינה של כל היבטי ההוראה. אפילו המטלות שהמורים בוחרים לתת לתלמידים מהוות הזדמנויות שונות להעברת מסרים לתלמידים. במתמטיקה, למשל, אם התלמידים מקבלים שאלות קצרות הדורשות פיתרונות בחירה בסגנון נכון או לא נכון, והם טועים תכופות בפיתרונות, יקשה עליהם לחשוב שאפשר להגיע להישגים גדולים אם רק משקיעים מאמץ. כשהמטלות פתוחות יותר ומציעות הזדמנויות ללמידה, התלמידים מסוגלים לראות את האפשרות להגיע להישגים גבוהים ולהגיב להזדמנויות הללו כדי להשתפר. שינוי זה מתיישב עם עבודה אחרת בנושא הערכה מעצבת (Black & Wiliam, 1998).

הדיאגראמה הבאה מציגה את תחומי ההוראה שבהם התרכזתי בעבודתי עם מורים בארה"ב. בהמשך המאמר אדון בשניים מהם – הקבצות על פי יכולת וטעויות.

**תרשים 1. היבטים של הוראה בכיתה שמעבירים מסרים של תבנית חשיבה**

**מסרים**

מטלות ציונים ומשובים

שאלות שנשאלות טעויות

**מסרים** תבנית חשיבה **מסרים**

+

מתמטיקה

הצבת נורמות הקבצות

**מסרים**

**הקבצה על בסיס יכולת**

בארה"ב, התופעה של הקבצה על בסיס יכולת אינה נפוצה או חמורה כמו באנגליה. נדיר שבבתי ספר יסודי מחלקים את התלמידים לפי יכולתם, ורבים מהמורים בבתי הספר היסודיים מתנגדים נחרצות לרעיון של תיוג תלמידים באמצעות הוראתם, בייחוד בגילאים הצעירים. בארה"ב, הרעיון של הצבת תלמידים בקבוצות שונות ללימודי המתמטיקה בשנים הראשונות של בית הספר, כפי שהדבר שכיח באנגליה (Blatchford et al., 2008), מתקבל בהבעת הלם. הזמן הרגיל יותר להקבצת תלמידים על פי יכולתם ולומר להם שרמתם היא ממוצעת, או מעל הממוצע או מתחתיו, הוא כיתה ז'. עם זאת, בכל מקום שבו מונהגת הקבצה על פי יכולת – בין אם נאמר לתלמידים על ההקבצה והשלכותיה ובין אם לא – משתנות האמונות של התלמידים לגבי הפוטנציאל שלהם בתגובה לסוג הקבוצה שבה הם מוצבים. בחלק מבתי הספר דוגלים בהשקפה ששמות בלתי מזיקים לקבוצות שונות, כגון אדום וכחול, עשויים להסוות את המשמעות של הקבוצות בעיני התלמידים. בבית ספר יסודי אחד באנגליה שבו הציבו תלמידים בקבוצות שונות ללימודי המתמטיקה בשנה הראשונה, אחד התלמידים אמר לי בפשטות 'כל התלמידים החכמים הלכו עכשיו לכיתה אחרת' (Boaler, 2010). תלמידים מודעים היטב לנוהג של הקבצות לפי יכולת בכל גיל שבו זה קורה, והם מקבלים מהן מסר ברור מאד – שחלק מהתלמידים חכמים וחלק לא.

דווק מצאה שמסרים של תבנית חשיבה מקובעת שכיחים בקרב תלמידים לאורך כל טווח ההישגים, וחלק מהתלמידים שנפגעים במידה הרבה ביותר מאמונות על יכולת קבועה הם נערות הישגיות (Dweck, 2006a, b). תלמידות כאלה קיבלו לרוב שבחים על מטלות הלימוד שלהן מגיל צעיר, שבחים שדווק הוכיחה כי הם מזיקים וממקדים את תשומת הלב ברעיון של היותן פקחיות או חכמות. תבנית החשיבה המקובעת של שבחים היא בעייתית, מפני שברגע שהתלמידות נכשלות במטלה כלשהי הן מסיקות שהן בעצם לא חכמות אחרי הכול. התפיסה של יכולת מקובעת מזיקה לכל התלמידים; היא מועברת באמצעות הנוהג של הקבצה על בסיס יכולת, גם כאשר המסר המועבר הוא שחברי הקבוצה הם חכמים. בנות הישגיות המוצבות לרוב בהקבצה עליונה למקצוע מסוים או של כיתה שלמה, סובלות תכופות מהרעיון שהן חכמות ומהצורך לשמר את הדימוי שהן חכמות, דבר המוביל לפחד מאתגרים ולאי יכולת להתמודד עם כישלון (Boaler, 1997). באחד המחקרים של דווק שבו החוקרים נתנו מטלה מאתגרת לתלמידים בכיתה ה', הם מצאו שהבנות חוו קושי גדול יותר כשהגיעו לציונים גבוהים בבחינות IQ, ואילו בקרב הבנים ההיפך היה הנכון. במחקר אחר מצאו דווק ועמיתיה שהבדלים מגדריים בביצועים מתמטיים התקיימו רק בקרב תלמידים שתבנית החשיבה שלהם הייתה מקובעת. המחקרים הללו מעידים כי בנות במיוחד ניזוקות ממסרים של יכולת מקובעת, שמהם משתמע כי חלק מהתלמידים חכמים וחלק לא, דבר התורם למספרים הנמוכים של נשים הממשיכות בלימודי המתמטיקה והמדעים (Dweck, 2006b).

מחקרים רבים על ההשפעה של הקבצות על פי יכולות שונות הוכיחו, שכאשר בית הספר זונח את ההקבצות הללו ועובר לקבוצות הטרוגניות, ההישגים וההשתתפות בכיתה משתפרים באופן משמעותי. בארה"ב למשל, בוריס ואחרים (Burris et al., 2006) ערכו השוואה בין שש קבוצות שנתיות של תלמידי חטיבת הביניים במחוז ניו יורק. בשלוש השנים הראשונות של המחקר, התלמידים למדו בהקבצות של כיתות, כאשר רק תלמידי ההקבצה הגבוהה למדו לפי תכנית לימודים מתקדמת. בשלוש השנים שלאחר מכן, כל התלמידים בכיתות ז' עד ט' למדו בכיתות הטרוגניות לפי תכנית הלימודים המתקדמת, וכל התלמידים בכיתות ט' למדו קורס באלגברה מואצת. החוקרים בחנו את ההשפעה של ההתנסויות השונות הללו בחטיבות הביניים השונות על הישגי התלמידים ועל סיום הקורסים בלימודי התיכון שלהם, באמצעות ארבעה מדדי הישגים, לרבות ציונים בבחינות לחשבון דיפרנציאלי ואינטגראלי בכיתות יב'. הם גילו שהתלמידים מהכיתות ללא הקבצות למדו בשיעורים מתקדמים יותר, ציוני העובר שלהם היו גבוהים יותר במידה משמעותית, והם עברו את הבחינות שנה מוקדם יותר מהממוצע במדינת ניו יורק. ההצלחה המוגברת מהיעדר הקבצות חלה על תלמידים לאורך כל טווח ההישגים – מהתלמידים בעלי ההישגים הנמוכים ביותר עד לבעלי ההישגים הגבוהים ביותר.

באנגליה עקבו החוקרים אחרי 14,000 ילדים בגילאים 4 עד 6, והשוו את התלמידים שלמדו בהקבצות למקצוע מסוים עם אלה שלמדו בקבוצות הטרוגניות במשך תקופה של שנה. הם מצאו שההקבצות למקצוע מסוים חיבלו בהתקדמות של התלמידים, וכי אלה שלמדו בכיתות הטרוגניות הפגינו ביצועים טובים יותר במידה משמעותית בבחינות לבדיקת חשיבה מתמטית (Nunes et al, 2009). בבריטניה, אלכסנדר (2010) בחן את ההשפעה של הקבצה על פי יכולת, והסיק כי 'ההוכחות מצביעות על כך שאין השפעות קבועות מהקבצה מובנית על פי יכולת, כגון הקבצה למקצוע מסוים, על ההישגים, אף שההקבצה עלולה להשפיע לרעה על חלק מהתלמידים מבחינה חברתית ואישית (עמוד 290). החוקרים שערכו את אחד הסקרים שהוזמנו על ידי אלכסנדר וצוותו, זיהו שמורים בכירים בוחרים לערוך הקבצה לילדים על פי יכולת, משום שהם סבורים שיוכלו להציע להם תרגול מתאים יותר כשהם בקבוצות כאלה. אולם סקר זה העלה 'שהקצאת תלמידים לקבוצות היא עניין שרירותי במידת מה ולרוב תלוי בגורמים שאינם קשורים להישגים'; כמו כן נמצא שלמרות העובדה שמורים סבורים כי הם נותנים לילדים בקבוצות הנמוכות תרגול מתאים יותר, 'ההוכחות מצביעות על כך שתלמידים רבים סבורים כי המטלות הניתנות להם אינן מתאימות, ולרוב הן קלות מדי (Blatchford et al, 2008, pp. 27-28).

בנוסף למחקרים העוקבים אחרי קבוצות גדולות של תלמידים באמצעות כיתות בנות הקבצות שונות, מחקרים מפורטים יותר על תלמידים שלומדים בבתי ספר בהקבצות למקצוע מסוים ובקבוצות הטרוגניות, העלו שהקבצות על פי יכולת מפחיתות הישגי תלמידים בדרך כלל. דבר זה מתרחש באמצעות שני תהליכים – הגבלת ההזדמנויות להצלחה על ידי הוראת תוכן ברמה גבוהה רק לחלק מהתלמידים (Porter & Associates, 1994), והעברת מסר מרפה ידיים לתלמידים, לפיו רק חלק מהתלמידים הם בעלי הישגים גבוהים וכי היכולת היא קבועה (Boaler et al, 2000, 2005). בולר ערכה מחקרים אורכיים על תלמידים שהתקדמו דרך בתי ספר שהיו בהם הסדרי הקבצות מנוגדים, הן בבריטניה והן בארה"ב (ראו Boaler, 2010). באנגליה עקבה בולר אחרי 500 תלמידים בשני בתי ספר במשך שלוש שנים, ובארה"ב, בקליפורניה, היא עקבה אחרי 700 תלמידים בשלושה בתי ספר במשך ארבע שנים. בשני המחקרים התלמידים שלמדו בקבוצות של בעלי יכולות שונות הפגינו ביצועים ברמות גבוהות יותר בדרך כלל מאשר אלו שלמדו בהקבצות למקצוע מסוים או בהקבצות של כיתות שלמות. בתי הספר שבהם לימדו קבוצות תלמידים בעלי יכולות שונות גם השיגו תוצאות שוויוניות יותר. במחקר מעקב אחרי התלמידים שלמדו בבתי הספר השונים באנגליה כעבור כשמונה שנים, התברר כי המבוגרים שלמדו בבית ספר שהנהיג הקבצות על פי יכולת השיגו פחות משרות מקצועיות, והמבוגרים שרואיינו קישרו את המגבלות בסיכויי העבודה שלהם להקבצות על פי יכולת בבית הספר (Boaler, 2005).

לינצ'בסקי וקוצ'ר (Linchevski and Kutscher 1998) ערכו שני מחקרים שונים בישראל וחקרו את ההשפעה של הקבצות על הישגי תלמידים. הם מצאו שתלמידים ברמת הישגים ממוצעת ומטה הגיעו לרמות גבוהות יותר כשלמדו בכיתות הטרוגניות, ואילו בעלי ההישגים הגבוהים הגיעו לאותה רמה כמו אלו בכיתות של בעלי יכולת שווה. ממצא זה – של תלמידים בעלי הישגים גבוהים דומים בכיתות הומוגניות או הטרוגניות, ותלמידים בעלי הישגים נמוכים וממוצעים שהגיעו לרמות גבוהות יותר בכיתות הטרוגניות – דווח במחקרים שונים (Slavin, 1990; Hallam & Toutounji, 1996).

משקל ההוכחות מארצות ברחבי העולם מעיד שהקבצה על פי יכולת מזיקה להישגי תלמידים בהקבצות הנמוכות והאמצעיות, ואינה משפרת את הישגיהם של תלמידים בעלי הישגים גבוהים (Boaler, 2013). למרות הוכחות אלה, הקבצה על בסיס יכולת ממשיכה להיות נפוצה בארצות מסוימות – בייחוד באנגליה ובארה"ב. הקבצה על פי יכולת כדרך פעולה נסמכת על אמונות של תבנית חשיבה מקובעת. היא מתבצעת על ידי בתי ספר ומורים שבעצמם מחזיקים באמונות מקובעות אודות למידה ופוטנציאל, והיא מעבירה לתלמידים אמונות מזיקות בדבר יכולת קבועה. עם זאת, בדרך שבה מנהיגים בבתי הספר הקבצות תלמידים, קשה למורים יחידים להשתנות, גם לאלה המודעים להשפעה השלילית של הקבצות על פי יכולת, והמחויבים להנהיג דרכי פעולה והעברת מסרים להגדלת תבנית חשיבה. שינויים כאלה דורשים מנהיגות חיובית מממשלות, מרשויות מקומיות, ממורים בכירים ומראשי מחלקות. בהיעדר מנהיגות כזאת, ואם ימשיכו בתי הספר להנהיג הקבצת תלמידים על בסיס תפיסות מקובעות לגבי יכולת, סביר להניח שיימשכו התת-הישגיות וההשתתפות הנמוכה בכיתה (Dweck, 2006b; Vorderman et al. 2011).

**טעויות ומתמטיקה**

היבט חשוב ורב עוצמה של נוהג מורים נוגע לדרכים שבהן הם מתייחסים לטעויות במתמטיקה בכיתות. המחקר הראה שטעויות הן הזדמנויות חשובות ללמידה ולצמיחה, אולם בדרך כלל תלמידים מתייחסים לטעויות כאינדיקטורים ליכולתם הנמוכה. טעויות, בדומה להקבצה על בסיס יכולת, הן היבטים של למידה שבהם המחקר והפרקטיקה אינם מיישרים קו ביניהם (Steele, 2011). לדעת דווק, בכל פעם שתלמיד טועה בפיתרון במתמטיקה נוצרים במוחו אזורי מפגש חדשים בין תאי עצב (2012). כאשר התלמידים חושבים על הסיבות לשגיאה, נוצרים קשרים חדשים של אזורי מפגש בין תאי עצב שגורמים למוח להתחזק. עובדה מדעית קטנה זו היא בעלת השלכות עמוקות על הוראה ולמידה. עולה ממנה כי על התלמידים והמורים להעריך טעויות ולשנות את התייחסותם אליהן מכישלונות בלמידה להישגים בלמידה. השכיחות של תבנית חשיבה מקובעת גרמה לכך שתלמידים רוצים הזדמנויות להפקת דפים שלמים של פיתרונות מתמטיים נכונים בכיתות. אבל כפי שאני מסבירה למורים, אם התלמידים רק מפיקים פיתרונות נכונים, כי אז מוחותיהם אינם מתחזקים והם מחמיצים הזדמנויות להתפתחות. התלמידים זקוקים למטלות מאתגרות שמביאות לטעויות; יש להעריך את הטעויות שלהם כהזדמנויות המאפשרות התפתחות למוח וללמידה.

בעבודתי עם מורים אנחנו מוצאים דרכים להתבונן וללמוד מטעויות בפתרונות מתמטיים בכיתות; הציונים שהמורים נותנים לתלמידים אינם מתבטאים בסימון איקס על טעות, אלא בכוכב זהב או בסמיילי, בצרוף ההערה 'נפלא שטעית; זאת הזדמנות חשובה ללמוד, ואשמח לראות שתחשוב על הטעות'. אנחנו גם צופים יחד במורים יעילים ביותר שמעריכים את הטעויות שהתלמידים עושים ומראים אותם לכל התלמידים, כדי שכולם יחשבו עליהן ויכירו בהן כהזדמנויות חשובות ללמידה.

**מסקנות**

המחקרים בחינוך בתחומי הלמידה והמוח והמחקרים במדע של המוח ומערכת העצבים נצפו יחד בעשור האחרון כדי להפיק מהם ממצאים בעלי חשיבות עליונה לבתי הספר. ממצאים אלה כוללים:

* *הגמישות של המוח*: היכולת והאינטליגנציה גדלים עם מאמץ ותרגול.
* *ה*חשיבות של תבניות החשיבה של התלמידים ללמידה: כשהתלמידים מאמינים

שהיכולת של כולם יכולה לגדול, הישגיהם משתפרים במידה משמעותית.

* *החשיבות של תבניות החשיבה של המורים להוראה:* כשהמורים מאמינים

שהיכולת של כולם יכולה לגדול, והם מעניקים לכל התלמידים הזדמנויות להגיע לרמות גבוהות, התלמידים מגיעים להישגים ברמות גבוהות.

* *ההשפעות של הקבצה על בסיס יכולת בכל צורותיה השונות*: דרכי הפעולה הללו

של הקבצות מעבירות לתלמידים אמונות מזיקות אודות תבנית חשיבה מקובעת.

הממצאים הללו הם הבסיס של 'מהפכת תבנית החשיבה', המשפט האופטימי המופיע בראש מאמר זה. עם זאת, יש לומר שקשה מאד לשנות אמונות תרבותיות מושרשות ומעוררות מחלקות לגבי למידה ולגבי המשמעות של להיות 'חכם'. מסיבה זו ההתקדמות לעבר הישגים גבוהים יותר של כל התלמידים הייתה אטית מאד בארצות מסוימות. ואולם, לא ניתן עוד להתעלם מהממצאים שהוצגו כאן בקצרה, ואשר נתמכים בהוכחות מדעיות שנאספו במשך עשור; עליהם לעמוד במרכזה של כל יוזמה לשיפור בבתי הספר.

אמונות של תבנית חשיבה מקובעת תורמות לאי-שוויון בחינוך, מפני שהן מזיקות במיוחד לתלמידים בני מיעוטים ולבנות; הן גם תורמות להשתתפות נמוכה בכיתה ולהישגים נמוכים בדרך כלל. על בתי הספר לעודד את הגדלת תבנית החשיבה כעניין בעל דחיפות. העידוד לתרבות של צמיחה בתבנית החשיבה ידרוש מבתי הספר לעבור לדרכי פעולה של חלוקה לקבוצות שאינן מתייגות תלמידים או מעבירות להם מסרים שליליים, ולגישות הוראה שמעריכות את המאבקים המחשבתיים ואת דרכי הלימוד השונות של כל התלמידים.

**הערות**

[1]http:www.mindsetworks.com

**אזכורים**

Alexander, R (Ed.) (2010) *Children, their World, their Education Final Report and Recommendations of the Cambridge Primary Review*. London: Routledge.

Aronson, J., Fried, C.B. & Good C. (2002) Reducing the Effects of Stereotype Threat on African American College Students by Shaping Theories of Intelligence, *Journal of* *Experimental Social psychology*, 38, 113-125.

<http://dx.doi.org/10.1006/jesp.2001.1491>

Bellock, S. (2011) *Choke: what the secrets of the brain reveal about getting it right when you have to*. New York: Free Press.

Black, P. & Wiliam, D. (1998) Inside the Black Box: raising standards through classroom assessment, *Phi Delta Kappan,* October, 139-148.

Blackwell, L.S., Trzesniewski, K.H. & Dweck, C.S. (2007) Implicit Theories of Intelligence Predict Achievement across an Adolescent Transition: a longitudinal study and an intervention, *Child Development*, 78(1), 246-263.

<http://dx.doi.org/10/1111/j.1467-8624.2007.00995.x>

Blatchford, P., Hallam, S., Kutnick, P. & Creech, A. (2008) *Classes, Groups and Transitions: structures for teaching and learning. Primary Review Research Survey 9/2.* Cambridge: University of Cambridge.

Boaler, J. (1997) When Even the Winners are Losers: evaluating the experiences of 'top set' students, *Journal of Curriculum Studies*, 29(2), 165-182.

<http://dx.doi.org/10.1080/002202797184116>

Boaler, J., William, D., & Brown, M. (2000) Students' experiences of ability grouping – disaffection, poliarization and the construction of failure*, British Educational Research Journal,* 26(5), 631-648. <http://dx.doi.org/10.1080/713651583>

Boaler, J. (2005) The 'Psychological Prison' from which They Never Escaped: the role of ability grouping in reproducing social class enequalities, *FORUM*, 47(2-3), 135-144. <http://dx.doi.org/10.2304/forum.2005.47.2.2>

Boaler, J. (2010) *The Elephant in the Classroom: helping children learn and love maths.* London: Souvenir Press.

Boaler, J. (2013) Ability Grouping in Mathematics Classrooms, in S. Lerman (Ed.) *Encyclopedia of Mathematics Education*, Heidelberg: Springer.

Boaler, J., Wiliam, D. & Brown, M. (2000) Students' Experiences of Ability Grouping – disaffection, polarization and the construction of failure, *British Educational Research Journal*, 26(5), 631-648. <http://dx.doi.org/10.1080/713651583>

Bracey, G (2003) Tracking, by Accident and by Design, *Phi Delta Kappan,* December, 332-333.

Bunge, S & Wallis, Jonathan D. (2007) *Neuroscience of Rule-Guided Behavior*, New York: Oxford University Press.

Burris, C., Heubert, J. & Levin, H. (2006) Accelerating Mathematics Achievement using Heterogeneous Grouping, *American Educational Research Journal*, 43(1), 103-134. <http://dx.doi.org/10.3102/00028312043001105>

Dweck, C.S (2006a) *Mindset: the new psychology of success.* New York: Ballantine Books.

Dweck, C.S. (2006b) is Math a Gift? Beliefs that Put Females at Risk, in S.J. Ceci & W. Williams (Eds) *Why Aren't More Women in Science? Top Researchers Debate the Evidence.* Washington DC: American Psychological Association.

Dweck, C.S. (2012) Personal Communication, Teaching Mathematics for a Growth Mindset workshop, Stanford, CA, July.

Good, C., Aronson, J. & Inzlich, M. (2003) Improving Adolescents Standardized Test Performance: an intervention to reduce the effects of stereotype threat, *Applied Developmental Psychology*, 24, 645-662.

http://dx.doi.org/10.1016/j.appdev.2003.09.002

Hallam, S. & Toutounji, I. (1996) *What Do We Know about the Grouping of Pupils by Ability?* *A Research Review*. London: University of London Institute of Education.

Linchevski, L. & Kutscher, B. (1998) Tell Me With Whom You're Learning and I'll Tell You How Much You've Learned: Mixed-ability versus same-ability grouping in mathematics, *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 533-554.

<http://dx.doi.org/10.2307/749732>

Marks, Rachel (2013) 'The Blue Table Means You Don't Have a Clue': the persistence of fixed-ability thinking and practices in primary mathematics in English Schools, *FORUM*, 55(1), 29-42.

Nunes, T., Bryant, P., Sylva, K. & Barros, R. (2009) *Development of Maths Capabilities and Confidence in Primary School* (Research Report DCSF-RR118). London: Department for Children Schools and Families.

Porter, A.C. & Associates (1994) *Reform of High School Mathematics and Science and Opportunity to Learn*. New Brunswick: Consortium for Policy Research in Education.

Sahlberg (2011*) Finnish Lessons: what can the world learn from educational change in Finland?* (Series on School Reform). New York: Teachers College Press.

Slavin, R.E. (1990) Achievement Effects of Ability Grouping in Secondary Schools: a best evidence synthesis, *Review of Educational Research*, 60(3), 471-499.

Steele, C. (2011) *Whistling Vivaldi: how stereotypes affect us and what we can do*. New York: W.W. Norton & Company.

Stigler, J.W & Hiebertt, J. (1999) *The Teaching Gap*. New York: Free Press.

Vorderman. C. Budd, C., Dunne, R., Hart, M., & Porkess, R. (2011) *A World Class Mathematics Education For All Our Young People.* London: The Conservative Party.

<http://www.tsm-resouces.com/pdf/VordermanMathsReport.pdf>

ג'ו בולר היא פרופסור להוראת מתמטיקה באוניברסיטת סטנפורד. בתפקידיה הקודמים היא כיהנה כמארי קירי פרופסור להוראת מתמטיקה באוניברסיטת סאסקס, ועבדה כמורה למתמטיקה בבתי ספר מקיפים בלונדון וכחוקרת בקינג'ס קולג', בלונדון.

*Correspondence.joboaler@stanford.edu*