

מקור הכישלונות בחינוך המתמטי

מחקרים מוכיחים ששימת דגש על זכירה, שינון ומהירות ביצוע מעכבים למידה מתמטית.

מתוך: * *Why Math Education in the U.S. Doesn't Add Up*

מבחן PISA משווה הישגים מתמטיים של מאות אלפי תלמידים בני 15 מ-65 ארצות, כל שלוש שנים. המבחן של שנת 2012 אסף נתונים נוספים על אופן החשיבה של התלמידים בנושא לימוד המתמטיקה. התובנות ממחקר זה, בשילוב עם ממצאים חשובים במחקר המוח, מגלים אסטרטגיה המאפשרת שיפור חד משמעי בהוראת המתמטיקה.

גישת התלמידים שנבדקה מראה בברור שלוש גישות שונות לנושא. חלק מהתלמידים הסתמכו בעיקר על הזיכרון. התנהגותם מראה, שהם קולטים נושאים חדשים במתמטיקה, על ידי חזרות רבות על אותו סוג של שאלות שוב ושוב ומנסים ללמוד שיטות "בע"פ". אחרים התמודדו עם המושגים החדשים בצורה יותר מעמיקה, כלומר, הם ניסו לייחס אותם לאלה שהם כבר שלטו בהם. הקבוצה השלישית השתמשה בגישה שנקראת ייסות עצמי (self-monitoring approach): הם באופן שיטתי ביצעו הערכה של ידיעותיהם והתמקדו על מושגים שעדיין לא למדו.

התברר, שבכל אחת מהארצות, התלמידים שזכרו בע"פ הגיעו לתוצאות הנמוכות ביותר, ובארצות בהן מספרם היה גבוה נמצאו החלק הגבוה ביותר של התת משגים במבחני PISA. אנליזה נוספת של התוצאות הראתה, שהישגיהם של הזוכרים בע"פ היו בפיגור של כחצי שנה ממשתמשי שתי השיטות האחרות.

באף אחת מהמדינות לא היו הלומדים בע"פ בקבוצה הגבוהה, ובכמה מהארצות עם כלכלה מפותחת, ההבדלים בין הלומדים בע"פ והאחרים היו ניכרים. למשל, בצרפת ויפן תלמידים שהשתמשו באסטרטגית זכירה, נמצאו בפער של מעל שנת לימודים שלמה בהשוואה לחברייהם שהשתמשו בשילוב שתי האסטרטגיות האחרות.

בארצות הברית נמצאו יותר משתמשי הזכירה מאשר בקוריאה, שנחשבה תמיד לדוגמה של שינון. מדוע? כי בתי הספר האמריקאים נוהגים ללמד מתמטיקה כסדרה של צעדים, אותם יש לזכור כדי להשתמש בהם. מורים רבים, שעליהם להתמודד עם רשימות ארוכות של נושאים כדי לעמוד בדרישות של המערכת, מודאגים מכך, שלתלמידים לא יישאר מספיק זמן להבנת הנושאים לעומק. אחרים פשוט מלמדים בדרך שלימדו אותם. רק למעטים יש אפשרות ללמד בדרך שהמחקר מוצא ליעיל ביותר: ללמד מתמטיקה כנושא פתוח, מבוסס על מושגים וחקירה.

כדי לגרום לשינוי, נפתח מרכז חדש באוניברסיטת סטנפורד בשנת 2014 בשם Youcubed. מטרת המרכז להעביר למורים, לאנשים במקצועות ההוראה, להורים

ותלמידים, שיטות מבוססות על ניסיון חיובי בדוק. לשם כך, עיצבו המתכננים המלצות שלוקחות בחשבון את הדרכים שהמוח שלנו מתמודד עם מושגים מתמטיים מורכבים. הם משתפים בשיעורים ומשימות, במקביל עם תחום רחב של יעוץ. זה כולל את הדגשת החשיבות של עידוד פיתוח החשיבה – כולל מסרים כמו "טעויות מפתחות את מוחך" ו-"אני מאמין שאתה מסוגל ללמוד כל דבר".

הבסיס שדרוש לכל לומדי המתמטיקה היא תחושת המספר – כלומר הכרות המאפשרת להשתמש במספר בזריזות, בגמישות ובאופן יצירתי. סרט וידיאו קצר, בשפות אנגלית וספרדית, על מהות תחושת המספר, ניתן למצוא בכתובת:

<https://www.youcubed.org/what-is-number-sense/>

ילד עם תחושת מספר יתמודד עם השאלה 9X19 ע"י מציאת "מספרים ידידותיים יותר" - נגיד 9X20 - ואז יוריד 9. תלמיד ללא תחושת מספר יגיע לתוצאה רק ע"י שימוש בכלל מתמטי. על-מנת לבנות תחושת מספר, התלמיד זקוק להזדמנויות לגשת למספר בדרכים שונות. לראות ולהשתמש במספרים באופן חזותי ולשחק באסטרטגיות שונות, כדי למצוא את הקשרים ביניהם. לרוע המזל, ברוב הכיתות בבית הספר היסודי מכריחים את התלמידים ללמוד בע"פ לוחות כפל ועובדות יסוד אחרות, לעתים קרובות בלחץ זמן, דבר, שלפי המחקרים יכול להוביל לפחד ממתמטיקה ובנוסף יכול גם לעכב התפתחות של תחושת המספר.

בשנת 2005 חוקרים מאוסטריה חקרו ע"י מעקב ב-fMRI דרכי חשיבה של תלמידים שלמדו עובדות יסוד מתמטיות בשתי דרכים שונות: מחלקם ביקשו לזכור, מאחרים לברר לעצמם בדרכים שונות. בבדיקה גילו, שבזמן הלימוד בשתי הגישות השונות המוח של התלמידים השתמש בשני ערוצים שונים לחלוטין. המחקר גם הוכיח, שתלמידים שלא למדו את עובדות היסוד בע"פ, הפגינו יותר ביטחון בעת השימוש בהם והיו גם יותר מיומנים בשימושן. לזכור כמה מהעובדות רצוי, אבל מסקנות החוקרים היו ברורות: את השליטה האוטומטית בעובדות מתמטיות יש להשיג ע"י "הבנת הקשרים המספריים שהם מבוססים עליהם".

עדויות נוספות מראות, שתלמידים רוכשים הבנה עמוקה יותר, אם החומר מוגש להם בצורה ויזואלית – למשל, תרגילי הכפל מוגשים כמלבנים או פונקציות ריבועיות כתבניות בהתפתחות. כשאנחנו חושבים על סמלים או מספרים, או משתמשים בהם, אנחנו מפעילים מסלולים שונים של המוח מאשר במצבים שאנחנו מתארים אותם חזותית או כאומדן. בשנת 2012 חוקרים הראו, שאנשים ששלטו היטב בפתרון תרגילי חיסור – פעולה שנחשבת יותר קשה מחיבור – הפעילו לא רק מסלול מוחי אחד, כדי לפתור אותם. שנה אחר-כך פסיכולוגים אחרים מצאו, שתלמידים יכולים לשפר את יעילותם המתמטית ע"י אימון בהערכת מספרים.

מחקרי מוח מצביעים על דרך עבודה נוספת שגורמת לילדים רבים להיכשל במתמטיקה. בכיתות רבות רואים את המהירות כמדד לכישרון, ובוחנים אפילו את הילדים הצעירים ביותר נגד השעון, וזה למרות שהמחקרים מראים שהילדים מעבדים עובדות מתמטיות בזיכרון

העבודה – אזור של המוח שמתנתק תחת לחץ. מבחנים מוגבלים בזמן מחלישים את זיכרון העבודה אצל תלמידים מכל רקע ורמת לימודים, ויש להם חלק בהתפתחות הפחד ממתמטיקה, ותופעה זו בולטת במיוחד אצל הבנות. לפי כמה הערכות, לא פחות משליש מכלל התלמידים סובל מפחד מתמטיקה.

האירוניה של שימת הדגש על המהירות היא בכך, שכמה מהמתמטיקאים המובילים בעולם אינם מהירים בחישובים. אחד מזוכי הפרס הגדול ביותר שניתן למתמטיקאים – לאורנט שוורץ – כותב באוטוביוגרפיה שלו, שכילד הוא היה חושב באטיות ולכן חשב את עצמו לטיפש, ורק יותר מאוחר הבין ש"הדבר החשוב הוא להבין את הדברים לעומק ואת היחסים ביניהם. בכך מתבטא האינטליגנציה. למהירות אין משמעות."

יותר מדי ילדים בעלי חשיבה איטית ועמוקה נאלצים להפנות גב למתמטיקה כבר בהתחלת לימודיהם בגלל מבחנים מוגבלים בזמן ובגלל הוראה מבוססת על שינון. אבל, אם בכיתות יתחילו להגיש את המתמטיקה כנושא לגילוי חזותי, יצירתי, המלווה במסרים על התפתחות המוח, יותר תלמידים יגלו את היופי האמיתי של המתמטיקה. ציוני ה-PISA יעלו, והדבר היותר חשוב, היכולת המתמטית הבלתי מוגבלת של התלמידים תזכה לניצול יותר יעיל לטובת החברה כולה.

*Why Math Education in the U.S. Doesn't Add Up

Jo Boaler, Pablo Zoido

Scientific American, Nov 1, 2016