

הוראה מפורשת של ידע מטא-אסטרטגי באמצעות חקר עולמונים (microworlds) והשפעתה על התפתחות החשיבה המדעית של תלמידים בעלי הישגים גבוהים ונמוכים

ענת זוהר

האוניברסיטה העברית ירושלים
msazohar@mscc.huji.ac.il

ברכה פלד

האוניברסיטה העברית ירושלים
brachap@beitberl.ac.il

The Effects of Explicit Teaching of Metastrategic Knowledge Using Microworlds on Low and High Achieving Students

Bracha Peled

The Hebrew University of Jerusalem

Anat Zohar

Abstract

A main goal of the present study was to determine the effect of an intervention that focuses on explicit teaching of metastrategic knowledge (MSK) using microworlds on the cognitive ability of students who manifest various levels of academic achievement (high and low) to control variables. Zohar (2004) defines MSK as explicit knowledge about cognitive procedures that include high order thinking strategies and skills, for instance: the ability to categorize, the ability to determine and analyze causal relationships, the ability to control variables, and so on.

MSK includes the ability to verbalize thinking patterns as well as the conceptual structures that are employed while thinking. This knowledge contains an awareness of the type of strategy that is used while thinking, including knowledge pertaining to when, why and how it is appropriate to use the strategy.

From the procedural point of view, controlling variables is a strategy for conducting experiments in which one factor is changed while all the others remain fixed. In addition, the strategy includes the ability to differentiate between experiments in which variables are controlled and experiments in which variables are not controlled, and the ability to make inferences from controlled experiments and the inability to make inferences from non-controlled experiments.

In order to examine the influence of explicit teaching, a treatment/experimental framework was devised, employing a sample of 41 students who were categorized into two groups according to their academic achievements in arithmetic, Hebrew and the sciences. The first group consisted of students with high academic achievements (HA) and the second of students with low academic achievements (LA). The HA and LA students were categorized randomly into two groups: The treatment group: The students in this group received explicit teaching regarding to controlling variables.

The comparison group: the students in this group were taught about seed germination. Accordingly, in order to track the changes in the students' thinking, we used a microworld, namely, a simulation of a natural

phenomenon that includes several variables that affect the outcome. The microworld is described in a framework story which contains a problem that has to be investigated. The principal aim of the microworld investigation is the development of inductive scientific thinking.

In this study, the emphasis was placed on a combination of diverse methods for analyzing data: a combination of qualitative and quantitative methods. These findings indicate that the intervention program, was responsible for enhancing the improvement in the strategic and meta-strategic abilities of the students in the treatment group that received explicit teaching. The results of the present study furnish proof that explicit teaching of MSK, which includes providing opportunities individual guided experiments, is an effective means of teaching thinking to LA students.

Keywords: metacognitive, metastrategic knowledge, controlling variables, microworlds, high academic achievements, low academic achievements.

תקציר

מטרת המחקר לבחון את השפעתה של תוכנית התערבות המתמקדת בהוראה מפורשת של ידע מטא-אסטרטגי באמצעות חקר עולמונים (microworlds), על יכולתם של תלמידים בעלי הישגים לימודיים שונים (גבוהים ונמוכים) לבדוד משתנים. זוהר (2004), מגדירה ידע מטא-אסטרטגי כידע מפורש אודות פרוצדורות קוגניטיביות הכוללות אסטרטגיות ומיומנויות חשיבה גבוהות, לדוגמה: היכולת לסווג, היכולת לבצע בקרה על משתנים ועוד. ידע זה כולל מודעות לסוג האסטרטגיה שמתמשים בה במהלך החשיבה וידע לגבי השאלות מתי, מדוע וכיצד ראוי להשתמש באסטרטגיה.

מבחינה פרוצדורלית, בידוד משתנים הוא אסטרטגיה לעריכת ניסויים בהם משנים גורם אחד וכל שאר הגורמים נשארים קבועים. בנוסף לכך כוללת האסטרטגיה את היכולת להסיק היסקים מניסויים מבוקרים ואי היכולת להסיק היסקים מניסויים לא מבוקרים.

המדגם כלל 41 תלמידים שסווגו ל-4 תת קבוצות על פי הישגיהם האקדמיים: ניסוי הישגים גבוהים, ניסוי הישגים נמוכים, בקורת הישגים גבוהים, בקורת הישגים נמוכים. כל תלמיד השתתף ב-7 מפגשים אינדיבידואליים ו-2 מפגשי הוראה קבוצתיים. במהלך ההוראה השתמשנו בעולמון (microword) שהוא סימולציה של תופעת טבע הכוללת כמה משתנים אשר משפיעים על תוצאה.

היכולת האסטרטגית הוערכה על ידי ראיונות שהתקיימו במהלך חקר העולמונים, והיכולת המטא-אסטרטגית הוערכה על ידי שאלות מפורשות אודות תהליך החקירה של העולמונים.

הנתונים נאספו לפני ההתערבות, במהלך ההתערבות, שבועיים לאחר ההתערבות ושלושה חודשים מאוחר יותר. הנתונים נותחו בשיטות איכותיות וכמותיות. הממצאים מצביעים על הבדלים מובהקים בין שתי קבוצות המחקר ביכולת האסטרטגית והמטא-אסטרטגית. הישגיהם של התלמידים בעלי ההישגים הנמוכים בקבוצת הניסוי השתפרו באופן דרמטי. הממצאים מוכיחים, שהוראה מפורשת של ידע מטא-אסטרטגי באמצעות חקר עולמונים (microworlds) המלווים בהנחיה, היא אמצעי חינוכי בעל עצמה אשר יכול לקדם את חשיבתם של תלמידים בכלל ותלמידים בעלי הישגים נמוכים בפרט.

מילות מפתח: מטא-קוגניציה, ידע מטא-אסטרטגי, בידוד משתנים, עולמונים, תלמידים בעלי הישגים גבוהים ונמוכים.

סקירת ספרות

אחת ממטרות החינוך בעולם המערבי היא להקנות ללומדים מיומנויות חשיבה מסדר גבוה. מטרה זו הפכה למוקד ההוראה במערכות חינוך רבות, מאחר והיתה אכזבה מההוראה המסורתית שתמקדה בשינון ידע ובתרגול אלגוריתמים לפתרון בעיות. בסקר רחב שערכה הרשות האמריקאית למחקר ולהערכה (National Assessment of Educational Progress) במשך שני עשורים אודות הישגי הלמידה בבית הספר מלמד, כי תכניות הלימודים ושיטות ההוראה מקנות בהצלחה עובדות ומיומנויות שינון, אולם רוב התלמידים נכשלים ברכישת מיומנויות הסקה ולמידה גבוהות יותר.

ידע מטא-אסטרטגי, הוראה, למידה והקשר ביניהם

זוהר (Zohar, 2004) מגדירה את המושג ידע מטא אסטרטגי כידע כללי ומפורש אודות ההליכים הקוגניטיביים בהם משתמשים. ההליכים הקוגניטיביים אליהם אנו מתייחסים מורכבים ממיומנויות ומאסטרטגיות חשיבה מסדר גבוה. דוגמאות לכך הן היכולת למיין ולסווג, יכולת לקבוע ולנתח קשרי-גומלין מהותיים, יכולת לבנות טיעון טוב, יכולת לנסח שאלות מחקר, לבחון השערות, להסיק מסקנות תקפות או היכולת לבקר משתנים. בהתאם לכך רוב האסטרטגיות המסורתיות של חשיבת-חקר נכללות בתוך הליכים קוגניטיביים אלה. הידע המטא קוגניטיבי הכרוך בכך הוא מודעות מפורשת לסוג ההליך הקוגניטיבי בו משתמשים במקרים מסוימים, וכולל את היכולות הבאות: יצירת הכללות וקביעת חוקים ביחס לאסטרטגיות חשיבה, שיום (מתן שם) אסטרטגיות החשיבה, הסבר מתי, מדוע ואיך יש להשתמש באסטרטגיית חשיבה כזו, מתי אין להשתמש בה, מהם החסרונות של אי-שימוש באסטרטגיות הולמות ואילו מאפייני משימה מזמנים את השימוש באסטרטגיה.

ידע מטא אסטרטגי כולל **מודעות מפורשת** לסוג ההליכים הקוגניטיביים בהם משתמשים במקרה מסוים, בכיתה (ובמקומות אחרים) (Zohar, 2004). זוהר (שם) סבורה כי ניתן לתווך ידע מטא אסטרטגי באמצעות שפה, על-ידי **שיום** אסטרטגיית החשיבה; על ידי **דיון** בשאלות מתי, למה וכיצד יש להשתמש באסטרטגיה, וכן דיון על מאפייני משימה המזמנים שימוש באסטרטגיה ומתי אין להשתמש בה (Zohar, 2004). מהם המאפיינים של הידע המטא אסטרטגי בהקשר של הוראה ולמידה בבית הספר?

1. יש לו מרכיב לשוני בולט, כך שניתן לנסח אותו במילים.
2. חייב להיתמך על ידי ניסיון. מתן הזדמנויות להתנסויות מעשיות. ההתנסויות תהינה מורכבות מבעיות ספציפיות, תלויות הקשר, שידרשו מהלומדים להשתמש באסטרטגיית החשיבה הרלוונטית.
3. הוראת ידע מטא אסטרטגי יכולה להתרחש בתהליך אינדוקטיבי או דדוקטיבי. ההוראה חייבת לכלול דיון מפורש באלמנטים המופשטים והכלליים של הידע המטא אסטרטגי, במטרה לבנות כללים ברורים לגבי שימוש מושכל באסטרטגיית החשיבה אותה מקנים.

יכולת אסטרטגית היא היכולת להשתמש באסטרטגיות החקירה וההיסק המובילות למסקנות תקפות. **יכולת מטא אסטרטגית** כוללת הבנת ערכה של האסטרטגיה וגם של המגבלות שלה. במונחים מעשיים הכוונה היא לדעת איך, מתי ומדוע יש להשתמש באסטרטגיה. ההבחנה בין היכולת האסטרטגית ליכולת המטא אסטרטגית היא האבחנה שבין הידיעה איך להשתמש באסטרטגיה לבין הבנת המשמעות שלה (Kuhn, 2001).

התפתחות החשיבה המדעית באמצעות חקר עולמונים

לחקר עולמונים יש מספר יתרונות לפיתוח החשיבה של התלמיד, ראשית שיטה זו מאפשרת לתלמיד לבצע חקירה עצמאית ופתוחה, שנית, קיים מפתח מפורט לניתוח איכותי הבודק את תקפותם של ההיסקים ומאפשר הערכת ביצועים תקפה ומהימנה.

במסגרת פרויקט "חשיבה במדע" (זוהר ווינברגר, 1997) פותחה יחידת לימוד בשם "חקר עולמונים". ההוראה התמקדה בהוראת אסטרטגיית החשיבה בידוד משתנים, במטרה לסייע בקידום יכולתם של תלמידים להסיק מסקנות מדעיות. במסגרת יחידת לימוד זו פותחו חמישה עולמונים

המתייחסים לנושאים שונים מתוך תכנית הלימודים להוראת הביולוגיה בחטיבות הביניים. כל עולמון מורכב ממסד נתונים ממוחשב, שבאמצעותו ניתן לבצע סימולציה של חקר מדעי. החקר המדעי נערך בכמה שלבים עוקבים קבועים מראש: בשלב הראשון תלמידים מתבקשים לקבוע איזה גורם (או גורמים) הם מעוניינים לחקור. לאחר מכן הם מתבקשים לתכנן ניסוי, לבצע אותו באמצעות המחשב ולאסוף את התוצאות שקיבלו ממסד נתונים. לבסוף הם מתבקשים להסיק מסקנות מתוצאות אלה ולנמקן. מטרתן של סימולציות חקר אלה היא לפתח בתלמידים את היכולת לתכנן ולבצע ניסויים מבוקרים תוך שימוש באסטרטגיית החשיבה בידוד משתנים.

השיטה

שאלות המחקר

1. כיצד משפיעה הוראה מפורשת של ידע מטא אסטרטגי באמצעות חקר עולמונים על היכולת האסטרטגית והמטא-אסטרטגית של לומדים בעלי הישגים לימודיים שונים (גבוהים ונמוכים) לבודד משתנים?
2. כיצד משפיעה הוראה מפורשת של ידע מטא אסטרטגי באמצעות חקר עולמונים על יכולת ההעברה והשמור של אסטרטגיית בידוד משתנים?

משתתפים

המחקר נערך בקרב תלמידי כתות ה' שלמדו ב-2 בתי ספר הטרוגניים במרכז הארץ. המדגם כלל 41 תלמידים שסווגו לשתי קבוצות על פי הישגיהם הלימודיים. הסיווג נעשה על פי הישגי התלמידים בשלושה תחומי דעת: חשבון, מדעים ועברית. התלמידים שקיבלו ציון של 80 ומעלה בכל אחד מתחומי הדעת סווגו לקבוצה של בעלי הישגים לימודיים גבוהים, התלמידים שקיבלו ציון של 60 ומטה סווגו לקבוצה של בעלי הישגים לימודיים נמוכים.

מערך המחקר

התלמידים בעלי ההישגים הגבוהים והנמוכים שובצו באופן אקראי לשתי קבוצות: קבוצת הידע המטא-אסטרטגי שמתפתח בעקבות הוראה (להלן קבוצת הניסוי) וקבוצת הידע המטא אסטרטגי שמתפתח ללא הוראה (להלן קבוצת ההשוואה), במערך של 2X2.

התקבלו 4 תת קבוצות: קבוצת הניסוי – 11 תלמידים בעלי הישגים גבוהים ו-10 תלמידים בעלי הישגים נמוכים, וקבוצת ההשוואה – 9 תלמידים בעלי הישגים גבוהים ו-10 תלמידים בעלי הישגים נמוכים.

התלמידים בקבוצת הניסוי קיבלו הוראה מפורשת אודות בידוד משתנים, והזדמנויות לחקור את העולמון "נביטת זרעי אפונה" על מנת לקבוע מהם הגורמים המשפיעים על הנביטה. התלמידים בקבוצת ההשוואה קיבלו הוראה אודות עולם התוכן של נביטת זרעים והזדמנויות לחקור את העולמון "נביטת זרעי אפונה" על מנת לקבוע מהם הגורמים המשפיעים על הנביטה. כל תלמיד השתתף במהלך 10 שבועות ב:

- א. 5 מפגשי הוראה אינדיוידואליים במהלכם ערך ניסויים באמצעות עולמונים שהוצגו על גבי מחשב. כל מפגש נמשך כ-30 דקות.
- ב. 2 מפגשי הוראה בקבוצה הטרוגנית של 4 תלמידים. כל מפגש נמשך 45 דקות.
- ג. מפגש אינדיוידואלי בו נבדקה יכולת ההעברה שבועיים לאחר ההתערבות.
- ד. מפגש אינדיוידואלי בו נבדקה יכולת שמור האסטרטגיה לאחר 3 חודשים.

תוצאות

לבדיקת שאלות המחקר, נעשו ניתוחי שונות עם מדידות חוזרות לגבי הזמן במערך מחקרי של 5X2 (קבוצה X זמן). המטרה בניתוחי השונות היתה לבדוק, האם קיימים הבדלים בין הקבוצות בשינויים שחלו בין המפגשים. על מנת לבדוק האם היו הבדלים בין קבוצת הניסוי לקבוצת ההשוואה ביכולת האסטרטגית והמטא-אסטרטגית לפני תוכנית ההתערבות, נערך מבחן t לבלתי תלויים. בניתוח זה לא נמצאו הבדלים מובהקים לפני תוכנית ההתערבות ($t(39)=0.70, p<0.005$), $t(39)=0.89, p<0.005$.

ממצאי המחקר מצביעים על כך, שהחל מהמפגש הרביעי, עלו הישגי התלמידים בעלי ההישגים הנמוכים בקבוצת הניסוי ($M= 0.47$ $SD= 0.30$) על הישגיהם של התלמידים בעלי ההישגים הנמוכים בקבוצת ההשוואה ($M= 0.31$ $SD= 0.39$) ואף על הישגי התלמידים בעלי ההישגים הגבוהים בקבוצת ההשוואה ($M= 0.31$ $SD= 0.34$). מגמה זו נמשכה לאורך כל מפגשי ההוראה. ממוצע ההיסקים התקפים שהסיקו התלמידים בעלי ההישגים הנמוכים בקבוצת הטיפול לאחר 5 מפגשים היה גבוה יותר (91%) מממוצע ההיסקים התקפים שהסיקו התלמידים בעלי ההישגים הגבוהים והנמוכים בקבוצת ההשוואה (49%-ו-48% בהתאמה).

ניתן להסיק, כי הוראה מפורשת של ידע מטא אסטרטגי אודות בידוד משתנים, היא אמצעי חינוכי בעל עוצמה אשר יכול לקדם את חשיבתם של תלמידים בכלל ותלמידים בעלי הישגים נמוכים בפרט.

דיון

מטרת המחקר לבחון את השפעתה של התערבות המתמקדת בהוראה מפורשת של ידע מטא אסטרטגי, המתווכת באמצעות דיון מילולי, תוך שילוב הזדמנויות מרובות לתרגל את השימוש באסטרטגיית בידוד משתנים באמצעות חקר עולמונים. הממצאים מראים כי התערבות כזאת יעילה בקידום הישגים משמעותיים בחשיבת תלמידים. התלמידים שקיבלו הוראה מפורשת השתמשו באסטרטגיה שנלמדה והצליחו להסיק היסקים תקפים בניסויים שערכו.

היכולת להעביר ידע לבעיות חדשות ולשמר יכולת זו למשך פרקי זמן ארוכים דורשת רמה גבוהה של הבנה. העובדה שההישגים שהשיגו התלמידים בקבוצת הניסוי, נשמרו גם במטלות ההעברה הקרובה והרחוקה, ובמשימות שבדקו את יכולת השמור, מצביעה על כך שהתלמידים שקיבלו הוראה מפורשת פיתחו הבנה, באשר לאופן בו יש לפתור את המשימה בה עסקו במהלך ההתערבות.

בקרב קבוצת הניסוי נמצאו הבדלים בשיפור בהישגיהם של התלמידים בעלי הרמות השונות ואילו בקרב קבוצת ההשוואה לא נמצאו הבדלים. הממצאים מראים כי ביצועיהם של בעלי הישגים לימודיים נמוכים בקבוצת הניסוי השתפרו באופן דרמטי. בנוסף, ממצאי המחקר מצביעים על כך שלתלמידים בעלי ההישגים הנמוכים דרוש זמן רב יותר על מנת להגיע להישגים דומים להישגיהם של התלמידים בעלי ההישגים הגבוהים. לעומת זאת ממצאי המחקר מצביעים על כך שבהעדר הוראה מפורשת לא היה הבדל בשיפור בהישגיהם של תלמידים בעלי רמות למידה שונות. השיפור שהשיגו התלמידים בעלי ההישגים הגבוהים והנמוכים שלא קיבלו הוראה מפורשת, במהלך מפגשי ההוראה, ההעברה והשמור, היה מועט.

מקורות

זוהר, ע', ווינברגר, י' (1997). **חשיבה במדע פעילויות מחשב**. ירושלים: המרכז להוראת המדעים.

Kuhn, D. (2001). Theory of mind, metacognition and reasoning: A life-span perspective. In: H. Hartman (Ed.) *Metacognition in Learning and Instruction*, Netherlands, Kluwer. pp. 301-326.

National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

Zohar, A. (2004). *Higher order thinking in science classrooms: students' learning and teachers' professional development*. Kluwer Academic Publishers.