

TEL AVIV אוניברסיטת
UNIVERSITY תל אביב

בית הספר לחינוך ע"ש חיים וג'ואן קונסטנטינר
החוג לחינוך מיוחד וייעוץ חינוכי
המגמה ללקויות למידה

עבודת גמר לקראת תואר "מוסמך למדעי הרוח" (MA)

למה קשה לי להכפיל?

סוגי לקויות הלמידה שפוגעות בידע של לוח הכפל

מעייין בוגוסלבסקי

בהנחיית ד"ר דרור דותן

ספטמבר, 2022

תקציר

אחת היכולות המתמטיות המרכזיות והחשובות שנלמדות בבית-ספר יסודי היא היכולת לזכור עובדות אריתמטיות, כגון לוח הכפל, ולשלוף אותן ללא שימוש באסטרטגיות חישוב. היכולת הזאת, ספציפית לגבי לוח הכפל, מהווה מוקד קושי משמעותי עבור צעירים ומבוגרים רבים. למרות זאת, עד כה לא נערכה בדיקה שיטתית של הגורמים העומדים בבסיס קושי זה, תוך התייחסות לשונות אפשרית בגורמי הקושי בין בני אדם.

על מנת למצוא את גורמי הקושי ואת לקויות הלמידה העומדים בבסיס קושי בלמידת לוח הכפל, ערכנו אבחון מקיף, ברמה פרטנית, של מקור הקושי המדויק אצל 19 משתתפים בגילאי 45-22 עם קושי משמעותי בזכירת לוח הכפל. כל משתתף ביצע סדרת מטלות כדי לזהות ליקויים קוגניטיביים אפשריים בכמה מנגנונים – זיכרון לטווח ארוך, זיכרון לטווח קצר, זיכרון פעיל, הפרעה פרואקטיבית ובקרת קשב; קשיים רגשיים – חרדה כללית וחרדת מתמטיקה; וקושי על רקע פדגוגי – חוסר למידה מספקת בגיל צעיר. השווינו את התפקוד שלהם למשתתפי ביקורת עם רמת זכירה תקינה של לוח הכפל.

מצאנו כי הקושי בידע לוח הכפל – דיסקלקוליה – הוא תופעה הטרוגנית מאוד. לא נמצא שום גורם יחיד שהסביר את הקושי אצל כל המשתתפים או אפילו אצל רובם. ליקויים קוגניטיביים הסבירו את מקור הקושי אצל 12 משתתפים מתוך ה-19, כאשר כל אחד מהמנגנונים הקוגניטיביים הספציפיים שנבדקו נמצא לקוי אצל 2-8 משתתפים. בנוסף, נמצאו 7 משתתפים עם קושי על רקע פדגוגי, כלומר כאלה שלא השקיעו מספיק בלמידה בגיל צעיר, ומתוכם אצל 3 זה היה ההסבר היחיד לקושי. נמצאו גם 12 משתתפים עם רמות חרדה גבוהות, שעשויות להצביע על קושי על רקע רגשי.

במחקרים קודמים, שניתחו את הגורמים לדיסקלקוליה ברמת קבוצה, קושי בלוח הכפל נקשר לזיכרון לטווח ארוך או לרגישות-יתר להפרעה פרואקטיבית. בניגוד לכך, במחקר הנוכחי, שבדק את המשתתפים ברמה אינדיבידואלית-פרטנית, אף אחד משני הגורמים האלה לא נמצא כגורם קושי משמעותי: נמצאו רק 2 משתתפים עם ליקוי בזיכרון לטווח ארוך, ו-5 משתתפים עם רגישות יתר להפרעה פרואקטיבית.

המחקר מראה שקשיים בחישוב לא נובעים בהכרח מליקוי במנגנונים ספציפיים הקשורים למתמטיקה או למספרים, אלא יכולים להיגרם מליקוי במגוון מנגנונים קוגניטיביים כלליים (domain-general) – זיכרון וקשב. למעשה, ניתן להסביר את הקושי של 18 מתוך 19 המשתתפים בלי להניח ליקוי במנגנונים ספציפיים למתמטיקה.

המחקר גם מדגיש את חשיבות האבחון המדויק של מקור הקושי של כל אדם: גם כאשר לקות למידה נראית לכאורה אחידה, קושי בידע לוח הכפל, היא עשויה לנבוע ממקורות שונים מאוד אצל אנשים שונים. אבחון מדויק של גורמי הקושי הני"ל יאפשר, בשאיפה, להעניק טיפול מתאים לכל ילד שמתקשה בזכירת עובדות הכפל, וללמד אותו בדרך המתאימה לו.

תוכן עניינים

5	1 מבוא	
5	ייצוג עובדות הכפל	1.1
6	גורמים קוגניטיביים שעשויים לפגוע בידע לוח הכפל	1.2
6	ליקוי בזיכרון לטווח ארוך (LTM, Long term memory)	1.2.1
6	קיבולת נמוכה של זיכרון לטווח קצר (STM, Short term memory)	1.2.2
7	קיבולת נמוכה של זיכרון פעיל (WM, Working memory)	1.2.3
7	רגישות יתר להפרעה פרואקטיבית (Proactive interference, PI)	1.2.4
8	יכולת נמוכה של בקרת קשב	1.2.5
9	גורמים רגשיים שעשויים לפגוע בידע של לוח הכפל	1.3
9	חרדת מתמטיקה	1.3.1
9	חרדה כללית	1.3.2
11	2 שיטה	
11	משתתפים	2.1
11	כלים	2.2
11	מבדק עובדות הכפל	2.2.1
11	מבדק לוח הכפל עם תשובה מאולצת	2.2.2
12	שאלון למידת לוח הכפל בבית הספר	2.2.3
12	מטלות לבדיקת ליקוי בזיכרון לטווח ארוך	2.2.4
12	מטלות לבדיקת קיבולת נמוכה של זיכרון לטווח קצר	2.2.5
13	מטלות לבדיקת קיבולת נמוכה של זיכרון פעיל	2.2.6
13	מטלות לבדיקת רגישות יתר להפרעה פרואקטיבית	2.2.7
14	מטלות לבדיקת ליקוי בבקרת קשב	2.2.8
15	שאלונים רגשיים	2.2.9
16	3 תוצאות	
16	ידע עובדות הכפל	3.1
16	תפקוד קבוצת הביקורת	3.1.1
17	תפקוד קבוצת הניסוי	3.1.2
18	יציבות התפקוד בלוח הכפל אצל משתתפים עם קושי	3.1.3
19	מקורות הקושי בלוח הכפל	3.2
20	זיכרון לטווח ארוך	3.2.1
20	זיכרון לטווח קצר (ספרות)	3.2.2
20	זיכרון פעיל	3.2.3
21	רגישות יתר להפרעה פרואקטיבית	3.2.4
21	בקרת קשב	3.2.5
22	חוסר למידה בגיל צעיר	3.2.6
22	ידע חבוי והיבטים רגשיים הקשורים ללוח הכפל – טעויות מסוג "לא יודע"	3.2.7
25	4 דיון	
25	הגורמים השונים לקושי בלוח הכפל	4.1

25	גורמי קושי קוגניטיביים	4.1.1
27	זיכרון פעיל, הפרעה פרואקטיבית ובקרת קשב	4.1.2
27	ידע חבוי וחרדת מתמטיקה	4.1.3
28	גורמי קושי פדגוגיים – חוסר למידה בגיל צעיר	4.1.4
29	ההטרונגיות של קשיים בידע לוח הכפל	4.2
30	ידע לוח הכפל באוכלוסייה	4.3
30	אבחון וטיפול	4.4
32	5 סיכום	
33	נספח א': מבדק עובדות הכפל	
34	נספח ב': שאלון למידת לוח הכפל לקבוצת הניסוי	
35	נספח ג': מטלות שלא נכנסו למחקר	
35	מטלת "מקהלה עליזה"	
37	מטלת "שוב אותה ספרה"	
40	רשימת מקורות	

1 מבוא

מתמטיקה הינה תחום דעת הכולל נושאים מגוונים – עיבוד מספרים, חישוב, עובדות אריתמטיות, פתרון בעיות, גאומטריה וכדומה. למקצוע המתמטיקה חשיבות רבה והוא נלמד החל מגן הילדים ועד לסיום בית הספר התיכון. כמו כן, אנחנו נעזרים במתמטיקה בחיי היום-יום עבור חישוב כספי בקניות, מדידת זמנים, הערכת מרחק או מהירות וכן הלאה.

דיסקלקוליה התפתחותית (DD - Developmental dyscalculia) היא לקות למידה במתמטיקה הכוללת קשיים בעיבוד המספרי, בלמידה וזכירה של עובדות אריתמטיות, בביצוע חישובים מדויקים או בשטף החישוב. קשיים אלה לא מוסברים על ידי הפרעות התפתחותיות, נוירולוגיות, חושיות או מוטוריות, וגורמים להפרעה משמעותית בחיי היום יום, בתעסוקה ובלימודים (American Psychiatric Association, 2013). שכיחותה של דיסקלקוליה באוכלוסייה נעה בין 3% ל-14% (Gross-Tsur et al., 1996; Soares & Patel, 2015).

כאמור לעיל, אחד המרכיבים העיקריים של מתמטיקה שנלמד בבית הספר היסודי הוא עובדות אריתמטיות. עובדות אריתמטיות הן בעיות חישוב פשוטות הנשמרות בזיכרון לטווח ארוך וניתן לאחזר אותן ללא שימוש באסטרטגיות חישוב (De Visscher & Noël, 2016). היכולת לאחזר עובדות יסוד אריתמטיות הינה יכולת מרכזית הנמצאת בבסיסן של יכולות מתמטיות מורכבות יותר (Bellon et al., 2016). עבור מרבית הילדים עם קשיים במתמטיקה, יכולת האחזר של עובדות אריתמטיות איננה משתפרת במהלך שנות בית הספר היסודי, דבר המצביע על כך שקשיי האחזר נובעים מגירעון קוגניטיבי מתמשך ולא מעיכוב התפתחותי (Mussolin & Noël, 2008). במחקר שבחן התפתחות עובדות אריתמטיות בקרב ילדים נמצא כי ילדים שאינם שולטים בעובדות אריתמטיות מפגינים ביצועים נמוכים במבחני מתמטיקה וזמן תגובה ארוך יותר מאשר ילדים השולטים בעובדות אריתמטיות (Vanbinst et al., 2015).

מבין ארבע פעולות החשבון, כפל חד ספרתי הינה פעולה שפותרים בעיקר בעזרת אסטרטגיות של אחזר ישיר מהזיכרון (Roussel, Fayol, & Barrouillet, 2002). אולם ישנם צעירים ומבוגרים המדווחים על קושי בזכירת לוח הכפל.

1.1 ייצוג עובדות הכפל

על פי מודל שלושת הייצוגים (The triple-code model of number processing) ישנן שלוש מערכות קוגניטיביות נפרדות לעיבוד מספרים (Dehaene, 1992; Dehaene & Cohen, 1995):

1. מערכת מילולית בה מילות המספר מיוצגות באופן מילולי.
2. מערכת ה-ANS, שמייצגת כמויות באופן רציף, לא מדויק, לא סימבולי ולא מילולי.
3. מערכת ויזואלית שמייצגת מספר בתור רצף של ספרות.

עובדות הכפל נשמרות באמצעות ייצוג מילולי (Dehaene, 1992; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2002; Simon, Mangin, Cohen, Le Bihan & Dehaene, 2002).

Network Interference Model הינו מודל קוגניטיבי של Campbell and Graham (1985) שמתאר כיצד עובדות הכפל מיוצגות במוח. על פי מודל זה, ישנה מעין "רשת" בה יש קשר אסוציאטיבי בין כל זוג אופרנדים לבין המכפלה שלהם. התרגילים מקושרים לפתרונות הנכונים, אולם הם מקושרים באופן חלש יותר גם לפתרונות השגויים. בעת פתרון תרגיל כפל ניתן לשלוף את כל הפתרונות

שמקושרים אליו – גם הנכונים וגם השגויים, דבר שעלול לגרום לשליפה שגויה. הקישור לפתרונות השגויים הוא לא אקראי אלא תלוי ברמת הקשר בין התרגילים. למשל, תרגיל יהיה מקושר באופן חזק יחסית לפתרון של תרגילים אחרים עם אופרנד משותף (כלומר, תרגילים באותו טור או שורה בלוח הכפל). כמו כן, ככל שהתרגיל מקושר ליותר פתרונות שגויים, כך יהיה קשה יותר לשלוף את הפתרון הנכון. למשל, 8×4 עשוי להיות תרגיל קשה כיוון שיש לו קשר חזק עם הפתרון 24: גם לאופרנד 8 וגם לאופרנד 4 יש קישור למספר הזה בתור פתרון נכון (של 8×3 ושל 6×4). דרך אחרת לתאר את חוזק הקשרים האלה היא במונחים של דמיון בין תרגילים בעקבות חפיפה בין הייצוגים שלהם. למשל, שני התרגילים $8 \times 4 = 32$ ו- $8 \times 3 = 24$ הם תרגילים דומים כי הם מכילים ספרות חופפות (Campbell & Graham, 1985).

על אף שזכירת עובדות הכפל מהווה מוקד קושי עבור צעירים ומבוגרים רבים, מקור הקושי הזה טרם נמצא. המחקר הנוכחי ביקש לבדוק אם ישנה סיבה אחת מרכזית לקושי בזכירת לוח הכפל, או שלקושי יש מקורות שונים אצל אנשים שונים. לפחות במקרה אחד, מחקר שעסק בקושי בזכירת לוח הכפל הציע שהמקור המרכזי לקושי הוא רגישות יתר לדמיון בין התרגילים שצריך לזכור (De Visscher & Noël, 2014). אולם אף מחקר קודם לא בדק באופן שיטתי רשימה מגוונת של מנגנונים שעשויים להיות מקור הקושי בזכירת לוח הכפל.

במחקר הנוכחי בדקנו את מקורות הקושי אצל משתתפים בגילאי 22-45 עם רמת ידע נמוכה של לוח הכפל. בדקנו את מקור הקושי הספציפי של כל משתתף, תוך התייחסות לשלושה סוגים אפשריים של קושי – קוגניטיבי, רגשי ופדגוגי. בין גורמי הקושי הקוגניטיביים, בדקנו קיבולת נמוכה של זיכרון לטווח קצר, קיבולת נמוכה של זיכרון פעיל, ליקוי בזיכרון לטווח ארוך, רגישות יתר להפרעה פרואקטיבית, ויכולת נמוכה של בקרת קשב. בתור גורמים רגשיים אפשריים, בדקנו חרדה תכונתית, חרדה מצבית וחרדת מתמטיקה. לבסוף, בדקנו גם את ההיבט הפדגוגי: האפשרות שהקושי בזכירת לוח הכפל לא נובע מליקוי קוגניטיבי או אפילו מקושי כלשהו, אלא מחוסר למידה. להלן נפרט לגבי כל אחד מהגורמים וכל אחת מהיכולות הללו.

1.2 גורמים קוגניטיביים שעשויים לפגוע בידע לוח הכפל

1.2.1 ליקוי בזיכרון לטווח ארוך (LTM, Long term memory)

הזיכרון לטווח הארוך הוא מאגר הכולל ידע של עובדות והמידע בו מיוצג כרשת של אסוציאציות בין מושגים (Andersen, 1983). שמירת מידע בזיכרון לטווח הארוך הינה תהליך המונה מספר שלבים. בשלב הראשון מתבצעת החזקה ורישום של המידע הפונולוגי בזיכרון לטווח קצר. בשלב שני, המידע עובר תהליך קידוד, ובשלב השלישי הוא מאוחסן בזיכרון לטווח הארוך. ברמת הזיכרון לטווח ארוך, ניתן להבחין בין שני סוגי תהליכים – תהליכים העוסקים באחסון המידע ותהליכים העוסקים בשליפת המידע (Baddeley et al., 1998).

הקושי בזכירת עובדות הכפל עשוי לנבוע מקושי בזיכרון לטווח ארוך. ספציפית ייתכנו שלושה מקורות אפשריים לקושי זה – קושי בקידוד המידע, קושי באחסון המידע וקושי בשליפת המידע – אך במחקר הנוכחי לא נעשתה הבחנה בין שלושת מקורות הקושי הללו.

1.2.2 קיבולת נמוכה של זיכרון לטווח קצר (STM, Short term memory)

לעיתים קרובות, לאורך הפעילות היום-יומית שלנו עלינו לזכור מידע לפרקי זמן קצרים – למשל, מספרי טלפון, מיקוד, איות של שם לא מוכר, חישובי ביניים בעת פתרון בעיה מתמטית וכדומה.

יכולת זו לאחסון מידע מכונה זיכרון לטווח קצר והיא חשובה ביותר לתפקוד שלנו. לעיתים אנחנו לא מצליחים לזכור את המידע, בעיקר כאשר ישנו עומס של מידע או במצב בו מוטלות על הזכור גם דרישות קוגניטיביות נוספות (Gathercole, 1999).

שמירת מידע בזיכרון לטווח הארוך מתבצעת בשלב הראשון בעזרת החזקה ורישום של המידע בזיכרון לטווח קצר (Baddeley et al., 1998). לפיכך, ניתן לשער כי יכולות נמוכות של זיכרון לטווח קצר עלולות לגרום לקשיים בשינון תרגילי כפל. עם זאת, ליקוי בזיכרון לטווח קצר איננו הסיבה היחידה לקושי באחזור עובדות אריתמטיות. למשל, במחקרם של Butterworth et al. (1996) נמצא פער בין זיכרון לטווח קצר לבין ביצועים אריתמטיים: הם דיווחו על אדם אשר הציג יכולות נמוכות של זיכרון לטווח קצר ובמקביל יכולות חישוב תקינות.

קיימים הבדלים בין מנגנוני העיבוד של ספרות לאלה של מילים, כולל במנגנוני זיכרון (Dotan & Friedmann, 2015; Fischer-Baum et al., 2018), לכן במחקר הנוכחי התמקדנו ספציפית בליקויים הקשורים לזכירת ספרות.

1.2.3 קיבולת נמוכה של זיכרון פעיל (WM, Working memory)

הזיכרון הפעיל הינו מערכת קוגניטיבית המאפשרת אחסון זמני של מידע באופן המאפשר ביצוע מניפולציות על מידע זה לשם ביצוע פעולה קוגניטיבית מורכבת. על פי המודל של Baddeley (1992), זיכרון פעיל מכיל שני חלקים עיקריים אשר עובדים יחד בסנכרון: חלק של זיכרון פסיבי לטווח קצר (STM) המאחסן מידע לפרקי זמן קצרים, וחלק של זיכרון אקטיבי המאפשר ביצוע מניפולציות על המידע המאוחסן בזיכרון לטווח קצר. החלקים הפסיביים במודל זה הם הזיכרון הויזואלי (Visual sketchpad) והלולאה הפונולוגית, שמכילה באפר קלט פונולוגי ובאפר פלט פונולוגי המחברים ביניהם. החלק האקטיבי במודל הינו ה-Central Executive, מעין מערכת של שליטה ובקרה המאפשרת לקשר את המידע ששמור במאגרי הזיכרון לפעולות הקוגניטיביות אותן נרצה לבצע. במחקר הנוכחי, התבססנו על ההבחנה הנ"ל ובדקנו האם מקור הקושי בזכירת לוח הכפל הוא בחלקו הפסיבי של הזיכרון הפעיל (זיכרון לטווח קצר, שתואר בסעיף הקודם) או בחלקו האקטיבי.

מחקרים רבים עסקו בקשר בין זיכרון פעיל לבין אחזור עובדות אריתמטיות. ילדים עם קיבולת נמוכה של זיכרון פעיל פחות נוטים להיעזר באסטרטגיית אחזור מהזיכרון לטווח ארוך. במקום זה, כדי לפתור עובדות יסוד אריתמטיות הם נעזרים באסטרטגיות גיבוי איטיות יותר, שיוצרות עומס קוגניטיבי גדול יותר בהשוואה לאחזור (Barrouillet & Lépine, 2005). לעומת זאת, זיכרון פעיל אינו הגורם היחיד לקושי בידע לוח הכפל: Kaufmann (2002) דיווחו על נבדק עם דיסקלקוליה התפתחותית שהציג יכולות נמוכות של אחזור עובדות כפל במקביל ליכולות זיכרון פעיל תקינות.

1.2.4 רגישות יתר להפרעה פרואקטיבית (PI, Proactive interference)

כאשר שני פריטי מידע בזיכרון קשורים זה לזה אך אנו רוצים לאחסון או לשלוף רק אחד מהם, עשויה להופיע הפרעה. הפרעה כזו מזיכרונות הקשורים אחד לשני נחשבת לרוב לאחד הגורמים העיקריים לשכחה בזיכרון האנושי (Oberauer et al., 2017; Kliegl & Bäuml, 2021). ספציפית, הפרעה פרואקטיבית (PI, Proactive interference) מתייחסת להשפעות שליליות של פריטים שכבר נמצאים בזיכרון על פריטים חדשים שנלמדים (Crowder, 1976). הפריטים שבזיכרון יפריעו לפריטים החדשים הדומים להם ויהפכו את הלמידה לקשה יותר. למשל, ההיזכרות ברשימה

מסוימת תצטמצם כאשר קדמה לה רשימה הדומה לה, בהשוואה למצב בו קדמה לה רשימה השונה ממנה (De Visscher & Noël, 2014; Wickelgren, 1979). PI מופיע במגוון רחב של מטלות זיכרון, למשל בשינון רשימות מילים ובלמידה של קישור בין זוגות מילים (Paired-associate learning) (Kliegl & Bäuml, 2021). ל-PI השפעה מתמשכת למדי ומידע מסיח עלול להמשיך להפריע בזיכרון למשך זמן רב, אולם במחקרים שונים נמצא כי לעיתים ניתן גם "להשתחרר" ממנו (Kliegl & Bäuml, 2021). למידת עובדות אריתמטיות עלולה להיות מועדת ל-PI כיוון שכל תרגילי הכפל בנויים מאותן 10 ספרות, וחלקם דומים מאד זה לזה (למשל, $7 \times 6 = 42$, $8 \times 6 = 48$).

גורם אפשרי ל-PI הוא ליקוי במנגנון ה"ניתוק" (disengagement). במחקרם של Shipstead, Harrison & Engle (2016) הוצג מודל ובו חלוקה של הזיכרון הפעיל לשני מנגנונים נפרדים של עיבוד מידע: (i) Maintenance – (שימור) – מנגנון שאחראי על החזקת המידע ומיקוד הקשב במידע הרלוונטי כדי להפחית את הסבירות של איבוד המידע בעקבות הסחות שונות. (ii) Disengagement – (ניתוק) – מנגנון שאחראי על הסרת מידע שאינו רלוונטי מתהליך העיבוד כדי להפחית את העומס על הזיכרון הפעיל. לפי מודל זה, הסרת המידע מהזיכרון איננה תוצר לוואי של החלפת פריטים ישנים בחדשים אלא תהליך נפרד ואקטיבי שיכול להתרחש באופן יזום. תהליך זה מגביל את כמות המידע המוחזק בזיכרון העבודה על מנת להתגבר על הקיבולת המוגבלת שלו. תהליך הסרת המידע מפחית את ה-PI: אם אין הסרת מידע, יישאר יותר מידע בזיכרון, וזה יגרום ל"התנגשות" בין פריטי המידע השונים, כלומר ל-PI (Lewis-Peacock et al., 2018). בכל מטלה יש צורך בהפעלה של שני המנגנונים, שימור וניתוק. ספציפית לגבי לוח הכפל, ישנם תרגילים הדומים זה לזה, לכן כדי שמידע מסיח מתרגילים אלה לא יפריע בשליפת הפתרון הנכון, יש להפעיל את מנגנון הניתוק. במקביל, עלינו לשמר בזיכרון את המידע הנחוץ ללמידה יעילה, דבר המצריך שימוש במנגנון השימור.

PI באה לידי ביטוי גם בזיכרון הפעיל. על פי Oberauer (2002), קיבולת הזיכרון הפעיל לא נובעת ממגבלת גודל של הזיכרון, אלא מהפרעה פרואקטיבית הגורמת להתנגשות מידע ולשכחה. כלומר, הקיבולת היא לא תכונת יסוד של הזיכרון הפעיל אלא תוצר לוואי של הפרעה פרואקטיבית. Oberauer גם מציע שגורם שמשפיע על רמת ה-PI בזיכרון העבודה הוא מידת הדמיון בין פריטים. ספציפית, כמות התכונות החופפות בין הפריטים (Oberauer & Lange, 2008). אכן, היכולת לשון מידע מושפעת מהדמיון בין פריטי המידע (Hall, 1971), וזיכרון לטווח קצר עבור רצפי מילים נפגע כאשר ישנו דמיון אקוסטי בין המילים (Baddeley, 1966).

דמיון בין פריטים עשוי להפריע לכולם, אך לחלק מהאנשים הוא מפריע יותר מאשר לאחרים. רגישות יתר להפרעה (Hypersensitivity to interference, HYSTI) היא מצב בו לאדם יש קושי בזכירת פריטים מילוליים הדומים זה לזה. במצב כזה, בו פריטים דומים מאוד וחולקים תכונות רבות, החפיפה בין התכונות מפריעה לאחסון הפריטים בזיכרון, כולל במקרה של למידת לוח הכפל (De Visscher & Noël, 2013, 2014; Dotan & Zviran-Ginat, 2022).

1.2.5 יכולת נמוכה של בקרת קשב

בקרת קשב היא פונקציה חשובה ונחוצה במצבים שדורשים תכנון וואו ביצוע פעולות קוגניטיביות מורכבות. יש שני היבטים של בקרת קשב, שמבטאים שני סוגים של אינהיביציה, והם נבדקו כאן בנפרד: התמודדות עם מצבי קונפליקט ע"י התעלמות מהיבטים שאינם רלוונטיים בגירוי והדגשת ההיבטים הרלוונטיים, ועיכוב תגובה במצב בו יש כמה תגובות אפשריות. משום כך, לקות בבקרת

קשב תשפיע על מגוון פעילויות בחיי היום יום ובייחוד על השליטה בקשב כאשר עלולים להיווצר קשיים בהתמודדות עם מצבי קונפליקט, ארגון ובחירת אסטרטגיה מתאימה (Tsal et al., 2005).

אינהיביציה היא יכולת חשובה להתפתחות מתמטית. בקרב ילדים עם דיסקלקוליה התפתחותית, חוסר אינהיביציה עשוי להסביר חלק מהביצועים המתמטיים הנמוכים. אולם הקשר בין ביצועים מתמטיים לבין אינהיביציה נותר לא ברור, וישנם מחקרים בהם לא נמצא קשר בין השניים. כמו כן, הקשר בין אינהיביציה למיומנויות מתמטיות עשוי להשתנות בהתאם למיומנות המתמטית הנחקרת. באשר לעובדות אריתמטיות, ההתמקדות באינהיביציה היא רלוונטית מאוד בעיקר מפני שבעת פתרון עובדות אלה יש לעכב תשובות שגויות אך מתחרות (Bellon et al., 2016).

יכולת אינהיביציה ובקרת קשב רלוונטיות לא רק למתמטיקה באופן כללי אלא גם ספציפית ללמידת לוח הכפל. מכיוון שעובדות אריתמטיות מאוחסנות בזיכרון לטווח ארוך כרשת אסוציאטיבית (Campbell & Graham, 1995), על מנת לענות נכון צריך לא רק לשלוף את הפתרון הנכון אלא גם לעכב פתרונות שגויים המתחרים בו. כישורי אינהיביציה לקויים עלולים לפגוע ביכולת לעכב פתרונות שגויים ובעקבות כך לפתח קשרים שגויים בין תרגילים לפתרונות (Bellon et al., 2016), במיוחד כאשר התרגילים דומים זה לזה (De Visscher & Noël, 2013).

1.3 גורמים רגשיים שעשויים לפגוע בידע של לוח הכפל

בנוסף לגורמים הקוגניטיביים לקושי בלוח הכפל, בדקנו גם את האפשרות שהרקע לקושי הוא לא קוגניטיבי אלא אחר. ידוע שתפקוד במתמטיקה עשוי להיפגע בגלל רמות גבוהות של חרדת מתמטיקה (Chang & Beilock, 2016). בנוסף, בדקנו גם חרדה שאינה ספציפית למתמטיקה.

1.3.1 חרדת מתמטיקה

חרדת מתמטיקה היא תופעה נפוצה ומוגדרת כ-"תחושה של מתח, חשש או פחד שמפריע לביצועים במתמטיקה". לחרדת מתמטיקה יש מספר מאפיינים משותפים עם סוגים אחרים של חרדה, אולם היא תופעה נפרדת מחרדה כללית או חרדת מבחנים, ומתייחסת לחרדה ספציפית ממשימות הקשורות למתמטיקה או למספרים. חרדת מתמטיקה גורמת לרוב להימנעות מעיסוק במתמטיקה, והשלכותיה השליליות כוללות ביצועים גרועים במבחני מתמטיקה, קושי כללי בפתרון בעיות הקשורות למתמטיקה, ביצועים נמוכים במשימות הכוללות חשיבה ומספרים, קושי בעיבוד מספרים בסיסי וחוסר יעילות בפתרון בעיות מתמטיות פשוטות (Chang & Beilock, 2016).

גורמים שונים יכולים להסביר את התפתחותה של חרדת מתמטיקה, והקשר שלה לביצועים המתמטיים הנמוכים: גורמים סביבתיים, חברתיים ומשפחתיים, כגון הורים ומורים (Chang & Beilock, 2016). למשל, כאשר למורות בבית ספר יסודי יש חרדת מתמטיקה, יש לכך השלכות שליליות על ההישגים של תלמידותיהן במתמטיקה (Beilock et al., 2010).

1.3.2 חרדה כללית

הגדרה מקובלת של חרדה היא סערת נפש הנובעת מאירוע בלתי ודאי – מצב בו פרט חווה חרדה הוא מצב רגשי קיים ברגע זמן נתון וברמת עוצמה מסוימת. מצבים אלה מאופיינים בתחושות סובייקטיביות של מתח, חשש, עצבנות ודאגה. כמו כן, מצבי חרדה מאופיינים בהפעלה ועוררות של מערכת העצבים האוטונומית הבאה לידי ביטוי בתגובות פיזיולוגיות שונות (Spielberger et al., 1983). תחושות חרדה הן טבעיות ושכיחות, למשל לפני בחינה חשובה, לקראת ראיון עבודה וכדומה (מארקס, 1990).

הגדרה נוספת של חרדה היא כתחושה המתגברת בהתאם לתגובתו של הפרט בהתקלות עם מצב מאיים. כאשר הפרט חווה חרדה, הוא לא בטוח בעצמו וביכולת העצמית שלו להתמודד עם הגורם המאיים (Petruzzello et al., 1991).

שני סוגי חרדה מרכזיים הם חרדה תכונתית וחרדה מצבית. חרדה תכונתית (Trait Anxiety) מתייחסת לתכונות האישיות של הפרט כלפי החרדה. חרדה מצבית (State Anxiety) מתייחסת לחרדה של הפרט בהתאם למצב בו הוא שרוי ברגע נתון (Spielberger et al., 1983). באשר ללוח הכפל, ייתכן כי תחושות חרדה בקרב ילדים ומבוגרים רבים משפיעות על זכירת עובדות הכפל. בעקבות תחושות החרדה, אנשים אלה אינם מצליחים לזכור את עובדות הכפל בעל פה ולחוש תחושת ביטחון באשר לנושא זה.

2 שיטה

2.1 משתתפים

במחקר היו 19 משתתפים בגילאי 22 עד 45 ($M=29.36$, $SD=5.41$), דוברי עברית כשפת אם, עם קושי משמעותי בזכירת לוח הכפל, כפי שמוגדר להלן (סעיף 2.2.1). 16 משתתפים הגיעו בעקבות דיווח עצמי על קושי בזכירת לוח הכפל, אם כי רק 2 מהם היו מאובחנים עם לקות למידה. 3 משתתפים נוספים הגיעו למחקר כחלק מקבוצת הביקורת, ונכנסו לקבוצת הניסוי במחקר כיוון שעשו טעויות רבות במבדק לוח הכפל.

כל המשתתפים, הן בקבוצת הניסוי והן בקבוצת הביקורת, ביצעו מבדק סינון של עובדות כפל אשר הועבר בשיחת טלפון. כל המפגשים התקיימו בזום, למעט מטלות הקשב, שהתקיימו במפגש פנים אל פנים.

הביצועים של כל משתתף בכל אחת מהמטלות הושו לביצועים של קבוצת ביקורת עם לפחות 20 משתתפים, בגילאי 18 עד 55 ללא לקויות למידה ו/או הפרעות קשב וריכוז. הוצאנו מקבוצות הביקורת משתתפים שהיו outliers – כמות טעויות גבוהה מהאחוזון ה-75 ב-150% המרחק הבין-רבעוני.

2.2 כלים

2.2.1 מבדק עובדות הכפל

במבדק זה היו 49 עובדות כפל (נספח א'). מתוכן, ב-36 עובדות כפל שני האופרנדים הם 9-2 (מתוכם 9 תאומים), ושאר 13 העובדות היו עובדות מבוססות חוק - הכפלה ב-0, 1 או 10. בכל התרגילים, האופרנד הגדול יותר הופיע ראשון. הפריטים היו מסודרים באופן אקראי, תוך שמירה על כך שבשני תרגילים עוקבים לעולם לא יהיה אופרנד משותף.

המבדק הועבר בשיחת טלפון בה הנסיינית הקריאה למשתתף את עובדות הכפל. המשתתף התבקש לשלוף את הפתרונות באופן אוטומטי בלי להיעזר בחישוב או בכל אסטרטגיה שאינה שליפה ישירה מהזיכרון. אם המשתתף לא ידע את הפתרון, היתה לו אפשרות לומר "עבור".

כל המקרים הבאים נספרו בתור טעות: תשובה שגויה, תשובות איטיות (מעל 5 שניות), חישוב או שימוש באסטרטגיה, תיקון של תשובה קודמת (גם אם היה נכון) ומענה של "עבור" או "לא יודע".

המשתתפים ביצעו את המטלה פעם אחת בתחילת המחקר (כמבדק סינון), ופעם נוספת, בדיוק באותו האופן, לאחר שלושה שבועות לפחות. קריטריון ההכללה בקבוצת הניסוי היה 9 טעויות ומעלה מסך 36 התרגילים ללא החוקים, בכל אחד משני המבדקים.

השווינו את תפקוד המשתתפים ל-197 נבדקי ביקורת בגילאי 18-72 ($M=34.4$, $SD=10.1$). 5 משתתפי ביקורת נוספים הוצאו מקבוצת הביקורת כיוון שהיו outliers (14 טעויות ומעלה).

2.2.2 מבדק לוח הכפל עם תשובה מאולצת

במבדק עובדות הכפל הראשוני שהועבר למשתתפי קבוצת הניסוי נמצא אחוז גבוה של תשובות מסוג "לא יודע" (עבור). בעקבות זאת, שיערנו שאולי חלק מהטעויות לא נבעו מלקות למידה / קושי קוגניטיבי, ולמעשה כלל לא שיקפו חוסר-ידע, אלא שיקפו ידע חבוי ונבעו מגורמים אחרים כגון לחץ או חרדה. בעקבות כך, מבדק עובדות הכפל הועבר שנית לכלל נבדקי הניסוי, והפעם למשתתפים לא

ניתנה האפשרות להגיד "עבור" כדי לדלג על תרגיל, אלא הם היו חייבים לענות על כל התרגילים ולשלוף פתרונות.

2.2.3 שאלון למידת לוח הכפל בבית הספר

בשאלון זה (ראה נספח ב') המשתתף ענה על שאלות אודות אופן הלמידה שלו את לוח הכפל בהיותו בבית הספר היסודי: רמת ההשקעה שלו בלמידת הנושא, הסיבות ללמידת הנושא (לחץ מההורים, תחושת תחרותיות בכיתה, מוטיבציה פנימית וכדומה), חשיבות הנושא עבורו בהיותו צעיר וכיום, ואופן הלמידה של הנושא. מטרתו של השאלון היתה להבין את רמת ההשקעה והלמידה של המשתתף את הנושא של לוח הכפל. שיערנו שרמת השקעה נמוכה עשויה גם היא לגרום לידע נמוך של לוח הכפל. הציון הסופי היה בין 1 (לא למד בכלל) ל-5 (למד והשקיע). הוא נקבע על פי שקלול של כל ההיגדים וההתרשמות מהשיחה עם המשתתף.

2.2.4 מטלות לבדיקת ליקוי בזיכרון לטווח ארוך

מטלת "זכירת רשימת מילים": במטלה זו הנסיינית הקריאה 15 שמות עצם נפוצים, ואז המשתתף חזר אחר המילים ששמע. הליך זה בוצע חמש פעמים ברציפות. כדי לבדוק ספציפית את הזיכרון לטווח ארוך, המשתתף חזר על רשימת המילים, בלי לשמוע אותן שוב, גם לאחר שעה, ושוב אחרי יום. המשתתף לא ידע שיבחן על רשימת המילים פעמיים נוספות, כדי שלא יתאמן על הרשימה בין ההעברות. מטלה זו היא וריאציה של מטלת Rey AVLT (Rey Auditory Verbal Learning Test) (Rey, 1964), תורגמה לעברית ע"י וקיל (1991).

השווינו את תפקוד המשתתפים ל-22 נבדקי ביקורת בגילאי 20-41 ($M=26.6$, $SD=6.12$). משתתף אחד הוצא מקבוצת הביקורת כיוון שהיה outlier (הפגין ביצוע נמוך בציון הסופי ולאורך כל המטלה לא נראתה עקומת למידה ושיפור).

2.2.5 מטלות לבדיקת קיבולת נמוכה של זיכרון לטווח קצר

Digit span (מתוך סוללת פריגבי, גביעון ופרידמן, 2008): כל פריט במבדק זה הוא רצף של ספרות. על המשתתף לחזור על הספרות ששמע על פי הסדר בו הושמעו. המבדק מכיל 9 רמות כאשר בכל רמה יש 5 רצפים. כדי לעבור לרמה הבאה, המשתתף חייב לחזור נכון על 3 רצפים לפחות מאותה רמה. טווח הזכירה מוגדר כרמה הגבוהה ביותר שבה המשתתף זכר 3 רצפים ברצף. כל רמה בה המשתתף הצליח שווה לנקודה, ואם ברמה האחרונה המשתתף זכר 2 רצפים, קיבל חצי נקודה נוספת. השווינו את תפקוד המשתתפים ל-22 נבדקי ביקורת בגילאי 20-41 ($M=26.3$, $SD=6.14$). 2 משתתפים הוצאו מקבוצת הביקורת כיוון שהיו outliers (ספאן 4.5 ומטה).

"שוב אותה ספרה": בכל פריט, הנסיינית הקריאה למשתתף שלוש רביעיות של ספרות ברצף (סה"כ 12 ספרות) ועל המשתתף לחזור על הרביעיות שזכר על פי הסדר. במטלה היו 60 פריטים. ב-20 פריטים היו בכל פריט 3 רביעיות המורכבות מ-10 ספרות כך שבכל רביעייה יש 4 ספרות שונות. ב-20 פריטים נוספים היו 3 רביעיות המורכבות מ-6 ספרות שונות, כך שבכל רביעייה יש 3 ספרות שונות וספרה אחת שחוזרת על עצמה. 20 הפריטים הנוספים לא נותחו, והם מתוארים בנספח ג' (כולל המטרה המקורית של המטלה). הממד לזיכרון לטווח קצר היה הממוצע של כמות הספרות שזכר המשתתף עבור כל פריט. השווינו את תפקוד המשתתפים ל-23 נבדקי ביקורת בגילאי 20-41 ($M=26.3$, $SD=5.96$).

2.2.6 מטלות לבדיקת קיבולת נמוכה של זיכרון פעיל

Listening span (מתוך סוללת פריגבי, גביעון ופרידמן, 2008): במטלה זו כל פריט מורכב מסדרת משפטים. המשתתף שמע כל משפט והתבקש להכריע אם המשפט נכון או לא. אחרי שהכריע לגבי כל המשפטים, היה עליו לחזור על המילה האחרונה בכל משפט. המבדק מורכב מ-5 רמות שנבדלו במספר המשפטים בכל פריט (2-6), בכל רמה 5 פריטים. הצלחה של 3 משפטים מתוך 5 ברמה מסוימת אפשרה מעבר לרמה הבאה, וזיכתה את המשתתף בנקודה. בנוסף המשתתף קיבל עוד חצי נקודה אם הצליח 2 מתוך 5 פריטים ברמה האחרונה. השווינו את תפקוד המשתתפים ל-57 נבדקי ביקורת בגילאי 18-41 ($M=25.63$, $SD=4.57$).

N-back (מתוך סוללת פריגבי, גביעון ופרידמן, 2008): המשתתף שמע 99 שמות של חיות בקצב של מילה לשנייה ואמר "כן" עבור כל מילה שהופיעה שני מקומות קודם לכן ברשימה. לדוגמה, "חתול", כלב, "חתול". ברשימה היו 30 פריטים עליהם המשתתף היה צריך לומר "כן". הציון במטלה זו הוא מספר טעויות Miss – מקרים בהם המשתתף היה אמור לענות "כן" ופספס. השווינו את תפקוד המשתתפים ל-22 נבדקי ביקורת בגילאי 20-41 ($M=26.45$, $SD=6.02$). משתתף אחד הוצא מקבוצת הביקורת כיוון שהיה outlier (הצליח פחות מ-17 פריטים).

2.2.7 מטלות לבדיקת רגישות יתר להפרעה פרואקטיבית

Recent probes: בכל צעד במטלה הוצגו על גבי מסך מחשב ארבע מילים מקדימות (2 הברות בכל מילה, ללא דמיון פונולוגי/אורתוגרפי/סמנטי ביניהן) למשך 2.5 שניות, אחריהן הופיע מסך ריק למשך 3 שניות, ואחריו הופיעה מילת מטרה. המשתתף הכריע אם מילת המטרה הופיעה או לא הופיעה בתור אחת מארבעת המילים המקדימות. קיימים שלושה סוגי צעדים: (1) חיובי – מילת המטרה היתה אחת מהמילים המקדימות, (2) שלילי – מילת המטרה לא היתה אחת מבין 4 המילים המקדימות, לא בצעד הנוכחי וגם לא בצעד הקודם, (3) מסיח – מילת המטרה היתה אחת מ-4 המילים המקדימות של הצעד הקודם. לא הופיעו יותר משני צעדים רצופים מכל סוג. טרם תחילת המבדק נערך אימון קצר של 8 פריטים ללא תנאי מסיח. אם למשתתף יש רגישות-יתר להפרעה, נצפה שהביצוע בתנאי המסיח יהיה נמוך מהביצוע של קבוצת הביקורת בתנאי זה. נצפה גם שההפרש בין רמת הביצוע של המשתתף בין התנאי המסיח לתנאי השלילי יהיה גבוה יותר מאשר בקבוצת הביקורת.

השווינו את תפקוד המשתתפים ל-58 נבדקי ביקורת בגילאי 22-36 ($M=26.7$, $SD=3.79$). 4 משתתפים הוצאו מקבוצת הביקורת כיוון שהיו outliers. הוצאת משתתפים אלה התבססה על ערכים נמוכים לפחות באחד ממדדי ההפרש או בשניים מהנתונים הגולמיים בתנאי המסיח וגם בתנאי השלילי: 2 מדדי הפרש (הפרש בין זמני התגובה של הצעדים הנכונים בין התנאי המסיח לתנאי השלילי והפרש בין אחוזי השגיאות בין התנאי המסיח לתנאי השלילי) ו-4 מדדים גולמיים (זמני תגובה איטיים בכל אחד מהתנאים המסיח והשלילי ואחוז שגיאות גבוה בכל אחד מהתנאים המסיח והשלילי).

בנוסף למטלה זו, הועברו שתי מטלות נוספות לבדיקת רגישות-יתר להפרעה. מטלות אלה לא נכנסו למחקר, והן מתוארות בנספח ג'.

2.2.8 מטלות לבדיקת ליקוי בבקרת קשב

מטלת מיקום-כיוון: מטלה דמויית-סטרופ (Stroop, 1935). בכל צעד הופיעה נקודת פיקסציה למשך שניה אחת, ואחריה, למשך 150 מילישניות, הגירוי: חץ לבן (בגובה של 1.5 ס"מ ורוחב של 0.6 ס"מ) שמצביע כלפי מעלה או כלפי מטה ונמצא במרחק של 1.2 ס"מ מעל או מתחת לנקודת הפיקסציה (צלב לבן במרכז מסך). זמן התגובה הינו בלתי מוגבל. משך הזמן בין התגובה של המשתתף לבין הופעת נקודת הפיקסציה של הצעד הבא הוא 1,500 מילישניות.

המטלה מורכבת משני חלקים. בחלק הראשון, על המשתתפים להגיב למיקום החץ על המסך (האם הוא מעל או מתחת לנקודת הפיקסציה) תוך התעלמות מכיוונו של החץ. בחלק השני, המשתתפים נדרשו לשפוט את הכיוון אליו מצביע החץ תוך התעלמות ממיקומו. בשני החלקים המשתתפים התבקשו להגיב "למעלה" באמצעות לחיצה על מקש "L" עם האצבע המורה הימנית ו"למטה" באמצעות לחיצה על מקש "A" עם האצבע המורה השמאלית. כלומר, לגירוי המוצג יש 2 ממדים (כיוון ומיקום) שעלולים ליצור קונפליקט, והמשתתף תמיד מתבקש להתעלם מממד אחד של הגירוי ולהתייחס לממד השני בלבד. כל אחד מהחלקים מורכב בעצמו משני בלוקים באותו מבנה עם הפסקה קצרה ביניהם. כמו כן, כל אחד מחלקי המטלה כלל 10 צעדי אימון ותרגול לפני הבלוק הראשון ושני בלוקים עם 40 צעדים בכל בלוק.

מחצית מהצעדים בכל בלוק היו תואמים, כלומר היתה התאמה בין ממדי המיקום והכיוון אליו מצביע החץ, ומחצית מהצעדים היו צעדי קונפליקט (לא תואמים), בהם לא היתה התאמה בין מיקום החץ לכיוון אליו מצביע (למשל, חץ נמצא מעל נקודת הפיקסציה ומצביע כלפי מטה). שני סוגי הצעדים הללו שולבו באופן אקראי בתוך כל בלוק. אם קיים קושי בבקרת קשב (התמודדות עם מצבי קונפליקט) נצפה לראות ביצוע נמוך בצעדי הקונפליקט בהשוואה לצעדים התואמים.

מטלת Go/No-go: מטלה המודדת יכולת עיכוב תגובה. למשתתפים הוצג רצף של 320 צעדים. בכל צעד הוצגה צורה גאומטרית אחרת בצבעים שונים במרכז המסך (גודל כל צורה נע בין 1.4 ל-1.8 ס"מ בגובה ובין 1.8 ל-1.9 ס"מ ברוחב). המטלה כוללת 16 גירויים אשר מורכבים מכל הצירופים האפשריים של אחת מ-4 צורות גאומטריות (ריבוע, עיגול, משולש או כוכב) עם אחד מ-4 צבעים (אדום, כחול, ירוק או צהוב). למשתתף הוצג גירוי במשך 100 מילישניות. לאחר הפסקה בת 1,000, 1,500, 2,000 או 2,500 מילישניות הוצג הגירוי הבא. סוגי הגירויים ומשך המרווחים ביניהם נדגמו באופן אקראי. המשתתפים התבקשו ללחוץ על מקש הרווח של המקלדת באמצעות האצבע המורה של היד הדומיננטית מהר ככל שניתן בכל פעם כשראו את גירוי המטרה (ריבוע אדום) ולהימנע מתגובה לכל גירוי אחר. גירוי המטרה הופיע ב- 70% מהצעדים. מתוך המסיחים, 15% מהגירויים אינם ריבוע וצבעם אינו אדום, 7.5% מהגירויים הם ריבוע שאינו אדום ו- 7.5% הגירויים הנותרים הם צורה אדומה שאינה ריבוע.

למטלה זו מספר מדדים להערכת עיכוב התגובה. המדד אליו נתייחס הינו אחוז טעויות ההוספה - מקרים בהם המשתתף לחץ על הכפתור בעקבות הצגת המסיח (Newcorn et al., 2001). ערך גבוה במדד זה מעיד על קושי באינהיביציה.

2.2.9 שאלונים רגשיים

2.2.9.1 שאלון STAI (State-Trait Anxiety Inventory)

שאלון STAI פותח על ידי Spielberg (1966) ועובד לעברית על ידי טייכמן ומלינק (1979). הוא נועד להערכת חרדה תכונתית ומצבית תוך הבחנה בין חרדה כמצב לעומת חרדה כתכונה. השאלון מכיל 40 פריטים ומחולק לשני חלקים. בחלק הראשון ישנם 20 פריטים המתייחסים לחרדה המצבית (STAI-S) של המשתתף ברגע נתון, למשל: "אני מרגיש שלוו". בחלק השני ישנם 20 פריטים המתייחסים להערכת תכונת חרדה כללית (STAI-T). בחלק זה מופיעים פריטים כללים בנוגע לתיאור עצמי ועל המשתתף להתייחס לעצמו כפי שהוא בדרך כלל, למשל: "אני חש סיפוק מעצמי". לאורך כל השאלון על המשתתף לדרג את הרגשתו באמצעות סולם ליקרט בין 1 ל-4, כאשר במחצית הפריטים ציון 4 מציין חרדה גבוהה ובחציים נמוכה. הציון הסופי של כל אחד משני החלקים הוא סכום הדירוגים אחרי תקנון לכיוון אחיד. טווח הציונים נע בין 20 ל-80, כאשר ציונים גבוהים יותר מעידים על חרדה גבוהה יותר. מהימנות השאלון עבור חרדה מצבית הינה $\alpha = .92$ ועבור שאלון חרדה תכונתית $\alpha = .90$ (Spielberger et al., 1983). השווינו את תפקוד המשתתפים ל-22 נבדקי ביקורת בגילאי 20-41 ($M=26.4, SD=6.05$).

2.2.9.2 שאלון חרדת מתמטיקה (H-MASUK-R)

שאלון H-MASUK-R (Hebrew Math's Anxiety Scale UK, Revised) הוא שאלון שבוחן חרדת מתמטיקה (אנגלית: Hunt et al., 2011; עברית: Batashvili, Cipora & Hunt, 2021). השאלון מורכב מ-20 פריטים קצרים המתארים סיטואציות שונות הקשורות למתמטיקה. המשיבים נדרשים לציין בעזרת סולם ליקרט של 5 נקודות עד כמה הם ירגישו חרדים בכל סיטואציה (1 – חרדה נמוכה, 5 – חרדה גבוהה). הציון הכולל הוא סכום כל הפריטים. בשאלון יש 3 סוגי פריטים: פריטים הבוחנים הערכה של יכולות מתמטיות גם מול אנשים אחרים, פריטים הבוחנים חרדה יומיומית וחברתית ממתמטיקה, ופריטים הבוחנים חרדה מהתבוננות בסיטואציות מתמטיות. מהימנות השאלון היא $\alpha = .95$, מהימנות הפריטים הבוחנים חרדה של הערכת מתמטיקה היא $\alpha = .92$, מהימנות הפריטים הבוחנים חרדה יומיומית וחברתית ממתמטיקה היא $\alpha = .90$, ומהימנות הפריטים הבוחנים חרדה מהתבוננות בסיטואציות מתמטיות היא $\alpha = .90$ (Batashvili, Cipora & Hunt, 2021). השווינו את תפקוד המשתתפים ל-22 נבדקי ביקורת בגילאי 20-41 ($M=26.4, SD=6.05$).

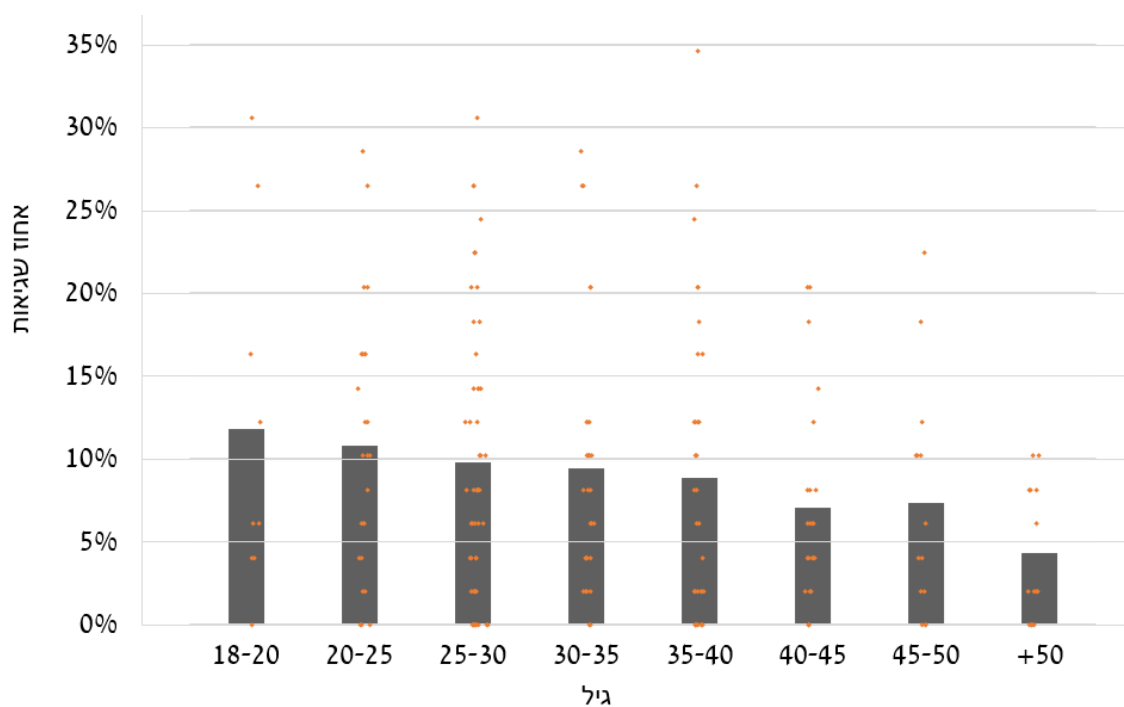
3 תוצאות

3.1 ידע עובדות הכפל

3.1.1 תפקוד קבוצת הביקורת

ראשית, בדקנו את רמת הביצוע של המשתתפים במבדק לוח הכפל. אחוז הטעויות בקבוצת הביקורת היה גבוה למדי: 4.36 טעויות בממוצע (12.1%, ס"ת 10.8%). מבין אלה, 4.6% היו טעויות של ממש – אמירת מכפלה לא נכונה. במקרים הנוספים, הטעויות היו מסוג "לא יודע" (4.5%) או תשובה איטית (2.5%).

כמות הטעויות הושפעה מגיל המשתתף: אחוז השגיאות היה גבוה יותר אצל משתתפים צעירים מאשר אצל משתתפים מבוגרים יותר ($r = -0.24$, two-tailed $p < .001$; תרשים 1). ייתכן שאופן הלימוד של לוח הכפל בבתי הספר פחות יעיל כיום מבעבר, או פחות שם דגש על שינון עובדות היסוד.



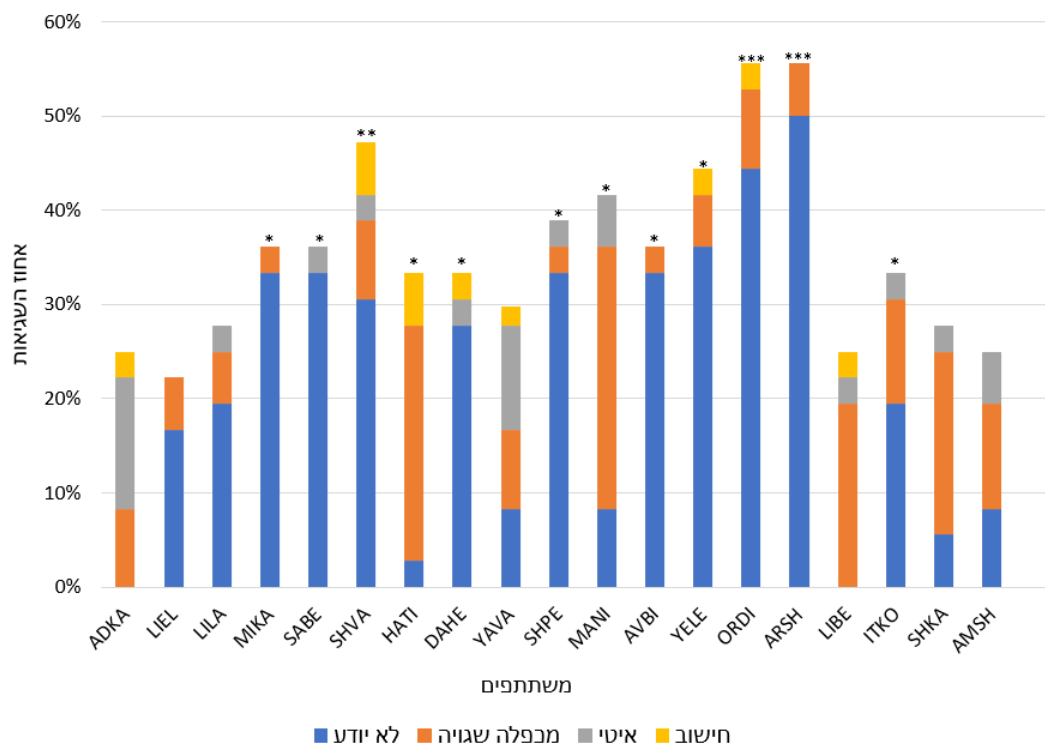
תרשים 1. אחוז השגיאות במבדק עובדות הכפל על פי חלוקה לגילאים. כל נקודה מייצגת משתתף אחד.

ממצא מפתיע היה כמות המשתתפים שדיווחו שאין להם קושי בלוח הכפל, ולמרות זאת עשו הרבה טעויות. מתוך 202 המשתתפים שהגיעו לקבוצת הביקורת על סמך דיווח עצמי שהם יודעים את לוח הכפל, 22 משתתפים (11%) עשו כמות טעויות שעומדת בקריטריון של תפקוד לקוי – 9 טעויות ומעלה.

אחוז השגיאות ב-6 תרגילים הנחשבים "קשים" (שני האופרנדים 6 ומעלה) היה 32.1% (ס"ת 29.1%). לפי שיעור טעויות כזה, הסף לליקוי עם $p = .05$ הוא 77.3% מהתרגילים הקשים (5 מתוך 6 תרגילים – עד תשובה אחת נכונה). סף זה נראה מחמיר ביותר, לכן על מנת לסווג קושי או ליקוי בלוח הכפל, לא כדאי להסתכל רק על התרגילים ה"קשים" אלא על כלל התרגילים, או לחליפין להתמקד בתרגילים ה"קלים" יותר (אופרנד אחד בין 3 ל-5 והאופרנד השני בין 3 ל-9).

3.1.2 תפקוד קבוצת הניסוי

הקריטריון לכניסה לקבוצת הניסוי היה לפחות 9 טעויות (25%, שהן 1.2 ס"ת מעל הממוצע של קבוצת הביקורת). בנוסף למשתתפים שגויסו לקבוצת הניסוי, היו בקבוצת הביקורת 3 משתתפים (HATI, LIBE, SHVA) שעשו טעויות רבות, לכן נכנסו לקבוצת הניסוי. שיעור הטעויות הממוצע בקבוצת הניסוי היה 12.32 (34.2%, ס"ת 12.5%). שיעור הטעויות של כל אחד מהמשתתפים בקבוצת הניסוי היה גבוה באופן מובהק משיעור הטעויות של משתתפי הביקורת בקבוצת הגיל המתאימה לו (הקבוצות חולקו ע"פ עשורים; תרשים 2, ההשוואה ע"פ מבחן קרופורד, Crawford & Howell, 1998). כמעט כל הטעויות היו טעויות אופרנד – אמירת מכפלה שגויה מהטור או השורה בלוח הכפל של אותה הכפולה. מיעוט קטן בלבד (0.43% מהטעויות) היו אמירת תשובה שאיננה מתוך לוח הכפל, ואף משתתף לא עשה טעות כזאת יותר מפעם אחת. דפוס זה תואם את דפוסי הטעויות אצל אנשים ללא לקויות (Verguts & Fias, 2005; Zimmerman et al., 2016). סוגי הטעויות היו "לא יודע" (21.5%), תשובה שגויה (8.6%), איטיות (4.0%) או חישוב/אסטרטגיה (1.2%, תרשים 2). למרות שאיטיות סווגה כטעות, הסיווג של המשתתפים בתור בעלי קושי משמעותי בלוח הכפל לא נבע רק מאיטיות, אלא בא לידי ביטוי גם באי-ידיעה או אי-זכירה של הפתרונות: גם לפי קריטריון מחמיר יותר, בו איטיות לא סווגה כטעות, עדיין לכל אחד מהמשתתפים בקבוצת הניסוי למעט משתתפת אחת (ADKA) היו לפחות 17% טעויות.

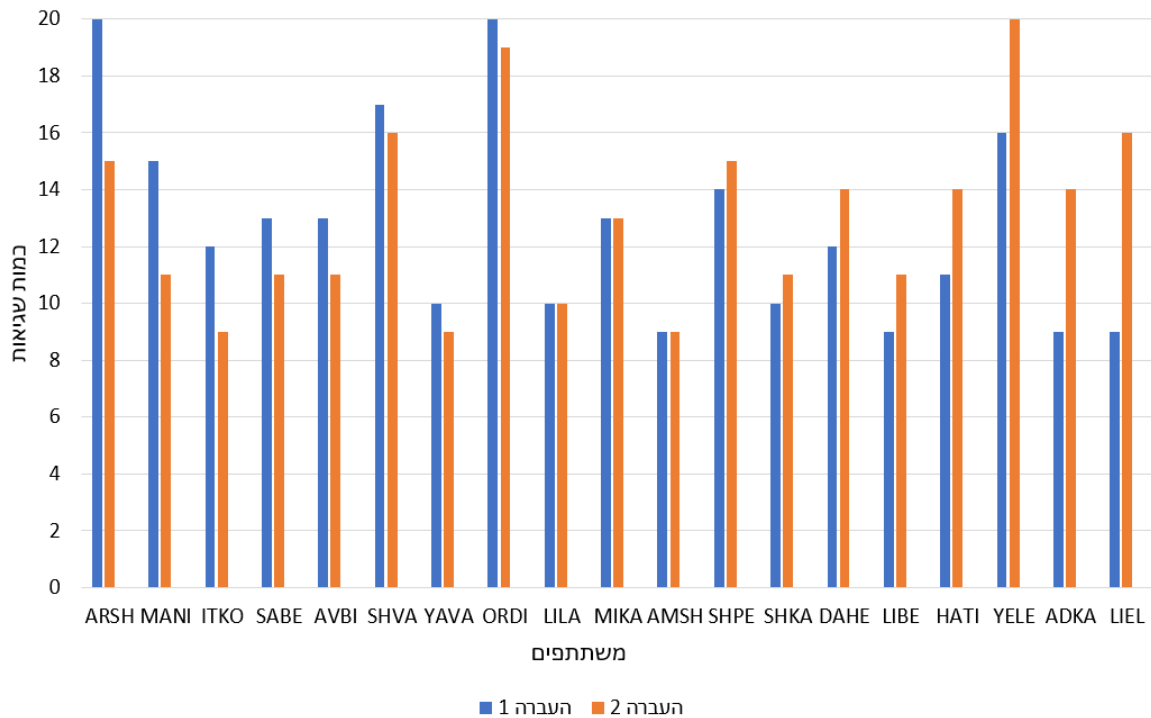


תרשים 2. אחוז הטעויות מכל סוג של כל נבדק. סוגי השגיאות: מכפלה שגויה, איטיות, "לא יודע" ושימוש באסטרטגיית חישוב. הסימון מעל כל עמודה מצוין את מובהקות ההשוואה לקבוצת ביקורת מותאמת-גיל כאשר: $p < .05$ * $p < .005$ ** $p < .001$ ***

לאור האחוז הגבוה של תשובות מסוג "לא יודע", נפרט ונרחיב בהמשך לגבי סיבות אפשריות לסוג טעויות זה. כעת, נרחיב על יציבות התפקוד בלוח הכפל ולאחר מכן נפרט על מקורות קוגניטיביים ואחרים לליקוי.

3.1.3 יציבות התפקוד בלוח הכפל אצל משתתפים עם קושי

תרשים 3 מציג את ההבדל בין תוצאות מבדק לוח הכפל הראשון לבין תוצאות המבדק השני שהתקיים כמה שבועות לאחר מכן. התוצאות דומות, והפער בין שני המבדקים רחוק ממובהקות (מבחן וילקוקסון, $W = -13$, two-tailed, $p = 0.75$), כלומר, רמת התפקוד של הקבוצה ככלל היתה יציבה.



תרשים 3. תוצאות מבדק לוח הכפל בשתי ההעברות. ההעברה ה-2 התקיימה כמה שבועות לאחר ההעברה ה-1.

גם ברמת המשתתפים הבודדים, אצל 12 מתוך 19 המשתתפים הפער בין תוצאות המבדק הראשון לשני היה קטן (עד 2 נקודות). מבין 7 המשתתפים האחרים, אצל 2 משתתפים היה שיפור בעקבות למידה אינטנסיבית של לוח הכפל או חלקים ממנו בזמן שחלף בין המבדקים. משתתפת אחת (ARSH), השתפרה ספציפית בכפולות 9 כיוון שבתקופה בין 2 ההעברות היא עבדה כמוכרת בחנות פרחים בה המחיר של כל פרח היה 9 ש"ח. משתתף שני (ITKO) הינו סטודנט לפיזיקה, ובזמן שבין 2 ההעברות הוא היה בתקופת מבחנים בה הזדמן לו לתרגל את לוח הכפל.

אצל 5 משתתפים נוספים, הפער בין 2 ההעברות של מבדק לוח הכפל לא מוסבר ע"י למידה. אצל אחד מהם (MANI) היה שיפור בין ההעברה הראשונה לשנייה, ואצל השאר היתה ירידה. אנו משערים שבבסיס הפער הזה עומדים 2 גורמים שונים, שמסבירים את הפער אצל 4 מתוך 5 המשתתפים. גורם אחד קשור לטעויות מסוג "לא יודע". אצל 3 מבין 5 המשתתפים, הפער בין 2 ההעברות נבע מהטעויות מסוג "לא יודע" (ADKA, YELE, LIEL), ללא פער משמעותי בסוגי הטעויות האחרים. ניתן לשער כי בחלק מהמקרים הטעויות האלה באמת משקפות חוסר ידע, אבל במקרים אחרים הן עשויות לנבוע מלחץ או חוסר-ביטחון בתשובה, גם אם המשתתף יודע אותה, או שהן נובעות מידיעה חלקית של התשובה. ההשפעה של גורם זה עשויה היתה להיות גם רגעית ולפיכך להשתנות בין 2 ההעברות. גורם שני הוא מתודולוגי, וקשור לאיטיות: תשובות סווגו בתור טעות מסוג "איטי" אם זמן התגובה היה ארוך מ-5 שניות. אצל משתתפת אחת מבין 5 המשתתפים

(MANI), זמני התגובה של רוב התרגילים היו בטווח של 5 - 6.5 שניות, כך שסיווג התשובות כנכונות או איטיות כנראה "התנדנד" באופן אקראי.

3.2 מקורות הקושי בלוח הכפל

טבלה 1. מדדים שמשקפים גורמים אפשריים לקושי בלוח הכפל. 7 העמודות הימניות מציגות ציוני תקן (מדדים אלה הוגדרו כך שערכים נמוכים יותר מבטאים תפקוד גרוע יותר או ליקוי אפשרי).

subject	זיכרון לטווח ארוך				24 שעות לאחר הלמידה		PI ^a : recent probes Errors C-B		תפקודי קשב	
	מבדק כפל 1	ידע חבוי ^b	למידה בגיל צעיר (סולם 1-5)	זיכרון לטווח קצר (ספרות)	זיכרון פעיל	שעה מסיום הלמידה	הלמידה	ערכוב תגובה	התמודדות עם מידע סותר	
LILA	10	3	5	-3.11***	-2.18*	0.00	0.00	0.27	0.09	-0.37
SABE	13	-1	5	-3.31***	-2.24*	0.34	0.00	-1.71*	0.63	-0.72
YELE	16	1	5	-2.03**	-1.45	-2.02*	-1.43	-1.71*	-2.85**	-2.72**
ADKA	9	1	5	-2.52***	0.29	0.34	0.00	-0.39	0.90	-0.81
MANI	15	1	5	-1.18*	-2.63**	-1.01	-0.57	-0.39	-0.71	-1.64*
HATI	11	0	5	-0.05	-1.20	-1.68*	-2.01*	0.92	1.17	-1.69*
LIBE	9	3	3	0.12	-0.03	-1.35	-1.15	-3.65***	1.16	-0.66
DAHE	12	3	5	-1.46*	0.15	0.34	0.57	-2.35*	-1.24	-0.89
MIKA	13	2	5	0.34	-1.26	0.67	-0.29	-5.61***	-1.51	-0.21
YAVA	10	4	5	-0.48	-0.88	-0.34	-0.29	0.27	-0.17	-1.39
ITKO	12	0	5	2.54***	0.60	0.34	0.57	0.92	-3.65***	-1.31
AMSH	9	2	-	1.27	-	-	-	-	-0.44	-3.09***
SHKA	10	4	3	-0.16	0.99	1.01	0.29	-0.39	-0.44	-0.37
LIEL	9	1	3	-0.16	0.42	0.67	0.86	0.92	0.63	-0.90
SHPE	14	-2	3	0.24	-1.14	0.67	0.00	-1.04	0.09	0.22
AVBI	13	5	2	3.13***	1.19	0.00	0.57	-1.04	0.62	-0.08
SHVA	17	2	2	-1.15*	0.09	-0.67	-0.29	-0.39	-	-
ARSH	20	2	3	0.17	-0.36	-0.34	-0.57	0.27	-0.17	-0.58
ORDI	20	4	5	-0.74	-0.81	-1.01	-0.57	-0.39	-	-

* $p \leq .05$ ** $p \leq .007$ *** $p \leq .001$

ערכי p חושבו על פי מבחן קרופורד (Crawford & Howell, 1998) בהשוואה לקבוצת הביקורת. הסף $p = .007$ (2 כוכביות) משקף את $p = .005$ תחת תיקון Bonferroni ל-7 ההשוואות שיש עבור כל נבדק.

דירוג ביחס לקבוצת הביקורת עבור 7 העמודות הימניות:

(אחזון 10) $z \leq -1.28$ (אחזון 5) $z \leq -1.64$ (אחזון 2) $z \leq -2.05$

^a PI = רגישות להפרעה פרואקטיבית. ציון התקן מתייחס להפרש בין התנאי המסתיח לתנאי השלילי במטלה.

^b ידע חבוי (סעיף 3.2.7) - ההפרש בין התוצאה במבדק הכפל עם תשובה מאולצת לבין מבדק הכפל הרגיל. ערך חיובי מעיד על תפקוד גבוה יותר במבדק עם תשובה מאולצת.

כדי לנסות לזהות את המקור לקושי בידיעת לוח הכפל, בדקנו 7 גורמים אפשריים – קוגניטיביים, רגשיים ופדגוגיים (טבלה 1, ובהמשך תיאור מפורט של כל גורם): מנגנוני זיכרון – זיכרון לטווח קצר, זיכרון פעיל, זיכרון לטווח ארוך, ורגישות להפרעה פרואקטיבית; מנגנוני קשב – התמודדות עם מידע סותר, עיכוב תגובה; ידע חבוי שלא בא לידי ביטוי בגלל סיבות שונות, למשל רגשיות; וחוסר למידה, כלומר משתתפים שמעולם לא השקיעו את המאמץ הנדרש ללמוד את לוח הכפל בעל-פה.

לפני שנדון בפירוט בכל אחד מגורמי הקושי, ראוי לשים לב לתמונה הכללית שעולה מטבלה 1, שמצביעה על שני ממצאים בולטים. הממצא הבולט הראשון הוא ההטרוגניות הרבה בקרב המשתתפים. אצל 12 משתתפים, מקור הקושי היה קוגניטיבי: ליקוי במנגנון קוגניטיבי ספציפי או במספר מנגנונים קוגניטיביים שונים. אצל 6 משתתפים נראה שמקור הקושי אינו קוגניטיבי אלא פדגוגי: הקושי מוסבר על ידי חוסר למידה בגיל צעיר, ואצל חלקם גם עיי גורמים נוספים. בטבלה 1 ניתן לראות שכמעט ואין ליקויים כפולים – למרבית המשתתפים היה ליקוי בהיבט אחד ספציפי

ולא במספר היבטים יחד. בנוסף, אין גורם מרכזי שמסביר את הטעויות אצל רוב המשתתפים. נראה שדיסקלקוליה מסוג קושי בלוח הכפל היא תופעה הטרוגנית.

הממצא הבולט השני הוא שבדיעבד, רשימת הגורמים שבחרנו נראית מוצדקת: כל אחד מהם עלה בתור גורם קושי אצל לפחות משתתף אחד, וכקבוצה, הגורמים הללו הצליחו להסביר את הקושי של כל אחד ואחד המשתתפים. מתוך 19 המשתתפים, אצל 17 הצלחנו להסביר את הקושי באמצעות המדדים הספציפיים שמופיעים בטבלה 1. אצל 2 המשתתפים הנוספים הקושי לא הוסבר ע"י המדדים הללו אלא ע"י גורמים אחרים, שנראה בהמשך.

כעת, נפרט לגבי כל אחד ממקורות הקושי המופיעים בטבלה 1.

3.2.1 זיכרון לטווח ארוך

עובדות הכפל נשמרות בזיכרון לטווח הארוך. הזיכרון לטווח הארוך נבחן בשתי נקודות זמן, שעשויות אולי לשקף היבטים שונים שלו – לאחר תהליך הלמידה, ולאחר יממה. המדדים הספציפיים בהם השתמשנו, שהתבססו על מטלת "זכירת רשימת מילים" (ראה סעיף 2.2.4), היו: (i) ציוני התקן (ביחס לקבוצת הביקורת) של המבחן שנערך שעה אחרי סיום תהליך הלמידה (ii) ציוני התקן (ביחס לקבוצת הביקורת) של המבחן שנערך 24 שעות אחרי סיום הלמידה.

2 משתתפים נמצאו עם ליקוי בשני המדדים של זיכרון לטווח ארוך: YELE ו-HATI. גם LIBE הפגינה תפקוד מעט נמוך אולם באופן גבולי.

3.2.2 זיכרון לטווח קצר (ספרות)

זיכרון לטווח קצר הוא היכולת לאחסן מידע לפרקי זמן קצרים. עובדות הכפל שמורות בזיכרון לטווח ארוך, אבל השלב הראשון בשמירת המידע בזיכרון לטווח הארוך הוא החזקה ורישום המידע בזיכרון לטווח קצר (Baddeley et al., 1998). בעקבות כך, ניתן לשער כי יכולות נמוכות של זיכרון לטווח קצר עשויות לגרום לקשיים בלמידת תרגילי כפל. כדי למדוד יכולות זיכרון לטווח קצר, התמקדנו בזכירה של ספרות (ולא של מילים), כיוון שייכתנו הבדלים בין מנגנוני העיבוד של ספרות לאלה של מילים (Dotan & Friedmann, 2015; Fischer-Baum et al., 2018) ורצינו להתמקד ככל שניתן בליקוי הקשור באופן ספציפי לספרות. המדד הספציפי בו השתמשנו היה הממוצע בין ציוני התקן (ביחס לקבוצת הביקורת) של מטלת ספאן ספרות ושל כמות הספרות שהמשתתפים זכרו במטלה "שוב אותה ספרה" (סעיף 2.2.5).

5 משתתפים נמצאו עם ליקוי בזיכרון לטווח קצר: LILA, SABE, YELE, ADKA, DAHE.

3.2.3 זיכרון פעיל

תפיסה מקובלת של זיכרון פעיל היא כמנגנון שכולל שני חלקים נפרדים שעובדים יחד בסנכרון: זיכרון פסיבי לטווח קצר (שנדון בסעיף הקודם), וזיכרון פעיל המאפשר ביצוע מניפולציות על המידע המאוחסן בזיכרון לטווח קצר. בהתאם להבחנה זו, בדקנו גם האם הקושי בזכירת התרגילים נובע מליקוי בחלק האקטיבי של הזיכרון הפעיל. המדד עבור מנגנון זה היה הממוצע בין ציוני התקן (ביחס לקבוצת הביקורת) של מטלת listening span ומטלת ה-n-back (ראה סעיף 2.2.6).

4 משתתפים נמצאו עם ליקוי בזיכרון פעיל: LILA, SABE, YELE, MANI. מביניהם, 2 משתתפות (LILA ו-SABE) קיבלו ציונים נמוכים גם במדד זיכרון לטווח קצר וגם במדד הזיכרון הפעיל. ייתכן שמקור הליקוי אצל שתי המשתתפות האלה היה הזיכרון הפסיבי לזמן קצר, והליקוי

השפיע גם על מדדי הזיכרון הפעיל, כיוון שמטלות אלה נסמכות גם על הזיכרון הפסיבי לטווח קצר (סעיף 3.2.2). גם אצל MANI נמצא תפקוד נמוך מעט של זיכרון לטווח הקצר, גם אם לא ברמה שעמדה בקריטריונים שהגדרנו לליקוי, ובמטלת הזיכרון הפעיל היא הפגינה תפקוד נמוך מאוד. לפיכך ניתן לשער שהקושי המרכזי אצלה הוא לא בזיכרון לטווח קצר אלא בחלק האקטיבי של הזיכרון הפעיל.

3.2.4 רגישות יתר להפרעה פרואקטיבית

למידת עובדות הכפל עלולה להיות מועדת ל-PI מכיוון שכל תרגילי הכפל בנויים מאותן 10 ספרות והדמיון עשוי לבלבל ולהפריע בתהליך הלמידה. בתור מדד להפרעה פרואקטיבית, התבססנו על מטלת recent probes (סעיף 2.2.7), בה היה צריך להכריע, לגבי כל מילת מטרה, האם היא הופיעה על המסך בתחילת הצעד או לא. המדד הספציפי היה ציון התקן (ביחס לקבוצת הביקורת) של ההפרש בין אחוזי השגיאות בין שני התנאים בהם מילת המטרה לא הופיעה: התנאי המסוּח, בו מילת המטרה לא הופיעה בצעד הנוכחי אבל הופיעה בצעד הקודם, והתנאי השלילי, בו מילת המטרה לא הופיעה גם בצעד הקודם. ככל שערך המדד נמוך יותר, משמעות הדבר היא שהמשתתף נטה לטעות ספציפית במצב המסוּח, כלומר הרגישות להפרעה גדולה יותר.

5 משתתפים נמצאו עם ליקוי בהפרעה פרואקטיבית: LIBE, SABE, YELE, MIKA, DAHE.

3.2.5 בקרת קשב

התמקדנו בשני היבטים של בקרת קשב, שניהם קשורים ברמות-עיבוד שונות של אינהיביציה. היבט אחד הוא התמודדות עם מצבי קונפליקט מנטלי בהם יש תחרות בין כמה אפשרויות, וצריך להתעלם ממידע לא רלוונטי להחלטה (כמו במטלת Stroop). היבט זה מתייחס ליכולת אינהיביציה בשלב קבלת ההחלטה. היבט שני הוא עיכוב של התגובה הלא רצויה במצב של תחרות בין כמה תגובות אפשריות (Tsal et al., 2005). היבט זה מתייחס ליכולת אינהיביציה בשלב ביצוע התגובה. בקרת הקשב על שני היבטים קשורה באופן ישיר לפתרון תרגילי כפל מכיוון שבעת מענה על תרגיל כפל יש לשלוף את הפתרון הנכון תוך כדי התמודדות עם מידע סותר הכולל את הפתרונות השגויים שמתחרים עם הפתרון הנכון (Campbell & Graham, 1985).

המדד בו השתמשנו עבור התמודדות עם מידע סותר התבסס על מטלת ה-strooplike, בה המשתתפים היו צריכים לומר מה המיקום של חץ המטרה או מה הכיוון שלו, תוך התעלמות מהפרמטר הלא-רלוונטי (סעיף 2.2.8). המדד היה ציון התקן של ההפרש בין התנאי התואם לתנאי הלא-תואם. 6 משתתפים נמצאו עם ליקוי: MANI, HATI, YAVA, ITKO, AMSH, YELE.

המדד בו השתמשנו עבור עיכוב תגובה התבסס על מטלת CPT (סעיף 2.2.8), בה המשתתף היה צריך להגיב לנוכחות של צורה מסוימת בצבע מסוים על המסך. המדד היה ציון התקן של אחוז טעויות ההוספה, המקרים בהם המשתתף נהג באימפולסיביות ולחץ על הכפתור בעקבות הצגת גירוי מסוים. 4 משתתפים נמצאו עם ליקוי בעיכוב תגובה: ITKO, YELE, DAHE, MIKA.

אחת המשתתפות (YELE) הפגינה ביצועים נמוכים מאוד בכל המטלות הקוגניטיביות, כולל מטלות הקשב. ייתכן שתפקודי הקשב הנמוכים שלה השפיעו על יכולות התפקוד שלה בשאר המטלות, והתפקודים הנמוכים בכל המטלות, וגם בזכירת לוח הכפל, משקפים כולם את הקושי הקשבי. עם זאת, הממצאים הנוכחיים לא יכולים לקבוע זאת באופן חד משמעי.

לסיכום, מתוך 17 המשתתפים שביצעו את מטלות הקשב, כ-8 משתתפים נמצאו עם ליקוי בבקרת קשב, חלקם עם ליקוי גם בהתמודדות עם מצבי קונפליקט וגם בעיכוב תגובה וחלקם רק באחד מהם.

3.2.6 חוסר למידה בגיל צעיר

על פי דיווח עצמי בשאלון "למידת לוח הכפל בבית הספר" (ראה סעיף 2.2.3), ושיחה מקיפה שנערכה עם כל אחד מהמשתתפים, נקבעה רמת הלמידה וההשקעה בנושא עובדות הכפל של כל משתתף. המטרה היתה לבדוק את האפשרות שהקושי של המשתתפים לא נובע מליקוי, אלא מחוסר שינון של לוח הכפל בגיל צעיר.

הממצאים איששו שהאפשרות הזאת נראית סבירה, כלומר שחלק מהמשתתפים לא התקשו בזכירת לוח הכפל בעקבות ליקוי קוגניטיבי, אלא בעקבות חוסר למידה בגיל צעיר. 7 משתתפים מתוך ה-19 (LIBE, SHKA, LIEL, SHPE, AVBI, SHVA, ARSH) העידו כי לא השקיעו רבות בלמידת לוח הכפל כשהיו בביה"ס, ואצל 6 מתוכם לא נמצא ליקוי באף אחד מהמנגנונים הקוגניטיביים שנבדקו. כולם העידו כי ניסו ללמוד את לוח הכפל במסגרת בית הספר, אולם לא השקיעו בכך מאמץ נוסף בבית, וגם אם השקיעו – זנחו זאת עם הזמן כי חוו חוסר הצלחה מתמשך או כי הסתדרו עם אסטרטגיה כלשהי שנעזרו בה. למשל, ARSH סיפרה שנעזרה במורה פרטית שלימדה אותה לדקלם את הכפולות בעזרת שירים, ובכל פעם שנדרשה לפתור תרגיל היא שרה את כל השיר כדי להגיע לכפולה המבוקשת. האסטרטגיה הזו עזרה לה, ולכן היא לא התאמצה להגיע ליכולת לשלוף באופן ישיר את הפתרון של כל תרגיל. משתתפת נוספת (SHKA) עמדה בקריטריון של תפקוד לקוי, אבל כמות הטעויות שלה היתה גבולית, ונמוכה ביחס לשאר המשתתפים – רק 10 שגיאות. לפי הדיווח שלה, היא למדה את לוח הכפל ללא מאמץ רב אך זכרה אותו בעל פה רק לתקופה, ושכחה עם הזמן. ייתכן שאצל משתתפת זו, לא מדובר בלקות למידה אלא באמת בשכחה שהובילה לרמת תפקוד גבולית.

3.2.7 ידע חבוי והיבטים רגשיים הקשורים ללוח הכפל – טעויות מסוג "לא יודע"

ידע חבוי הוא ידע שבסיטואציה מסוימת המשתתפים לא מצליחים לשלוף אותו, אולם כן מצליחים לשלוף אותו בסיטואציות אחרות. ישנם גורמים אפשריים שונים שעשויים לגרום לידע חבוי זה. אחד מהם הוא היבטים רגשיים, למשל חוסר יכולת לשלוף את התשובה לעובדות הכפל כתוצאה מחרדה כללית (תכונתית או מצבית) ו/או חרדת מתמטיקה, ולא בעקבות חוסר ידע של לוח הכפל.

במבדק ידע לוח הכפל הראשוני שהועבר למשתתפי קבוצת הניסוי נמצא אחוז גבוה של תשובות מסוג "לא יודע" (ראה סעיף 3.1.2). בעקבות זאת, שיערנו שאולי חלק מהטעויות לא נבעו מלקות למידה / קושי קוגניטיבי, ולמעשה כלל לא שיקפו חוסר-ידע, אלא שיקפו ידע חבוי ונבעו מגורמים אחרים כגון לחץ או חרדה. בהתאמה לכך, 12 מתוך 19 המשתתפים בקבוצת הניסוי דיווחו על רמות גבוהות של חרדה כלשהי (טבלה 2). יותר ממחצית מהמשתתפים (10 משתתפים) דיווחו על רמות גבוהות של חרדת מתמטיקה בהשוואה לקבוצת הביקורת ($z > 1.28$), ו-4 משתתפים (21%) דיווחו בנוסף גם על רמות גבוהות של חרדה תכונתית או מצבית. ברמת הקבוצה, למשתתפים בקבוצת הניסוי היו רמות גבוהות יותר של חרדת מתמטיקה מאשר המשתתפים בקבוצת הביקורת ($t(18) = 3.45$, one-tailed $p < .01$). כלומר, נראה כי לקושי בזכירת עובדות הכפל יש קשר לחרדת מתמטיקה. נראה שהקושי קשור ספציפית לחרדת מתמטיקה: לא היו בקבוצת הניסוי משתתפים עם רמות גבוהות של חרדה תכונתית, ובאשר לחרדה מצבית – למרות שהיו משתתפים עם חרדה

מצבית גבוהה (טבלה 2), התופעה נראית סימטרית והיו גם לא מעט משתתפים עם חרדה מצבית נמוכה, כלומר לא מדובר על חרדה מצבית גבוהה יותר בקבוצת הניסוי, אלא על שונות גבוהה במדד זה.

טבלה 2. ציוני התקן בשאלוני החרדה של כלל הנבדקים.

subject	חרדה מצבית	חרדה תכונתית	חרדת מתמטיקה
LILA	1.60	1.12	3.01**
ITKO	0.08	0.35	2.20*
AVBI	0.84	0.16	2.20*
DAHE	0.30	-0.23	2.20*
ADKA	2.15*	0.83	1.84*
SABE	2.15*	1.12	1.84*
MIKA	-0.57	-1.19	1.84*
MANI	0.08	-0.42	1.69
LIBE	0.19	0.06	1.69
ARSH	1.17	1.32	1.40
HATI	-2.20*	-2.25*	-1.54
SHPE	1.82*	0.45	0.30
AMSH	1.71*	1.12	1.25
SHKA	0.52	0.35	-0.22
YAVA	-2.20*	-1.29	1.25
ORDI	-1.65*	-1.97*	-0.58
SHVA	-0.13	-0.81	0.30
YELE	0.74	0.54	0.66
LIEL	0.41	0.83	0.15

* $p \leq .05$ ** $p \leq .01$

המשתתפים שמסומנים בכחול הם אלה ששיפרו את תוצאותיהם בין שני סוגי המבדקים עם וללא תשובה מאולצת.

$z \leq -1.64$	$z \geq 2.05$ (אחוזון 2)	$z \geq 1.64$ (אחוזון 5)	$z \geq 1.28$ (אחוזון 10)	דירוג ביחס לקבוצת הביקורת:
----------------	-----------------------------	-----------------------------	------------------------------	----------------------------

אם הקושי אכן קשור לגורמים שאינם קוגניטיביים אלא אחרים, למשל רגשיים, אפשרות סבירה היא שהקושי לא השפיע על למידת לוח הכפל אלא על השליפה. במצבים כאלה, שיערנו שהתפקוד הנמוך במבדק לוח הכפל וההימנעות מתשובה לא נובע מחוסר ידע, אלא שקיים ידע חבוי והקושי קשור לגורמים אחרים שמקשים על שליפת הידע. כדי לברר לעומק את האפשרות של השפעת גורמים כגון לחץ או חרדה על טעויות מסוג "לא יודע", העברנו את מבדק לוח הכפל פעם נוספת, הפעם עם תשובה מאולצת – כלומר, ללא אפשרות לענות "לא יודע" (הטור "ידע חבוי" בטבלה 1 מציג את הפרש התוצאה בין העברה זו להעברה הראשונה של מבדק לוח הכפל).

מבין 19 המשתתפים, אצל 7 משתתפים הביצוע במטלת לוח הכפל עם תשובה מאולצת היה גבוה באופן משמעותי (3 נקודות או יותר) מהמטלה הראשונה (ללא תשובה מאולצת), ואצל אף משתתף הוא לא היה נמוך באופן משמעותי (ראה טבלה 1). כלומר, נראה כי לחלק מהמשתתפים אכן היה ידע חבוי, שבא לידי ביטוי רק כאשר נמנעה מהם האפשרות לענות "לא יודע".

אחד הגורמים האפשריים ל"החבאה" של הידע עשוי להיות היבטים רגשיים כגון חרדה כללית או ספציפית למתמטיקה. מתוך 7 משתתפים עם "ידע חבוי" ל-4 יש חרדת מתמטיקה גבוהה ולפחות

מדד חרדה תכונתית או מצבית אחד שגבוה מקבוצת הביקורת. בנוסף, נמצא קשר מסוים, גם אם חלש, בין ההשפעה של התשובה המאולצת לבין רמות החרדה של המשתתף כפי שהשתקפו בשאלוני החרדה: כאשר השווינו את 7 המשתתפים הנ"ל, שהראו שיפור משמעותי בעקבות התשובה המאולצת, לשאר המשתתפים, לקבוצה הראשונה היו רמות מעט גבוהות יותר של חרדת מתמטיקה (ממוצע: 63.6 לעומת 58.5). עם זאת, לא נמצא מתאם מובהק בין מדד הידע החבוי (ההפרש בין מבדקי הכפל עם/בלי תשובה מאולצת) לבין כל אחד ממדדי החרדה ($\alpha < 0.3$). מספר המשתתפים הקטן-יחסית בקבוצת הניסוי לא איפשר לנו לברר את השאלה באופן מהימן, ומחקרי המשך יוכלו לבדוק את השפעת החרדה על התפקוד בלוח הכפל באופן מעמיק יותר.

שתי משתתפות לא נמצאו לקויות באופן משמעותי באף מנגנון קוגניטיבי ולא דיווחו על חוסר למידה של לוח הכפל אלא להיפך (ORDI, YAVA). שתיהן הצליחו במבדק הכפל עם תשובה מאולצת יותר מאשר במבדק הכפל הרגיל, דבר שמצביע על כך שלשתיהן היה ידע חבוי, ואצל YAVA הדרישה לתשובה מאולצת אפילו הביאה אותה לרמת תפקוד תקינה במבדק. שתיהן לא דיווחו על רמות גבוהות של חרדה כלשהי, ונראה שאצלן הקושי טמון במקורות אפשריים נוספים לידע חבוי שלא נבדקו במחקר הנוכחי. בדיון נפרט לגבי מקורות אפשריים כאלה.

4 דיון

במחקר זה בדקנו, אצל מבוגרים שהפגינו רמת ידע נמוכה של לוח הכפל, מהו מקור הקושי. ספציפית, ביקשנו לאתר, עבור כל משתתף, את הגורמים הקוגניטיביים, הרגשיים והפדגוגיים העומדים בבסיס הקושי. המחקר העלה דפוס תוצאות, עם מגוון גורמים לקושי בידע לוח הכפל, והם מתוארים להלן.

4.1 הגורמים השונים לקושי בלוח הכפל

4.1.1 גורמי קושי קוגניטיביים

4.1.1.1 זיכרון לטווח הארוך

אצל 2 מתוך 19 משתתפים היה קושי בזיכרון לטווח ארוך. הקושי הזה נצפה גם במדידה שנערכה שעה אחרי הלמידה וגם לאחר יממה. למשתתפת נוספת נמצא ליקוי רק במדד לטווח הקצר יותר (אחרי שעה). לכל 3 המשתתפים האלה היו גם ליקויים נוספים.

העובדות האריתמטיות מאוחסנות בזיכרון לטווח הארוך ושליפת הפתרונות לעובדות אלה מהזיכרון לטווח ארוך נחשבת ליכולת בסיסית ומהווה בסיס לחישוב מורכב יותר (De Visscher & Noël, 2014), שמאפשרת להימנע מאסטרטגיות חישוב (Ding et al., 2017). לכן, מתבקש שלמנגנון של זיכרון לטווח ארוך יהיה קשר ישיר לקושי בזכירת עובדות הכפל. משום כך, ממצא מפתיע היה המספר הקטן מאד של משתתפים עם ליקוי בזיכרון לטווח הארוך – רק 2 משתתפים. כלומר, בניגוד לאינטואיציה, למרות שלוח הכפל נשמר בזיכרון לטווח ארוך, זהו לא הליקוי המרכזי שפוגע ביכולת ללמוד אותו. מחקרי המשך, עם כמות משתתפים גדולה יותר, יוכלו לבדוק באופן מעמיק באמצעות מטלות מפורטות ומגוונות את הקשר בין ליקוי בזיכרון לטווח ארוך לבין קושי בלוח הכפל.

4.1.1.2 זיכרון לטווח קצר (ספרות)

אצל 5 מתוך 19 משתתפים היה קושי בזיכרון לטווח קצר. מתוכם, אצל משתתף אחד זה היה הליקוי היחיד שנמצא.

הממצא שיכולות נמוכות של זיכרון לטווח קצר פוגעות בידע לוח הכפל אינו מובן מאליה, כיוון שזיכרון לטווח קצר מאפשר שמירת מידע לפרקי זמן קצרים מאוד ואילו עובדות הכפל מאוחסנות בזיכרון לטווח הארוך. הסבר אפשרי אחד הוא שליקוי בזיכרון לטווח קצר משפיע ספציפית על שלב הלמידה, כיוון ששמירת מידע בזיכרון לטווח הארוך מתבצעת בשלב הראשון בעזרת החזקה ורישום של המידע בזיכרון לטווח קצר (Baddeley et al., 1998). הסבר נוסף הוא שליקוי בזיכרון לטווח קצר למעשה לא משפיע כלל על ידע לוח הכפל: היה רק משתתף אחד אצלו הליקוי בזיכרון לטווח קצר היה הליקוי היחיד שנמצא, ורמת הביצוע של משתתף זה במבדק לוח הכפל היתה גבולית. ליקוי בזיכרון לטווח קצר נמצא אמנם אצל 4 משתתפים נוספים, אבל היו להם גם ליקויים נוספים, וייתכן שהם אלה שעמדו בבסיס הקושי. בעקבות כך, נראה כי יש להמשיך ולחקור את הקשר של זיכרון לטווח קצר לזכירת עובדות הכפל.

בכל מקרה, גם אם ליקוי זיכרון לטווח קצר עלול לפגוע בידע לוח הכפל, ברור שזהו לא גורם הקושי היחיד. לרוב המשתתפים במחקר היו תפקודים תקינים של זיכרון לטווח קצר. עדות נוספת לכך

מגיעה ממחקרים בהם נמצא פער בין זיכרון לטווח קצר לבין ביצועים אריתמטיים (Butterworth et al., 1996).

4.1.1.3 זיכרון פעיל

אצל 4 מתוך 19 משתתפים היה קושי בזיכרון הפעיל. אצל כולם היו גם ליקויים נוספים.

תפיסה מקובלת של הזיכרון הפעיל היא כמנגנון שכולל שני חלקים שעובדים יחד בסנכרון: חלק של זיכרון פסיבי לטווח קצר (STM) המאחסן מידע לפרקי זמן קצרים, וחלק של זיכרון אקטיבי המאפשר ביצוע מניפולציות על המידע המאוחסן בזיכרון לטווח קצר (Baddeley, 1992). מבין 4 המשתתפים שנמצאו עם ליקוי בזיכרון פעיל, ל-2 משתתפות היה ליקוי גם בזיכרון לטווח הקצר (STM). במחקר הנוכחי, המטלות שבוחנות את הזיכרון הפעיל נשענות על שני החלקים שלו – גם על הזיכרון הפסיבי לטווח הקצר וגם על הזיכרון האקטיבי. ליקוי בכל אחד משני החלקים האלה יפגע בביצועים במטלות כאלה. לכן, אצל שתי המשתתפות האלה לא ניתן לדעת האם הליקוי היה בחלק הפסיבי של הזיכרון הפעיל או בחלק האקטיבי שלו.

בדומה לזיכרון לטווח קצר, גם הממצא שיכולות נמוכות של זיכרון פעיל פוגעות בידע לוח הכפל אינו מובן מאליו, כיוון שזיכרון פעיל שומר מידע לפרקי זמן קצרים ואילו עובדות הכפל מאוחסנות בזיכרון לטווח הארוך. גם כאן, הסבר אפשרי אחד הוא שליקוי בזיכרון פעיל משפיע על שלב הלמידה, כשלב בדרך לאחסון המידע בזיכרון לטווח ארוך (Baddeley et al., 1998). אפשרות נוספת היא שליקוי בזיכרון פעיל לא פוגע באחסון תרגילי כפל בזיכרון ארוך-טווח אלא בשליפתם משם. למשל, ליקוי כזה עלול לפגוע בזמינות המשאבים הקוגניטיביים הנחוצים לשליפת מידע מהזיכרון לטווח ארוך (Barrouillet et al., 2004).

4.1.1.4 רגישות יתר להפרעה פרואקטיבית

אצל 5 מתוך 19 המשתתפים נמצאה רגישות גבוהה להפרעה פרואקטיבית, כפי שנבדקה באמצעות מטלת recent probes. לכולם היו גם ליקויים נוספים.

הפרעה פרואקטיבית (PI) מתייחסת להשפעות שליליות של פריטים שכבר נמצאים בזיכרון על פריטים חדשים שנלמדים (Crowder, 1976). למידת עובדות הכפל עלולה להיות מועדת ל-PI מכיוון שכל תרגילי הכפל בנויים מאותן 10 ספרות. אכן, אנשים וילדים עם רגישות יתר להפרעה נתקלים בקשיים בלמידה ואחסון של עובדות הכפל בזיכרון לטווח הארוך ספציפית בגלל הדמיון בין העובדות (Dotan & Zviran-Ginat, 2022; De Visscher & Noël, 2013, 2014). גם במחקר הנוכחי היו משתתפים עם רגישות גבוהה ל-PI וככל הנראה, זו הסיבה בגינה הם לא מצליחים לזכור את עובדות הכפל.

הפרעה פרואקטיבית יכולה לפגוע גם בזיכרון לטווח קצר (Baddeley, 1966; Oberauer & Lange, 2008) וגם בזיכרון לטווח ארוך (Dotan & Zviran-Ginat, 2022). במחקר הנוכחי בדקנו רגישות להפרעה פרואקטיבית רק באמצעות מטלת זיכרון לטווח קצר. במחקרי המשך, נראה שכדאי לבדוק את הרגישות להפרעה גם באמצעות מטלה של זיכרון לטווח ארוך (ראו נספח ג' לפירוט לגבי מטלות כאלה, שלא נכנסו למחקר הנוכחי).

4.1.1.5 בקרת קשב

אצל 8 מתוך 17 משתתפים נמצא תפקוד נמוך של מנגנוני בקרת קשב. מתוכם, אצל 2 משתתפים זה היה הליקוי היחיד שנמצא. בהתאמה, גם מחקרים קודמים מצאו שקושי באינהיביציה עשוי להסביר חלק מהביצועים המתמטיים הנמוכים בקרב ילדים עם דיסקלקוליה התפתחותית (Bellon et al., 2016), ויכולות קשביות מנבאות תפקודים מתמטיים ויכולת חישוב לתפקודים מתמטיים; כאן, הראינו באופן מדויק את ההשפעה של ליקוי במנגנון קשב ספציפי (בקרת קשב) על יכולת מתמטית ספציפית (ידע לוח הכפל).

בדומה למנגנוני זיכרון לטווח קצר, גם האפקט של בקרת הקשב הוא רגעי ולא מתמשך, שלא אמור לפגוע ישירות בזיכרון לטווח הארוך בו מאוחסנות עובדות הכפל. למרות זאת, קושי בבקרת קשב עשוי להקשות על תהליך הלמידה והאחסון של עובדות הכפל בזיכרון לטווח הארוך (אם בקרת קשב היא הכרחית כשלב מקדים לאחסון בזיכרון) או בשלב השליפה (אם ליקוי בבקרת קשב פוגע בזמינות המשאבים הנדרשים לשליפה).

4.1.2 זיכרון פעיל, הפרעה פרואקטיבית ובקרת קשב

אצל 5 משתתפים נמצאה רגישות גבוהה להפרעה פרואקטיבית, אצל 8 נמצאו תפקודי קשב/אינהיביציה נמוכים, ואצל 4 נמצא ליקוי בזיכרון פעיל. בסך הכל, ל-11 משתתפים היה ליקוי באחד מהמנגנונים הללו.

מחקרים רבים דנים בקשר שבין רגישות יתר להפרעה פרואקטיבית, זיכרון פעיל ובקרת קשב נמוכה. היבטים אלה דומים ונראה שבבסיסם מוטיב חוזר ומשותף והוא התמודדות עם הפרעה בין פריטי מידע (Oberauer, 2020; Oberauer & Lange, 2008; Hedden & Yoon, 2006). על פי Oberauer (2020), הזיכרון הפעיל בעצמו סוג של מנגנון קשבי. מטרת הזיכרון הפעיל היא לאחסון כמות קטנה של מידע רלוונטי למשימה הנוכחית, ולהוציא מהזיכרון באופן רציף את המידע הלא-רלוונטי. תיאור זה דומה מאוד לתיאור של בקרת קשב בתור מנגנון שמתמודד עם מצבי קונפליקט. בנוסף, מחקרים אלה (Oberauer, 2009) הציעו ספציפית שהאתגר המרכזי של זיכרון פעיל הוא להתמודד עם הפרעה הנגרמת מחפיפה בין פריטים שחולקים תכונות דומות. רמת הרגישות של כל אדם להפרעה פרואקטיבית עשויה להוות מדד טוב ליעילות התהליך הזה.

עם זאת, במחקר הנוכחי לא ראינו התאמה טובה בין ליקויים בזיכרון פעיל, בבקרת קשב, וברמת הרגישות להפרעה. ניתן להסביר את חוסר ההתאמה הזה בשתי דרכים. אפשרות אחת היא שגם אם יש חפיפה מסוימת בין 3 המנגנונים הנ"ל, הם לא בדיוק אותו מנגנון אלא רק חופפים בחלקים מסוימים. זוהי בהחלט אפשרות סבירה – אפילו בתוך בקרת קשב ניתן להבחין בין 2 מנגנונים שונים (התמודדות עם קונפליקט, עיכוב תגובה, (Tsal et al., 2005)), ובמקרים מסוימים גם אין התאמה מלאה בין מטלות שונות שאמורות לבדוק זיכרון פעיל (Dotan & Friedmann, 2019). האפשרות השנייה היא שאכן המנגנונים חופפים לגמרי זה לזה, אבל המטלות שבודקות אותם לא נשענות אך ורק על המנגנונים האלה אלא גם על מנגנונים נוספים, ואלה עשויים להיות שונים בין מטלה למטלה.

4.1.3 ידע חבוי וחרדת מתמטיקה

אצל 7 משתתפים נמצא "ידע חבוי" – ידע שבסיטואציה מסוימת המשתתפים לא מצליחים לשלף אותו, אבל הם כן מצליחים לשלף אותו בסיטואציות אחרות. משתתפים אלה עשו טעויות רבות

בלוח הכפל, אבל הביצוע שלהם השתפר במבדק עם תשובה מאולצת, שלא איפשר להם לענות "לא יודע".

גורמים שונים עשויים לגרום לידע חבוי. אחד מהם עשוי להיות חרדה: תחושות של חרדה מתגברות בהתאם לתגובתו של הפרט בהיתקלות עם מצב המאיים עליו, ומפחיתות את הביטחון העצמי ואת היכולת של הפרט להתמודד עם הגורם המאיים (Petruzzello et al., 1991). בהקשר ללוח הכפל, רמת חרדה גבוהה יכולה לגרום לתחושת חוסר ביטחון בהקשר לנושא זה, ולגרום לאדם לוותר על הניסיון לפתור תרגיל גם אם בעצם הוא יודע את התשובה. הסיבה לחרדה יכולה להיות כללית, או שהחרדה היא ספציפית למתמטיקה.

אכן, קבוצת הניסוי הפגינה רמה גבוהה של חרדת מתמטיקה, ואצל 10 מתוך 19 משתתפים נמצאו רמות גבוהות במיוחד של חרדת מתמטיקה. חרדה כללית (תכונתית או מצבית) לא נמצאה כמנבא של הקושי בלוח הכפל. עם זאת, בניגוד למקורות הקוגניטיביים שנדונו לעיל לקושי בלוח הכפל, לגביהם סביר לשער קשר סיבתי בו הליקוי גרם לקושי בלוח הכפל, במקרה של חרדה אי אפשר לשער את כיוון הסיבתיות באופן אוטומטי – ייתכן גם שהקושי בלוח הכפל הוא שגרם לחרדה. בירור מעמיק של כיוון הסיבתיות ידרוש שימוש בטכניקות שונות מאלה שהשתמשנו בהן כאן – למשל, תפעול של רמת החרדה.

מחקרים קודמים הראו שחרדת מתמטיקה פוגעת במשימות מתמטיות שמתבססות על זיכרון פעיל, אך לא מפריעה כאשר ניתן לפתור את הבעיה המתמטית באמצעות אחזור עובדות מתמטיות, כמו במקרה של כפל חד ספרתי (Ashcraft, 2002; Chang & Beilock, 2016). המחקר הנוכחי מוסיף צד נוסף לעניין החרדה, ומראה על קשר בינה לבין ידע עובדות יסוד. דרך אחת להסביר את הקשר הזה היא שהוא מתווך על-ידי זיכרון פעיל, כלומר החרדה פוגעת בתפקודי זיכרון פעיל, ואלה פוגעים ביכולת ללמוד את לוח הכפל. אכן, ראינו במחקר הנוכחי 4 משתתפים עם ליקוי בזיכרון פעיל, ומתוכם ל-3 היו רמות גבוהות של חרדת מתמטיקה. עם זאת, היו גם משתתפים עם רמות חרדה גבוהות בלי ליקוי בזיכרון פעיל.

חרדת מתמטיקה אינה בהכרח הגורם היחיד לידע חבוי של לוח הכפל. אכן, מבין המשתתפים שהראו ידע חבוי, נמצאו 2 משתתפים ללא רמות גבוהות של חרדת מתמטיקה וללא ליקויים קוגניטיביים מבין המנגנונים שנבדקו. אצל משתתפים אלה נראה שהגורם לידע החבוי הוא אחר. אפשרות אחת לגורם כזה היא ליקוי במנגנון שמבסס את תחושת הביטחון הסובייקטיבי (confidence) – עד כמה המשתתף מאמין שהחלטה שבחר היא החלטה הנכונה. על פי הסבר זה, כאשר משתתף נדרש לשלוף פתרון של תרגיל כפל, הוא מתקשה לא כיוון שהוא לא יודע את הפתרון אלא כיוון שהוא לא מספיק בטוח בו – למשל, כי הוא דורש מעצמו סף לא ריאלי של וודאות כדי לתת תשובה. משתתפים כאלה יעדיפו לומר "לא יודע", אבל כאשר אפשרות זו נשללת מהם, הם בוחרים בפתרון הנכון.

4.1.4 גורמי קושי פדגוגיים – חוסר למידה בגיל צעיר

7 מתוך 19 משתתפים דיווחו על חוסר למידה של לוח הכפל בגיל צעיר, ומתוכם אצל 3 לא נמצאו ליקויים קוגניטיביים, רמות גבוהות של חרדת מתמטיקה, או ידע חבוי. כלומר, משתתפים אלה באמת לא יודעים את לוח הכפל, והסיבה לכך היא לא אף אחד מהגורמים הקוגניטיביים והרגשיים שבדקנו. נראה שבמקרה זה הסיבה היא שהם פשוט לא למדו את לוח הכפל כמו שצריך. מהנתונים

כאן עולה הרושם שחוסר למידה הוא גורם נפוץ למדי לאי-ידיעת לוח הכפל – אולי באופן לא מפתיע, לאור המאמץ הרב שנדרש לעיתים כדי להצליח ללמוד את לוח הכפל בעל-פה.

קושי בעקבות חוסר למידה ולא בעקבות ליקוי הוא נושא שחשוב לדון בו כיוון שסוגיה זו עשויה להיות דילמה אבחוניית משמעותית. אחת המטרות החשובות של אבחון לקויות למידה היא להבין האם הקושי התפקודי נובע מלקות למידה או מלמידה לא מספיקה או לא מתאימה. גם במקרה של לוח הכפל, חשוב להבחין בין ילד שלא יודע את עובדות הכפל כיוון שלא למד אותן כמו שצריך לבין ילד שיש לו ליקוי במנגנון קוגניטיבי שמונע ממנו ללמוד את לוח הכפל באופן סביר. הממצאים שלנו מצביעים על כך ששתי האפשרויות קיימות, ואף אחת מהן אינה נדירה במיוחד.

לאור זאת, חשוב שאבחון לקויות למידה יתייחס להבחנה הזאת. אצל ילדים צעירים, שעדיין לומדים את לוח הכפל בביה"ס, ההתייחסות להיבט הפדגוגי תגיע בדרך כלל באופן טבעי, ע"י בירור של הרגלי הלמידה הקיימים או ע"י שינוי שלהם דרך התערבות. אצל מתבגרים או בוגרים, חשוב להתייחס להיבט הפדגוגי באופן שיטתי (בנוסף על ההיבטים הקוגניטיביים והרגשיים), למשל באמצעות שאלון דיווח עצמי רחב, כפי שהועבר במחקר הנוכחי, שמתעמק בהיסטוריה הפדגוגית של אותו אדם כתלמיד.

היבט פדגוגי נוסף שמשליך על היכולת לפתור תרגילי כפל הוא היכולת לפתור אותם באמצעות אסטרטגיות חישוב במקרה בו לא זוכרים את התשובה. זוהי יכולת חשובה ביותר במקרה של אחד מהליקויים שנמצאו כאן, וגם במקרה של אנשים ללא ליקוי – כמו שראינו כאן, גם הם בדרך כלל לא זוכרים את כל לוח הכפל. במחקר הנוכחי, יכולת זו לא נבדקה ישירות כיוון שלא אפשרנו למשתתפים במבדקי הכפל לחשב או להשתמש באסטרטגיה שיכולה לסייע להם, הם נבחנו אך ורק על סמך יכולות השליפה של הפתרונות. הנחה סבירה היא שכל המשתתפים במחקר, או לפחות רובם, יודעים לפתור תרגילי כפל חד-ספרתי בעזרת חישוב קצר או אסטרטגיה (שתעמיס על הזיכרון הפעיל). הנחה זו תואמת את הדיווח הסובייקטיבי של המשתתפים. למרות זאת, חשוב גם לזכור שאסטרטגיות חישוב הן איטיות יותר ויוצרות עומס קוגניטיבי גדול יותר בהשוואה לאחזור. ככל שיש יותר אוטומטיות בשליפת הפתרונות, כך מתאפשר שטף ביצועים וקיבולת הזיכרון הפעיל מתפנה (Barrouillet & Lépine, 2005; Ding et al., 2017).

4.2 ההטרונגיות של קשיים בידע לוח הכפל

ממצאי המחקר מראים שאין סיבה אחת לקושי בלוח הכפל. מבין כל גורמי הקושי שבדקנו, לא נמצא אף גורם יחיד שמסביר את הקושי אצל כל המשתתפים או אפילו אצל רובם. להפך, ניתן להסביר את הקושי בזכירת לוח הכפל על ידי מגוון רב של קשיים במנגנונים קוגניטיביים שונים, על רקע רגשי ועל רקע פדגוגי. ממצאים אלה עומדים בניגוד לתפיסה "הוליסטית" לפיה קיים גורם-קושי דומה אצל כל הילדים עם ידע נמוך של לוח הכפל (American Psychiatric Association, 2013; De Visscher & Noël, 2014). במחקר הנוכחי, בגלל מגבלת גודל המדגם, לא יכולנו להראות מהי ההתפלגות היחסית של גורמי הקושי השונים בידע לוח הכפל. עם זאת, מגוון הליקויים שנמצאו מספיקים כדי להראות שהתופעה היא הטרונגית ולא נובעת מגורם אחד. יש לשים לב שאצל חלק מהמשתתפים נמצא יותר מליקוי אחד, ומשתתפים אלה לא יכולים להוות הוכחה חד-משמעית לכך שליקוי במנגנון יחיד ספציפי מהווה מקור לקושי בלוח הכפל. ביסוס נוסף של כל אחד ממקורות

הקושי שנמצאו כאן ידרוש מחקר המשך עם מדגם גדול יותר, בו יזוהו מספיק ליקויים לגבי כל אחד ממקורות הקושי השונים.

מהממצאים גם נראה שרשימת גורמי הקושי שנבדקו כאן לא ממצה לחלוטין את כל גורמי הקושי האפשריים לקושי בלוח הכפל, אבל היא לא רחוקה מכך. מתוך 19 המשתתפים, הצלחנו לזהות גורם קושי מדויק אצל 17 משתתפים, ואצל 2 משתתפים נוספים הצלחנו לזהות את מקור הקושי באופן חלקי (ידע חבוי, שהסיבה לו לא ברורה).

ממצא מעניין נוסף הוא שדיסקלקוליה מסוג קושי בלוח הכפל היא לא רק תופעה הטרוגנית, אלא גם תופעה שלא נובעת ממנגנונים הקשורים ספציפית למתמטיקה או למספרים. כל הליקויים הקוגניטיביים שנמצאו במחקר זה היו במנגנונים כלליים (domain-general), זיכרון וקשב. גם מחקרים נוספים מראים תוצאות דומות, לפיהן ליקויים בחישוב נובעים ממנגנונים כלליים ולא דווקא ממנגנון ספציפי למתמטיקה או למספרים (ניר, בהכנה; צבירן גינת, בהכנה; Archambeau & Gevers, 2018).

4.3 ידע לוח הכפל באוכלוסיה

בקבוצת הביקורת, נמצא מתאם בין גיל המשתתף לבין רמת הידע של לוח הכפל – ככל שהגיל יותר צעיר כך יש יותר שגיאות. אחוז הטעויות אצל הצעירים ביותר היה 12%, פי 3 מאשר אצל המבוגרים ביותר, ממצא זה מדגיש את ההידרדרות שחלה לאורך השנים ובמיוחד את התפקוד הלקוי של הצעירים ביותר שסיימו ללמוד בבית הספר לא מזמן. מעניין לבחון האם ההידרדרות הזאת נובעת מירידה בתפיסת החשיבות של למידת לוח הכפל (למשל בגלל זמינות אמצעים טכנולוגיים לחישוב), או בהידרדרות של שיטות הלימוד הנהוגות בשנים האחרונות בבתי הספר – ייתכן כי הן פחות יעילות ופחות שמות דגש על השינון ויותר על מציאת דרך הפתרון הנוחה לכל תלמיד. מעניין גם לחקור את ידע לוח הכפל בקרב אוכלוסיות נוספות במדינות אחרות בעולם בהן שיטות הלימוד שונות משיטת הלימוד המקובלת במדינת ישראל כדי להבין האם הדפוס הזה ספציפי למדינת ישראל או שמא יש מדינות נוספות בהן זה המצב.

נקודה מעניינת שחשוב להתייחס אליה היא מצב הידע של עובדות יסוד אצל אנשים צעירים בעשור השלישי לחייהם – אלה שהפגינו את רמת הידע הנמוכה ביותר של לוח הכפל. האם ההידרדרות שחלה לאורך השנים נובעת מירידה גורפת ברמת הידע, או שהיא חלה רק בקרב אוכלוסיות מסוימות? האם חוסר בזכירת עובדות הכפל בעל פה היווה עבורם קושי או מכשול בעת למידה למבחני הבגרות? האם הם מצליחים לבצע חישובים פשוטים בראשם? אם לא, עד כמה זה משפיע על חיי היום יום שלהם ועל דימויים העצמי? והאם באופן כללי, ידע עובדות יסוד בעל פה הוא הכרחי בעידן שבו יש מחשבון זמין בטלפון הנייד? אלה שאלות חשובות שעולות מתוך המחקר הנוכחי, וראוי לבדוק במחקרי המשך.

4.4 אבחון וטיפול

כיום, על פי ה-DSM, לקות למידה במתמטיקה מוגדרת כדיסקלקוליה התפתחותית (DD - Developmental dyscalculia) וכוללת קשיים בעיבוד המספרי, בלמידה וזכירה של עובדות אריתמטיות, בביצוע חישובים מדויקים או בשטף החישוב (American Psychiatric Association, 2013). ה-DSM לא מתאר לקות למידה במתמטיקה כדבר הטרוגני שמעיד על סוגים שונים של

לקויות למידה במתמטיקה. בניגוד לתפיסה זו, מחקרים בתחום מצביעים על קיומם של ליקויים בתפקודים מתמטיים ספציפיים למשל, לקות בקריאת מספרים (Dotan & Friedmann, 2018), קושי בידע עובדות יסוד (כמדוח כאן), וקושי בביצוע פרוצדורות חישוביות מורכבות יותר (Semenza et al., 1997; Archambeau & Gevers, 2018). המחקר הנוכחי מראה מגוון לקויות ספציפיות אפילו בתוך תפקוד מתמטי אחד, קושי בזכירת עובדות הכפל: הראינו הטרוגניות רבה עם מגוון מנגנונים קוגניטיביים, רגשיים ופדגוגים שעשויים להיות מקור הקושי. ההטרוגניות הרבה הזאת מדגישה שבעת אבחון, חשוב להבחין בין הסוגים השונים של דיסקלקוליה, כולל כאלה שנובעים ממנגנונים כלליים ולא ספציפיים למתמטיקה, על מנת למצוא את מקור הקושי המדויק ובכך למצוא טיפול מתאים. ככל שהאבחון יהיה מדויק יותר ויבדוק את כלל המקורות האפשריים כך יש יותר סיכוי לאתר את המנגנון או המנגנונים הליקויים ולהעניק טיפול מתאים ומדויק. למשל, אדם שאינו מצליח לזכור את לוח הכפל בעקבות קשיים רגשיים זקוק לטיפול שונה מאדם שאינו מצליח לזכור את לוח הכפל בעקבות ליקוי בזיכרון לטווח קצר.

בהיבט הפרקטי, יש לחשוב האם ישנה דרך ייחודית ללימוד לוח הכפל עבור כל אחד מסוגי הליקויים ולראות האם ישנה דרך מיוחדת או אסטרטגיה שתהיה יעילה ללימוד עובדות הכפל אצל אנשים שיש להם ליקוי בכל אחד מהמנגנונים. במידה ומקור הקושי הוא הפרעה פרואקטיבית, נמצא כי הימנעות משינון עובדות כפל דומות בו-זמנית עשויה לעזור בזכירת לוח הכפל. כלומר, דרך הלימוד היעילה ביותר עבור אנשים עם רגישות יתר לדמיון היא לימוד קבוצת תרגילי כפל ביניהם דמיון נמוך ולא כפי שנלמד בבית הספר – התמקדות בקבוצת תרגילים של אותה הכפולה (De Visscher & Noël, 2014; Dotan & Friedmann, 2019). אם מקור הקושי הוא בקרת קשב, ניתן לערוך אימונים קשביים קוגניטיביים ממוחשבים שמטרתם לשפר את פונקציות הקשב השונות באמצעות תרגול מובנה ואינטנסיבי של היבטים שונים של קשב (Shalev et al., 2007). גם אם מקור הקושי הוא בזיכרון פעיל, ניתן לשקול טכניקות של אימון ממוחשב (Klingberg et al., 2005).

5 סיכום

לוח הכפל הוא נושא בסיסי שנלמד כבר בשנים הראשונות לבית הספר. ראינו כאן שקושי בזכירת עובדות הכפל הוא תופעה נפוצה ביותר, במיוחד אצל צעירים שסיימו לימודיהם בשנים האחרונות. ממצא זה מעלה את הצורך לבחון את האופן בו מלמדים את עובדות הכפל בבתי הספר ולראות האם השיטות יעילות וכיצד ניתן לדייק אותן.

המחקר הנוכחי גם הראה שדיסקלקוליה מסוג קושי בלוח הכפל היא תופעה הטרוגנית מאוד. מקור הקושי עשוי להיות קוגניטיבי – ליקוי בזיכרון לטווח ארוך, לטווח קצר, או זיכרון פעיל, רגישות גבוהה להפרעה פרואקטיבית, ובקרת קשב נמוכה. המקור עשוי להיות רגשי – חרדת מתמטיקה; והוא עשוי להיות פדגוגי – למידה לא מספיקה של הנושא. על מנת להעניק טיפול מתאים ומדויק לקושי זה, יש לבצע אבחון מדויק שיכלול בדיקה מקיפה של כל המקורות האפשריים לליקוי. לאחר מציאת מקורות אלה תתאפשר מחשבה על סוג הטיפול המתאים והמדויק – בין אם מדובר בטיפול עם אוריינטציה רגשית או בטיפול בליקוי באחד מהמנגנונים הקוגניטיביים.

נספח א': מבדק עובדות הכפל

$5 \times 3 = 15$	26
$8 \times 7 = 56$	27
$9 \times 3 = 27$	28
$5 \times 10 = 50$	29
$7 \times 4 = 28$	30
$6 \times 2 = 12$	31
$7 \times 5 = 35$	32
$8 \times 2 = 16$	33
$9 \times 5 = 45$	34
$8 \times 8 = 64$	35
$7 \times 3 = 21$	36
$5 \times 4 = 20$	37
$3 \times 1 = 3$	38
$4 \times 4 = 16$	39
$6 \times 5 = 30$	40
$2 \times 2 = 4$	41
$9 \times 8 = 72$	42
$6 \times 3 = 18$	43
$8 \times 5 = 40$	44
$3 \times 3 = 9$	45
$6 \times 4 = 24$	46
$9 \times 2 = 18$	47
$8 \times 3 = 24$	48
$6 \times 0 = 0$	49

$7 \times 2 = 14$	1
$8 \times 6 = 48$	2
$2 \times 1 = 2$	3
$6 \times 6 = 36$	4
$8 \times 1 = 8$	5
$9 \times 7 = 63$	6
$5 \times 5 = 25$	7
$2 \times 10 = 20$	8
$9 \times 9 = 81$	9
$4 \times 0 = 0$	10
$3 \times 2 = 6$	11
$10 \times 10 = 100$	12
$7 \times 6 = 42$	13
$3 \times 0 = 0$	14
$4 \times 2 = 8$	15
$1 \times 0 = 0$	16
$8 \times 4 = 32$	17
$9 \times 6 = 54$	18
$4 \times 3 = 12$	19
$9 \times 0 = 0$	20
$7 \times 7 = 49$	21
$5 \times 2 = 10$	22
$8 \times 10 = 80$	23
$7 \times 1 = 7$	24
$9 \times 4 = 36$	25

נספח ב': שאלון למידת לוח הכפל לקבוצת הניסוי

שאלה 1:

מ-1 (הכי מעט) עד 5 (הכי הרבה) כמה אתה זוכר שהשקעת בתור תלמיד בלמידת לוח הכפל?
 1/2/3/4/5 פירוט: _____

שאלה 2:

מה היו הסיבות לכך שלמדת והתאמנת על הנושא הזה? ניתן לבחור יותר מתשובה אחת.

- לחץ מההורים
- לחץ מבית הספר
- תחושת תחרותיות בכיתה
- מוטיבציה פנימית: הבנת החשיבות של הנושא
- אחר: _____

שאלה 3:

● מ-1 (הכי מעט) עד 5 (הכי הרבה) האם זכור לך מהסביבה (משפחה, חברים, בית הספר) כתלמיד שלוח הכפל זהו נושא חשוב?
 1/2/3/4/5 פירוט: _____

● וכיום, מ-1 (הכי מעט) עד 5 (הכי הרבה) כמה אתה חושב שלוח הכפל זהו נושא חשוב?
 1/2/3/4/5 פירוט: _____

שאלה 4:

מ-1 (הכי מעט) עד 5 (הכי הרבה) בתור אדם מבוגר כיום, האם מפריע לך שאינך זוכר את לוח הכפל בעל פה?
 1/2/3/4/5 פירוט: _____

שאלה 5: כיצד למדת/תרגלת את לוח הכפל בבית הספר ובבית?

נספח ג': מטלות שלא נכנסו למחקר

במחקר הועברו שתי מטלות נוספות שנועדו לבחון רגישות יתר לדמיון, ולא נכנסו למחקר. להלן פירוט אודות המטלות, מדוע לא נכנסו למחקר ומהם ההיבטים המתודולוגיים שיש להיעזר בהם על מנת לשפר אותן.

מטלת "מקהלה עליזה"

מטלה זו מבוססת על מטלת "שמות וארצות" (De Visscher & Noël, 2013;) (Dotan & Friedmann, 2019) ומטרתה לבדוק את השפעת הדמיון בין פריטים על הזיכרון לטווח הקצר ועל הזיכרון לטווח הארוך. במטלה לומדים בעל-פה רשימת פריטים, כאשר כל פריט מכיל כמה מילים. הפריטים מחולקים לשתי קבוצות: בקבוצה אחת הפריטים דומים זה לזה, ובקבוצה השנייה לא.

שיטה

גירויים

הרעיון הבסיסי במטלה הוא שהמשתתף צריך לשנן 2 רשימות עם 12 פריטים בכל אחת. שתי הרשימות (ראה טבלה 3) היו בנויות באותו אופן (החלוקה ביניהן נועדה רק למנוע עומס זיכרון לא ריאלי) – בכל רשימה 6 פריטים שדומים זה לזה ו-6 פריטים ששונים זה מזה. כל פריט הוא משפט במבנה קבוע, שכולל שם פרטי, שם של ציפור ותכונה (לדוגמה, "לאדריאנה יש עפרוני נועז"). בפריטים עם הדמיון הגבוה, השמות, שמות הציפורים והתכונה חוזרים על עצמם. פריטים אלה יוצרים רמה גבוהה של הפרעה בין פריט לפריט. בפריטים עם הדמיון הנמוך, השמות, שמות הציפורים והתכונה לא חוזרים על עצמם. פריטים אלה יוצרים רמה נמוכה של הפרעה. שמות הציפורים בשני סוגי הפריטים (דמיון גבוה, דמיון נמוך) היו באורך דומה (עבור כל פריט ממוצע הפונמות הוא 5.33).

טבלה 3. שתי הרשימות של מטלת "מקהלה עליזה".

רשימה ב'				רשימה א'			
תחושה/רגש	ציפור	שם		תחושה/רגש	ציפור	שם	
הססן	תור	פרנק	L	חששן	אִרְגִּזִי	אוגוסטין (augustin)	L
דאגן	קיבלי	קמיל	L	אחראית	דוכיפת	אבריאל (abrial)	L
נועז	עפרוני	אדריאנה	L	נאמן	חופמאי	דרציו	L
מסור	פצחן	אסטלה	L	קפדן	אוח	אנטולה (anatole)	L
אדיש	שלדג	פביאן	L	חרוצה	דררה	אמילו	L
סבלן	שרקרק	ארמנד	L	דייקן	עגור	אנדרי	L
פחדנית	סנונית	קרול	H	עצמאי	זמיר	ברנד	H
שקדנית	דִּיָּה	קרול	H	קנאי	סייפן	ברנד	H
יסודית	חוחית	אלבסי	H	רגיש	סִיקְסֵק	פבריק	H
שקדנית	סנונית	אלבסי	H	קנאי	זמיר	פבריק	H
יסודית	דִּיָּה	אנטונין	H	רגיש	סייפן	אדלין	H
פחדנית	חוחית	אנטונין	H	עצמאי	סִיקְסֵק	אדלין	H

הליך

עבור כל רשימה (א'+ב'), המטלה כוללת שני חלקים: חלק של למידה ושינון, וחלק של מבחן. רשימת פריטים אחת נלמדה בסבב הראשון, והשנייה נלמדה בסבב השני כשבועיים-שלושה לאחר מכן. המטרה היתה להגדיל את הציון שיכול לקבל המשתתף.

למידה: חלק זה כלל 5 סבבים, כאשר בכל סבב יש שני שלבים. בשלב הראשון הנסיינית אמרה בקול כל פריט – את המשפט שכולל שם, שם הציפור והתכונה או הרגש – והמשתתף חזר אחריה. אחרי שהמשתתף חזר על 12 הפריטים, בשלב השני הנסיינית שאלה פעם אחת לגבי כל פריט, כאשר השאלה יכלה להופיע בשלושה ניסוחים שונים: "איזה מין עפרוני יש ל-X?", "איזה ציפור נועזת יש ל-X?" או "למי יש ציפור נועזת?" אם המשתתף טעה, הנסיינית תיקנה אותו.

מבחנים: אחרי סיום 5 הסבבים הועבר מבחן שכלל 12 שאלות בשלושה ניסוחים שונים (כמו במבדק לאחר כל סיבוב למידה). עבור כל שאלה הנסיינית הקריאה למשתתף את השאלה ו-5 תשובות אפשריות והמשתתף בחר את התשובה הנכונה. למשל, "איזה ציפור קנאית יש לברנרד? זמיר / סייפן / ירגזי / דררה / לברנרד אין ציפור קנאית", "למי יש דוכיפת אחראית? אבריאל / אנטולה / אדלין / פבריק / אין דוכיפת אחראית" ו-"איזה מין דיה יש לאנטונין? יסודית / פחדנית / שקדנית / נועזת / אין לאנטונין דיה". השאלות והאפשרויות הוצגו גם על גבי המסך. בשלב זה לא תוקנו טעויות של המשתתף. יום אחרי כן הועבר למשתתפים מבחן נוסף, באותו פורמט, על מנת לבחון את השפעת הדמיון על הזיכרון לטווח הארוך. לאחריו, התבצע סיבוב ריענון של אימון נוסף ולאחריו מיד מבחן סופי אחרון. זאת כדי לערוך השוואה ולבדוק את הביצוע במבחן הסופי ואת השפעת הדמיון לפני אימון ריענון ואחריו, ולבדוק האם סיבוב למידה נוסף יעורר את הרגישות לדמיון ויגרום להחמרה.

אחרי כשבועיים-שלושה שבועות הועברה רשימה ב' באותו אופן (למידה+מבחן). השונו את תפקוד המשתתפים ל-23 משתתפי ביקורת בגילאי 20-41 ($M=26.3$, $SD=5.96$).

מדדים וניבויים

ציפינו שאם יש למשתתף רגישות יתר לדמיון, יהיה לו קשה יותר בפריטים עם הדמיון הגבוה בהשוואה לפריטים עם הדמיון הנמוך. המדדים הספציפיים שבדקו את השפעת הדמיון היו ההפרש בין הפריטים עם הדמיון הגבוה לבין הפריטים עם הדמיון הנמוך בשני הסיבובים יחד, כאשר הגדרנו מדד נפרד עבור כל אחד משלושת המבחנים – המבחן בסוף הלמידה, והמבחנים שנערכו יום לפני האימון הנוסף ואחריו. כמו כן, ציפינו שבהשוואה לקבוצת הביקורת, הביצוע של המשתתף בכל 3 נקודות הזמן שנבדקו יהיה נמוך בפריטים שדומים זה לזה, אבל לא בהכרח נמוך בפריטים עם הדמיון הנמוך ביניהם.

תוצאות ודיון

מטלת "מקהלה עליזה" נפסלה בגלל כמה בעיות, שמצביעות על כך שהמטלה לא הצליחה להשיג את מטרתה.

1. המהימנות הפנימית של המטלה היתה נמוכה. על מנת לבחון את המהימנות הפנימית של המטלה בדקנו, בקבוצת הביקורת ועבור כל מדד (ההפרש בין מספר הפריטים שהצליח עם דמיון גבוה לבין מספר הפריטים שהצליח עם דמיון נמוך בכל אחד מ-3 המבחנים הסופיים),

את המתאם בין הערך של אותו מדד ברשימה א' לערכו ברשימה ב'. כיוון שהפריטים במבחנים הסופיים בכל אחד משני הסבבים היו שונים בניסוחם אך דומים בצורתם וביכולות הנמדדות, ציפינו למתאם גבוה. בפועל, המתאמים עבור המבחן הראשון והשני היו לא רק נמוכים אלא שליליים, $r < 0$, ובמבחן השלישי המתאם היה בינוני ($r = 0.48$).

2. המטלה לא הצליחה לזהות משתתפים עם ליקוי. לא היה דפוס כללי של קושי בקבוצת הניסוי, היו גם משתתפים "טובים" וגם משתתפים "גרועים". יותר מכך – האופן הפוך ממש למצופה, רוב המשתתפים היו דווקא "טובים": הם גם הפגינו ביצועים גבוהים וגם הצליחו דווקא יותר בפריטים עם הדמיון הגבוה מאשר בפריטים עם הדמיון הנמוך (טבלה 4: ADKA, AHPE, ARSH, ORDI הפגינו ביצועים "גרועים", לעומת LILA, MIKA, HATI, MANI, SABE, SHVA, ARSH שהפגינו ביצועים "טובים").
3. בניגוד למצופה, לא היתה התאמה טובה בין המדדים במטלה (ההפרש בין מספר הפריטים עם דמיון גבוה למספר הפריטים עם דמיון נמוך בשני סבבי המטלה במבחן הראשון והשני). חלק מהמשתתפים הפגינו ביצועים טובים במטלה רק באחד המדדים ובאחרים לא וכדומה, למשל אצל המשתתפים הבאים (טבלה 4: SHVA, SHPE, LIEL, LIBE, ADKA, MANI, SABE). המתאמים בין 3 המדדים היו ($r < 0.6$).

ישנן לפחות 2 סיבות אפשריות לכך שהמטלה לא השיגה את מטרתה. ראשית, ייתכן שהפריטים (גם עם הדמיון הנמוך וגם עם הדמיון הגבוה) היו ברמת קושי גבוהה מדי, אולי בגלל השמות הספציפיים של האנשים והציפורים. השמות והציפורים שנבחרו הם באופן מכוון לא נפוצים, אולם כנראה שהם היו קשים יותר מדי עבור המשתתפים והיוו עכשור מילים חדשות לגמרי. אכן, רמת הביצוע הכללית במטלה היתה נמוכה יחסית, גם בקבוצת הביקורת (במבחן 1: 25.28%, מבחן 2: 24.81%, מבחן 3: 28.03%). אם אכן הבעיה היא רמת הקושי, כדי לשפר את המטלה, כדאי להפחית את רמת הקושי. דרך אחת לעשות זאת היא לנסות לברר האם מוקד הקושי הוא כמות הפריטים, סוג הפריטים בהם השתמשנו (שם פרטי, שם של ציפור ותכונה) או השמות הספציפיים של המרכיבים.

אפשרות נוספת לכך שהמטלה לא הצליחה היא שלמרות שבנינו את הרשימות כך שיהיו בהן פריטים בעלי דמיון גבוה ונמוך, בפועל ההבדל ברמת הדמיון בין אלה לאלה לא היה מספיק גבוה. כדי לבדוק אפשרות זו, כדאי לבחון לעומק את ההבדל בין הפריטים עם הדמיון הנמוך לפריטים עם הדמיון הגבוה.

מטלת "שוב אותה ספרה"

מטלה זו נועדה לבחון את התופעה של רגישות יתר לדמיון, ספציפית לגבי זכירת ספרות ולבדוק את השפעת הדמיון בין פריטים על קיבולת זיכרון לטווח קצר. המשתתפים התבקשו לחזור על רצפי ספרות כאשר כל רצף היה מחולק לרביעיות. המניפולציה הקריטית במטלה היתה שבחלק מהפריטים הרביעיות היו דומות זו לזו (ספרות חוזרות), ובחלק מהפריטים הן היו שונות זו מזו. ציפינו שאם ישנה רגישות יתר לדמיון, נראה ביצוע נמוך משמעותית ברביעיות עם הדמיון הגבוה בהשוואה לרביעיות עם הדמיון הנמוך, ושהפער הזה יהיה גדול ומובהק מהפער שיהיה (אם יהיה) בקבוצת הביקורת. השווינו את תפקוד המשתתפים ל-23 משתתפי ביקורת בגילאי 20-41 ($M = 26.3, SD = 5.96$).

המטלה נבנתה באופן דומה ללוח הכפל, מתוך מחשבה שכל רביעייה שקולה לתרגיל כפל אחד (כלומר, בכל פריט במטלה יש 3 "תרגילי כפלי").

שיטה

גירויים

במטלה היו 60 פריטים, כל פריט מורכב מ-12 ספרות ומחולק ל-3 רביעיות. היו 3 סוגי פריטים (20 פריטים לכל תנאי):

(1) פריטים עם דמיון נמוך בין הרביעיות ובין הספרות ובתוך כל רביעייה - בכל פריט שלוש רביעיות המורכבות מ-10 ספרות כך שבכל רביעייה יש ארבע ספרות שונות (כלומר היו מעט ספרות שחזרו על עצמן בין הרביעיות).

(2) פריטים עם דמיון נמוך בין הרביעיות אך דמיון גבוה בין הספרות בתוך רביעייה - בכל פריט שלוש רביעיות המורכבות מ-6 ספרות שונות כך שבכל רביעייה יש שלוש ספרות שונות וספרה אחת שחוזרת על עצמה (כלומר היו מעט ספרות שחזרו על עצמן בין הרביעיות).

(3) פריטים עם דמיון גבוה בין הרביעיות - בכל פריט שלוש רביעיות המורכבות מ-6 ספרות שונות כך שבכל רביעייה יש 4 ספרות שונות, אולם בין כל רביעייה יש 2 ספרות שחוזרות על עצמן מהרביעייה הקודמת (כלומר היו הרבה ספרות שחזרו על עצמן בין הרביעיות).

הפריטים סודרו כך שלא היו יותר משני פריטים של אותו תנאי ברצף.

הליך

הנסיינית הקריאה למשתתף את הפריט וביקשה ממנו לזכור כל רביעייה כרצף ספרות ולא כמספר (למשל, לא לזכור את הרביעייה 2679 כאלפיים שש מאות שבעים ותשע) ובסיום ההקראה לחזור על הפריט. המשתתף הונחה לנחש אם לא היה בטוח בתשובה, אבל היה רשאי לומר "עבור" במקום ספרה שלא זכר או רביעייה שלא זכר.

מדדים

המדד אליו התייחסנו במטלה הוא מדד של "זליגות" של ספרה בין רביעיות. המדד הוא סכום של שני סוגים של זליגות: (1) הכפלה - מספר הספרות הנכונות מהמטרה שהוכפלו ברביעייה נוספת, (2) העברה - מספר ספרות המטרה שהמשתתף אמר ברביעייה הלא נכונה. בדקנו את ההפרש בכמות הזליגות בין התנאי עם הדמיון הנמוך (low10-4) לבין התנאי עם הדמיון הגבוה (high6-4). ערך נמוך של מדד ההפרש מעיד על רגישות גבוהה לדמיון.

תוצאות ודיון

מטלת "שוב אותה ספרה" נפסלה בגלל בעיה עיקרית, שמצביעה על כך שהמטלה לא הצליחה להשיג את מטרתה: לא נמצאו הבדלים בקבוצת הניסוי בין סוגי הפריטים עם הדמיון הנמוך לעומת הדמיון הגבוה. כלומר, בניגוד למטרת המטלה לא נראה דפוס כללי של קושי אצל כל משתתפי קבוצת הניסוי ולא היה הבדל משמעותי בין הפריטים עם הדמיון הנמוך לפריטים עם הדמיון הגבוה. להפך, נראה שהפריטים עם הדמיון הנמוך היו מועדים יותר לזליגות והכפלות, והיו קשים יותר עבור חלק מהמשתתפים, למשל אצל המשתתפות: LIEL, MANI ו-SHVA (טבלה 4).

ייתכן שממצא זה נובע מכך שההבדל בין הפריטים במטלה לא משקף היטב את הדמיון ביניהם כפי שנתפס ע"י המשתתפים. למשל, נראה שדווקא הפריטים עם הדמיון הנמוך היו קשים עבור 9 משתתפים - כמעט מחצית מהמשתתפים, אבל הפריטים עם הדמיון הגבוה היו קשים רק ל-3 משתתפים. אפשרות נוספת היא שהמטלה היתה קשה מדי: המטלה ארוכה (כ- 60 פריטים) ומועברת כולה בעל פה, נראה שהיא היתה מעייפת מאוד ושהמשתתפים איבדו ריכוז במהלך המטלה.

טבלה 4. ציוני התקן של כל משתתף (בהשוואה לקבוצת הביקורת) במדדים של שתי המטלות: "מקהלה עליזה" ו"שוב אותה ספרה".

subject	"שוב אותה ספרה" (L-H)	"מקהלה עליזה"		
		מבחן סופי 1 (H-L)*	מבחן סופי 2 (H-L)*	מבחן סופי 3 (H-L)*
LILA	-1.14	0.58	2.49	0.23
SABE	-1.26	2.24	2.49	0.23
YELE	-0.87	-0.52	-0.21	-0.52
ADKA	-0.59	0.58	-1.29	0.61
MANI	1.52	0.03	-0.75	1.73
HATI	-0.48	4.45	2.49	0.61
LIBE	1.47	0.58	1.41	0.61
DAHE	-0.76	-0.52	-0.21	1.36
MIKA	1.13	2.24	1.95	0.23
YAVA	0.47	2.24	1.95	0.61
ITKO	-0.70	-0.52	-0.21	-0.90
AMSH	1.24	-	-	-
SHKA	0.58	-0.52	-0.21	-0.15
LIEL	1.52	1.13	-0.75	0.23
SHPE	-0.09	-1.63	0.33	-0.90
AVBI	-0.37	0.58	0.87	-0.15
SHVA	1.74	1.13	0.33	1.73
ARSH	1.19	1.69	-0.75	-1.65
ORDI	-1.20	-1.08	-1.83	-0.52
	$z \geq 1.5$	$z \leq -1.64$ (אחוזון 5)	$z \leq -1.28$ (אחוזון 10)	דירוג ביחס לקבוצת הביקורת:

* (H-L) = ההפרש בין מספר הפריטים עם דמיון גבוה שהצליח המשתתף בשני הסיבובים לבין מספר הפריטים עם דמיון נמוך שהצליח המשתתף בשני הסיבובים בכל אחד מהמבחנים הסופיים (1,2 ו-3).

רשימת מקורות

- גביעון, א. ופרידמן, נ. (2008). פריגבי-סוללה לאבחון זיכרון עבודה פונולוגי. *שפה ומוח*, 7, 161-181.
- וקיל א. (1991). *מבחן למידה מילולי שמיעתי על שם ריי*, גרסה עברית. המכון הלאומי לשיקום נפגעי ראש, מרכז רקאנטי והמחלקה לפסיכולוגיה, אוניברסיטת בר אילן.
- טייכמן י' ומלינק ח' (1979). *שחמ"ת-שאלון להערכת חרדה מצבית ותכונת חרדה*: מדריך עברי לבוחן. תל אביב: אוניברסיטת תל אביב.
- מארקס, א"מ (1990). *לחיות עם הפחד* (ש' תמרי, מתרגמת). תל אביב: ביתן.
- ניר, ש. (בהכנה). *איך מבצעים חציית עשרת, למה זה כל כך קשה, ומה אפשר ללמוד מכך על אלגוריתמים?*. (עבודת גמר לקבלת תואר מוסמך אוניברסיטה M.A). תל אביב: אוניברסיטת תל אביב.
- צבירן גינת, ש. (בהכנה). *איך טעויות חישוב קשורות לזיכרון העבודה שלנו?*. (עבודת גמר לקבלת תואר מוסמך אוניברסיטה M.A). תל אביב: אוניברסיטת תל אביב.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders. (5th addition)*. Arlington, VA: American Psychiatric Association.
- Andersen, J. R. (1983). Retrieval of information from long-term memory. *Science*, 220 (4592), 25–30. <https://doi.org/10.1126/science.6828877>
- Archambeau, K., & Gevers, W. (2018). "(How) Are Executive Functions Actually Related to Arithmetic Abilities?" In Heterogeneity of Function in Numerical Cognition, (pp. 337–357). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811529-9.00016-9>
- Ashcraft, M. H. (2002). Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181–185. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196>
- Baddeley, A. (1966). The influence of acoustic and semantic similarity on long-term memory for word sequences. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18(4), 302–309.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255 (5044), 556. doi: 10.1126/science.1736359
- Baddeley, A., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The Phonological Loop as a Language Learning Device. *Psychological Review*, 105(1), 158–173. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.105.1.158>
- Barrouillet, Bernardin, S., & Camos, V. (2004). Time Constraints and Resource Sharing in Adults' Working Memory Spans. *Journal of Experimental Psychology. General*, 133(1), 83–100. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.83>

- Barrouillet, P., & Lépine, R. (2005). Working memory and children's use of retrieval to solve addition problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, *91*(3), 183–204. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.03.002>
- Batashvili, M., Cipora, K., & Hunt, T. (2021). Mathematics Anxiety measurement in adult Israelis. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/AQRVU>
- Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G., & Levine, S. C. (2010). Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *107*(5), 1860–1863. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910967107>
- Bellon, E., Fias, W., & De Smedt, B. (2016). Are individual differences in arithmetic fact retrieval in children related to inhibition? *Frontiers in Psychology*, *7* (jun), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00825>
- Bigozzi, L., Pezzica, S., & Malagoli, C. (2020). The contribution of attentional processes to calculation skills in second and third grade in a typically developing sample. *European Journal of Psychology of Education*, *36*(4), 965–988. <https://doi.org/10.1007/s10212-020-00515-z>
- Butterworth, B., Cipolotti, L., & Warrington, E. K. (1996). Short-term Memory Impairment and Arithmetical Ability. *Experimental Psychology*, *1*, 251–263.
- Campbell, J. I. D., & Graham, D. J. (1985). Mental multiplication skill: Structure, process, and acquisition. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie*, *39*(2), 338–366. <https://doi.org/10.1037/h0080065>
- Chang, H., & Beilock, S. L. (2016). The math anxiety-math performance link and its relation to individual and environmental factors: A review of current behavioral and psychophysiological research. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *10*, 33–38. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.04.011>
- Crawford, & Howell, D. C. (1998). Comparing an Individual's Test Score Against Norms Derived from Small Samples. *Clinical Neuropsychologist*, *12*(4), 482–486. <https://doi.org/10.1076/clin.12.4.482.7241>
- Crowder, R. G. (1976). *Principles of learning and memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- De Visscher, A. & Noël, M. P. (2013). A case study of arithmetic facts dyscalculia caused by a hypersensitivity-to-interference in memory. *Cortex*, *49*(1), 50–70. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.01.003>
- De Visscher, A. & Noël, M. P. (2014). The detrimental effect of interference in multiplication facts storing: Typical development and individual differences.

- Journal of Experimental Psychology: General*, *143*(6), 2380–2400.
<https://doi.org/10.1037/xge0000029>
- De Visscher, A. & Noël, M. P. (2016). Similarity interference in learning and retrieving arithmetic facts. *Progress in Brain Research*, *227*, 131–158.
<https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2016.04.008>
- Dehaene, S., (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, *44*(1–2), 1–42.
[https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90049-N](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-N)
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, *1*, 83–120.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P. & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, *20*(3–6), 487–506.
<https://doi.org/10.1080/02643290244000239>
- Ding, Liu, R.-D., Xu, L., Wang, J., & Zhang, D. (2017). Working memory load and automaticity in relation to mental multiplication. *The Journal of Educational Research* (Washington, D.C.), *110*(5), 554–564.
<https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1149794>
- Dotan, D., & Friedmann, N. (2015). Steps towards understanding the phonological output buffer and its role in the production of numbers, morphemes, and function words. *Cortex*, *63*, 317–351. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2014.08.014>
- Dotan, D., & Friedmann, N. (2018). A cognitive model for multidigit number reading: Inferences from individuals with selective impairments. *Cortex*, *101*, 249–281.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.10.025>
- Dotan, D., & Friedmann, N. (2019). Reducing interference improves the memorization of multiplication facts in case of hypersensitivity to interference. *Journal of Numerical Cognition*, *5*(3), 400–430. <https://doi.org/10.5964/jnc.v5i3.203>
- Dotan, D., & Zviran-Ginat, S. (2022). *Elementary math in elementary school: To learn the multiplication table, avoid proactive interference.*
- Fischer-Baum, S., Mis, R., & Dial, H. (2018). Word deafness with preserved number word perception. *Cognitive Neuropsychology*, *35*(8), 415–429.
<https://doi.org/10.1080/02643294.2018.1515734>
- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Fuchs, D., Paulsen, K., Bryant, J. D., & Hamlett, C. L. (2005). The Prevention, Identification, and Cognitive Determinants of Math Difficulty. *Journal of Educational Psychology*, *97*(3), 493–513.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.97.3.493>

- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M., Schatschneider, C., & Fletcher, J. M. (2006). The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, *98*(1), 29–43. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.1.29>
- Gathercole, S. E. (1999). Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *3*(11), 410–419. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01388-1](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01388-1)
- Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. S. (1996). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *38*(1), 25–33. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1996.tb15029.x>
- Hedden, & Yoon, C. (2006). Individual Differences in Executive Processing Predict Susceptibility to Interference in Verbal Working Memory. *Neuropsychology*, *20*(5), 511–528. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.20.5.511>
- Hunt, T. E., Clark-Carter, D., & Sheffield, D. (2011). The Development and Part Validation of a U.K. Scale for Mathematics Anxiety. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *29*(5), 455–466. <https://doi.org/10.1177/0734282910392892>
- Kaufmann, L. (2002). More evidence for the role of the central executive in retrieving arithmetic facts - A case study of severe developmental dyscalculia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *24*(3), 302–310. <https://doi.org/10.1076/jcen.24.3.302.976>
- Kliegl, O., & Bäuml, K. H. T. (2021). Buildup and release from proactive interference – Cognitive and neural mechanisms. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *120*(October 2020), 264–278. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.10.028>
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., & Dahlstrom, K. et al. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD- A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy Child and Adolescent Psychiatry*, *44* (2), 177-185.
- Lewis-Peacock, J. A., Kessler, Y., & Oberauer, K. (2018). The removal of information from working memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1424*(1), 33–44. <https://doi.org/10.1111/nyas.13714>
- Mussolin, C., & Noel, M. P. (2008). Specific Retrieval Deficit from Long-Term Memory in Children with Poor Arithmetic Facts Abilities. *The Open Psychology Journal*, *1*(1), 26–34. <https://doi.org/10.2174/1874350100801010026>

- Newcorn, J. H., Halperin, J. M., Jensen, P. S., Abikoff, H. B., Arnold, L. E., Cantwell, D. P., Conners, C. K., Elliott, G. R., Epstein, J. N., Greenhill, L. L., Hechtman, L., Hinshaw, S. P., Hoza, B., Kraemer, H. C., Pelham, W. E., Severe, J. B., Swanson, J. M., Wells, K. C., Wigal, T., & Vitiello, B. (2001). Symptom profiles in children with ADHD: Effects of comorbidity and gender. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *40*(2), 137–146. <https://doi.org/10.1097/00004583-200102000-00008>
- Oberauer, K. (2002). Access to Information in Working Memory: Exploring the Focus of Attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *28*(3), 411–421. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.3.411>
- Oberauer, K. (2009). Interference between storage and processing in working memory: Feature overwriting, not similarity-based competition. *Memory & Cognition*, *37*(3), 346–357. <https://doi.org/10.3758/MC.37.3.346>
- Oberauer, K. (2020). Towards a Theory of Working Memory. In *Working Memory* (pp. 116–149). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198842286.003.0005>
- Oberauer, K., & Lange, E. B. (2008). Interference in verbal working memory: Distinguishing similarity-based confusion, feature overwriting, and feature migration. *Journal of Memory and Language*, *58*(3), 730–745. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.09.006>
- Oberauer, K., Awh, E., & Sutterer, D. W. (2017). The role of long-term memory in a test of visual working memory: Proactive facilitation but no proactive interference. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *43*(1), 1–22. <https://doi.org/10.1037/xlm0000302>
- Petruzzello, S. J., Landers, D. M., Hatfield, B. D., Kubitz, K. A., & Salazar, W. (1991). A Meta-Analysis on the Anxiety-Reducing Effects of Acute and Chronic Exercise: Outcomes and Mechanisms. *Sports Medicine*, *11*(3), 143–182. <https://doi.org/10.2165/00007256-199111030-00002>
- Rey, A. (1964). *Rrattivo Delta Figure Complessa Manuale*. *Organizzazione Speciali Firenze*.
- Roussel, J. L., Fayol, M., & Barrouillet, P. (2002). Procedural vs. direct retrieval strategies in arithmetic: A comparison between additive and multiplicative problem solving. *European Journal of Cognitive Psychology*, *14*(1), 61–104. <https://doi.org/10.1080/09541440042000115>

- Semenza, C., Miceli, L., & Girelli, L. (1997). A Deficit for Arithmetical Procedures: Lack of Knowledge or Lack of Monitoring? *Cortex*, 33(3), 483–498. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70231-4](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70231-4)
- Shalev, L., Tsal, Y., & Mevorach, C. (2007). Computerized progressive attentional training (CPAT) program: Effective direct intervention for children with ADHD. *Child Neuropsychology*, 13(4), 382–388.
- Shipstead, Z., Harrison, T. L., & Engle, R. W. (2016). Working Memory Capacity and Fluid Intelligence: Maintenance and Disengagement. *Perspectives on Psychological Science*, 11(6), 771–799. <https://doi.org/10.1177/1745691616650647>
- Simon, O., Mangin, J. F., Cohen, L., Le Bihan, D. & Dehaene, S. (2002). Topographical layout of hand, eye, calculation, and language-related areas in the human parietal lobe. *Neuron*, 33(3), 475–487. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)00575-5](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)00575-5)
- Soares, N., & Patel, D. R. (2015). Dyscalculia. *International Journal of Child and Adolescent Health*, 8(1), 15–26.
- Spielberger, C. D. (1966). Theory and research on anxiety. *C. D. Spielberger (Ed.), Anxiety and Behavior*. New York: Academic Press, 3–20.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P.R., & Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y)*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Tsal, Y., Shalev, L., & Mevorach, C. (2005). The diversity of attention deficits in ADHD: The prevalence of four cognitive factors in ADHD versus controls. *Journal of Learning Disabilities*, 38(2), 142–157. <http://doi.org/10.1177/00222194050380020401>
- Vanbinst, K., Ceulemans, E., Ghesquière, P., & De Smedt, B. (2015). Profiles of children's arithmetic fact development: A model-based clustering approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, 133, 29–46. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.01.003>
- Verguts T, Fias W. (2005). Interacting neighbors: A connectionist model of retrieval in multiplication. *Memory & cognition*. 2005; 33(1): 1–16.
- Wickelgren, W. A. (1979). *Cognitive psychology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Zimmerman, F., Shalom, D., Gonzalez, P. A., Garrido, J. M., Heduan, F. A., Dehaene, S., Sigman, M., & Rieznik, A. (2016). Arithmetic on your phone: A large scale investigation of simple additions and multiplications. *PLoS ONE*, *11*(12), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168431>



Tel Aviv University
The Jaime and Joan Constantiner
School of Education

Why is it difficult to multiply?
**The types of learning disorders that impair
multiplication table knowledge**

The paper was submitted as the thesis for M.A. degree by

Maayan boguslavsky

The study was carried out under the supervision of

Dr. Dror Dotan

September, 2022

Abstract

One of the main mathematical skills learned in elementary school is the ability to remember arithmetic facts, such as the multiplication table, and to retrieve them from long-term memory without relying on calculation strategies. Learning the multiplication table is a challenge that creates considerable difficulty for many children. Nevertheless, to date, the origins of this difficulty were not examined systematically, certainly not while considering that these origins may be different for different children.

To find the origins of difficulty in multiplication-table knowledge, and to identify the learning disorders that underlie this difficulty, the present study assessed in detail the performance of 19 adults aged 22-45 who had poor knowledge of the multiplication table. Each participant performed a series of tasks to detect the presence of cognitive disorders in several mechanisms – long-term memory, short-term memory, working memory, attention, and sensitivity to proactive interference; to detect emotional difficulties – math anxiety and general anxiety; and to detect difficulties whose origin is educational – insufficient learning during primary school. We compared the participants' performance to a control group with typical knowledge of the multiplication table.

We found that difficulty in learning the multiplication table – essentially, dyscalculia – is a very heterogeneous phenomenon. No single origin could explain the difficulty for all participants, not even for most of them. Cognitive deficits could explain the difficulty for 12/19 participants, with each specific deficit accounting for 2-8 participants. Additionally, for 7 participants the difficulty seems to have arisen from insufficient learning at school, and for 3 of them, this was the only explanation for the difficulty. Finally, there were 12 participants with high anxiety levels, suggesting an emotional origin of the difficulty.

Previous studies, which examined dyscalculia at the group level, linked poor multiplication fact knowledge with poor performance of long-term memory, or with high susceptibility to proactive interference. In contrast, the present study, which examined each participant individually, pointed to neither of these factors as a major predictor of poor multiplication fact knowledge. Only 2 of the 19 participants showed poor long-term memory abilities, and only 5 showed high sensitivity to proactive interference.

Overall, this study shows that calculation difficulties do not necessarily originate in domain-specific mathematical or numerical mechanisms – they may arise from deficits in domain-general mechanisms such as memory and attention. In fact, the difficulties of

18 of the 19 participants could be explained without assuming a deficit in a domain-specific mathematical mechanism.

The study also emphasizes how important it is to assess the precise origin of difficulty for each person. Even when different individuals exhibit an apparently-homogeneous learning disorder, such as poor knowledge of arithmetic facts, the difficulty may have different origins in different individuals. Precise assessment of the origin of difficulty would hopefully allow to provide targeted treatment and effective teaching to each child.