

השפעת גורמים אנדוגניים ואקסוגניים על נתיבי התפתחות זיכרון העבודה

הטריאדי בשלוש רמות של עומס קוגניטיבי בקרב מתבגרים ומבוגרים

עם מוגבלות שכלית: הנתיב הלקוי, היציב או המתמשך (מפצה)

אסתר קילברג

בהנחיית: פרופ' חפציבה לפשיץ

עבודת גמר המוגשת כמילוי חלק מהדרישות
לקבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה"
בבית הספר לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן



מחקר זה נערך בסיוע מענק מחקר מקרן שלם
הקרן לפיתוח שירותים לאדם עם מוגבלות שכלית התפתחותית
ברשויות המקומיות

2019

קרן שלם / 631/2019

"כדי לבנות תרבות עשירה אנחנו מוכרחים לארוג מרקם תרבותי שבו כל המתנות האנושיות הייחודיות מוצאות את מקומן הנכון." (מרגרט מיד)

תודה לאלו שסייעו בעיסוק בנושא חשוב זה,

לפרופ' חפציבה ליפשיץ-והב – על התמיכה האינסופית, הליווי המקצועי, ההכוונה, החדרת האמונה והמוטיבציה בקידום המחקר למען אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית, הרחבת הידע וקידום מענים למען אוכלוסייה ייחודית זו.

ל"קרן שלם" על התמיכה והסיוע לביצוע המחקר.

למשפחתי היקרה, שתמכה, עודדה וסייעה לי בכל הדרוש על מנת לצלוח את המכשולים והקשיים במהלך לימודי הדוקטורט.

למנהלי בתי ספר והמסגרות, מורים, אנשי מקצוע ומדריכים, אנשים נפלאים אשר עושים כל שביכולתם ובאהבה גדולה, להעניק את המיטב לאוכלוסייה מופלאה של יחידים עם מוגבלות שכלית, סייעו בגיוס המשתתפים והעמידו לרשותי את התנאים לביצוע המחקר.

להורים אשר שיתפו פעולה והביעו את הסכמתם להשתתפות ילדיהם במחקר.

וכמובן **לנבדקי המחקר**, אנשים מופלאים אשר מתמודדים יום יום עם מגבלות אובייקטיביות, צמאים לאהבה, חברה, התפתחות, ביטוי עצמי, וזכאים להשתלב ולמצוא את "מקומם הנכון" בקהילה.

תוכן עניינים

א	תמצית	1
ב	תקציר	1
1	מבוא	1
2	רקע תיאורטי	2
2	מערכת הזיכרון	2
3	זיכרון עבודה	3
3	מודלים של זיכרון עבודה	3
8	הגדרת מוגבלות שכלית: המסורתית, החדשה ושל ה- DSM-5 (APA, 2013)	8
8	הגדרת המוגבלות השכלית המסורתית (Grossman, 1983)	8
	הגדרת המוגבלות השכלית החדשה (Luckasson et al., 2002; Luckasson et al., 1992; Schalock et al., 2010)	9
9	הגדרת המוגבלות השכלית Intellectual Disability על פי האגודה הפסיכיאטרית האמריקאית –	9
12	DSM-5 (APA, 2013)	12
13	זיכרון עבודה באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית	13
14	הפרופיל הקוגניטיבי של בעלי אטיולוגיות שונות של מוגבלות שכלית	14
14	הפרופיל הקוגניטיבי של אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית – מ"ש לא"ס	14
16	הפרופיל הקוגניטיבי של אוכלוסייה עם תסמונת דאון – ת"ד	16
	התפתחות זיכרון העבודה בתקופת ההתבגרות, הבגרות וגיל העמידה באוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה ובאוכלוסייה עם מוגבלות שכלית עם וללא תסמונת דאון	17
18	התפתחות זיכרון העבודה בקרב בעלי התפתחות תקינה	18
22	התפתחות זיכרון העבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש	22
	נתיבי התפתחות קוגניטיביים באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה: המודל הלקוי, היציב והמפצה (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz-Vahav, 2015)	25
	תיאוריית ה-Cognitive Activity (Wilson & Bennett, 2003) ותרומתה ליכולות הקוגניטיביות של אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית בגיל המבוגר	28
29	סיכום הרקע התיאורטי, מטרות והשערות המחקר	29
	חלק א': בדיקת נתיבי ההתפתחות של זיכרון העבודה בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית לא"ס ואוכלוסייה עם תסמונת דאון מההתבגרות עד לגיל העמידה	30
32	חלק ב': תרומת גורמים אנדוגניים ואקסוגניים על זיכרון העבודה	32
33	השיטה	33

נבדקים	33
הכלים	34
כלים לבדיקת רמה קוגניטיבית	34
כלים לבדיקת זיכרון עבודה	36
כלים לבדיקת השתתפות בפעילות שעות פנאי	40
הליך המחקר	40
תוצאות	41
חלק א': ההבדלים בהישגים בזיקה לאטיולוגיה ולגיל בערוצי זיכרון העבודה	41
חלק ב': הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה	46
הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית בערוץ הפונולוגי של זיכרון העבודה	47
הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית בערוץ המרחבי של זיכרון העבודה	51
הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית בערוץ לוח הבקרה המרכזי - פונולוגי	53
הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית בערוץ לוח הבקרה המרכזי - חזותי	56
חלק ג': תרומת משתני הרקע האנדוגניים והמשתנים האקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ובפעילויות פנאי) לניבוי הציונים במבחני זיכרון עבודה	58
א. ניתוח רגרסיות עם המדד רמת המשכל הכללית כמשתנה הבלתי תלוי לבדיקה הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים	59
ב. ניתוח רגרסיות עם המדד מבחן אוצר מילים כמשתנה הבלתי תלוי לבדיקה הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים	63
ג. ניתוח רגרסיות עם המדד מבחן צד שווה כמשתנה הבלתי תלוי לבדיקה הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים	68
ד. ניתוח רגרסיות עם המדד מבחן סידור קוביות כמשתנה הבלתי תלוי לבדיקה הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים	73
דיון	79
חלק א'- זיכרון עבודה מילולי : נתיבי התפתחות מההתבגרות גילאי 16-21 לבגרות הצעירה גילאי 25-40 ומהבגרות הצעירה לגיל העמידה גילאי 41-55	80
חלק ב'- זיכרון עבודה חזותי-מרחבי : נתיבי התפתחות מההתבגרות גילאי 16-21 לבגרות הצעירה גילאי 25-40, ומהבגרות הצעירה לגיל העמידה גילאי 41-55	87

חלק ג' – הבדלים בין אטיולוגיות (אנשים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית ואנשים עם תסמונת דאון) בשלושת ערוצי זיכרון העבודה בזיקה לעומס הקוגניטיבי של המטלה	92
חלק ד' - תרומת משתנים אנדוגניים (גיל כרונולוגי ואטיולוגיה) ומשתנים אקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ובפעילויות פנאי) מגיל 20 לניבוי הציונים במבחני זיכרון עבודה	105
סיכום ומסקנות	109
תרומת המחקר	111
מגבלות המחקר	112
המלצות למחקרי המשך והמלצות מעשיות	113
המלצות למחקרי המשך	113
המלצות מעשיות	114
רשימת אנשי מקצוע/שטח להם ארצה להציג את תוצאות המחקר :	115
ביבליוגרפיה	116
נספחים	143
IAbstract	
IAbstract	

רשימת לוחות

לוח 1 :	התפלגות הנבדקים במשתנים מגדר ומקום מגורים על פי קבוצות האטיולוגיה והגיל השונות.....	34
לוח 2 :	ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני זיכרון עבודה (%) בכל ערוץ על פי קבוצות אטיולוגיה וגיל ($N = 123$).....	43
לוח 3 :	ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני זיכרון עבודה (%) <u>בערוץ הפונולוגי</u> על פי קבוצות אטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית ($N = 123$).....	48
לוח 4 :	ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני זיכרון עבודה (%) <u>בערוץ המרחבי</u> על פי קבוצות אטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית ($N = 123$).....	52
לוח 5 :	ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני זכרון עבודה (%) <u>בערוץ לוח הבקרה המרכזי - פונולוגי</u> על פי קבוצות אטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית ($N = 123$).....	55
לוח 6 :	ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני זיכרון עבודה (%) <u>בערוץ לוח הבקרה המרכזי - חזותי</u> על פי קבוצות אטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית ($N = 123$).....	57
לוח 7 :	תוצאות רגרסיות היררכיות עבור הציונים במבחני זכרון העבודה על ידי מדדי הרקע (קבוצת אטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי ומנת משכל כללית) והמשתנה האקסוגני - מדד ההשתתפות של הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי.....	59
לוח 8 :	תוצאות רגרסיות היררכיות עבור הציונים במבחני זכרון העבודה על ידי מדדי הרקע (קבוצת אטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי וההישגים במבחן אוצר מילים) והמשתנה האקסוגני - מדד ההשתתפות של הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי.....	64
לוח 9 :	תוצאות רגרסיות היררכיות עבור הציונים במבחני זכרון העבודה על ידי מדדי הרקע (קבוצת אטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי וההישגים במבחן צד שווה) והמשתנה האקסוגני - מדד ההשתתפות של הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי.....	69
לוח 10 :	תוצאות רגרסיות היררכיות עבור הציונים במבחני זכרון העבודה על ידי מדדי הרקע (קבוצת אטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי וההישגים במבחן סידור קוביות) והמשתנה האקסוגני - מדד ההשתתפות של הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי.....	74
לוח 11 :	זיכרון העבודה בזיקה לאטיולוגיה, הערוץ ועומס המטלה.....	97
לוח 12 :	סיכום מטלות המחקר על פי עומס המטלה (רמת הבקרה) בכל ערוץ.....	144

רשימת תרשימים

תרשים 1 :	מודל זיכרון עבודה (Working memory model) על פי Baddeley (2012).....	4
תרשים 2 :	המודל האנכי-אופקי על פי Cornoldi and Vecchi (2003).....	7
תרשים 3 :	טקסונומיה של מתווכים המשפיעים על זיכרון עבודה.....	14
תרשים 4 :	הישגים במבחני זיכרון העבודה בזיקה לאטיולוגיה וערוץ.....	44
תרשים 5 :	הישגים במבחני זיכרון העבודה בזיקה לקבוצות גיל וערוץ.....	45
תרשים 6 :	הישגים במבחני זיכרון העבודה בזיקה לאטיולוגיה ולרמת עומס קוגניטיבית בערוץ הפונולוגי.....	49
תרשים 7 :	הישגים במבחני זיכרון העבודה בזיקה לקבוצות גיל ולרמת עומס קוגניטיבית בערוץ הפונולוגי.....	50
תרשים 8 :	הישגים במבחני זיכרון העבודה בזיקה לקבוצות גיל ולרמת עומס קוגניטיבית בערוץ לוח הבקרה המרכזי – פונולוגי.....	54
תרשים 9 :	שלושת הנתיבים האפשריים להתפתחות האינטליגנציה בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית על פי Fisher and Zeaman (1970).....	143

רשימת נספחים

נספח 1 :	תרשים 9 : שלושת הנתיבים האפשריים להתפתחות האינטליגנציה בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית על פי Fisher and Zeaman (1970).....	143
נספח 2 :	לוח 12 : סיכום מטלות המחקר על פי עומס המטלה (רמת הבקרה) בכל ערוץ.....	144
נספח 3 :	שאלון השתתפות בפעילויות פנאי.....	145

תמצית

מטרת המחקר הייתה בדיקת טרג'קטורים של זיכרון העבודה (ז"ע) בקרב אנשים עם מוגבלות שכלית (מ"ש) ללא אטיולוגיה ספציפית ותסמונת דאון ($N = 123$, $IQ = 40-70$), מההתבגרות (גילאי 16-21), לגיל העמידה (גילאי 41-55). לבדיקת ז"ע נעשה שימוש בתשעה מבחנים (Cornoldi & Vecchi, 2003) בכל אחד מערוצי ז"ע (Baddeley, 2007). **מההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40)**: נמצא שבערוץ הפונולוגי ובמנגנון הבקרה המילולי חלה עליה. בלוח החזותי-מרחבי ובמנגנון הבקרה המרכזי המרחבי נמצאה יציבות. **מהבגרות הצעירה (40-25) לגיל העמידה (41-55)**: נמצאה ירידה בזיכרון העבודה המילולי וירידה מתונה בזיכרון העבודה המרחבי. כמו כן נבדקה מידת תרומתם של השתתפות בפעילות פנאי - על ז"ע מגיל 20 ע"י שאלון השתתפות בפעילויות שעות פנאי (Wilson & Benet, 2005). נמצא כי ככל שמידת ההשתתפות בפעילויות פנאי הייתה גבוהה, הציונים בשני מבחני ז"ע המילולי ובמבחן אחד בז"ע מרחבי, היו גבוהים יותר בשתי האוכלוסיות.

תקציר

המחקר הנוכחי מתחלק לשניים. מטרת החלק הראשון הייתה בדיקת נתיבי ההתפתחות (מסלולים) של זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מוגבלות שכלית ($N = 123$, $IQ = 40-70$) (להלן מ"ש), מתוכם 63 נבדקים ללא אטיולוגיה ספציפית (NSID – Non Specific Intellectual Disability) (להלן לא"ס) ו-60 נבדקים עם תסמונת דאון (DS – Down Syndrome) (להלן ת"ד) בשלוש תקופות גיל: התבגרות (גילאי 16-21), בגרות צעירה (גילאי 25-40) וגיל העמידה (גילאי 41-55).

נערכו מחקרי זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מוגבלות שכלית במטרה לבדוק אם קיים הבדל בתפקודי זיכרון עבודה באוכלוסייה זו בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה. החידוש של מחקרנו: א. לראשונה נבדקו **נתיבי ההתפתחות** (מסלולים) של זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש בשלוש תקופות גיל, מההתבגרות ועד גיל העמידה. ב. ההתפתחות נבדקה לאורם של שלושה נתיבים אפשריים (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz-Vahav, 2015): הנתיב הלקוי (IT – Impaired trajectory), הנתיב היציב (ST – Stable trajectory) והנתיב המתמשך (CT – Compensatory trajectory). ג. זיכרון העבודה נבדק על פי שני מודלים: מודל שלושת הערוצים של Baddeley (Baddeley, 2007; Baddeley & Hitch, 1974) הכולל את הערוץ הפונולוגי, הלוח החזותי-מרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי, והמודל האנכי-אופקי (Cornoldi & Vecchi, 2003) על פיו תפקוד זיכרון העבודה נקבע על ידי רמת הבקרה, כלומר הדרישה והעומס הקוגניטיבי של המטלה (CL – Cognitive load) מעבר לאופנות. בסקירה המדעית האינטגרטיבית (Scientific integrative research) של מחקרי זיכרון עבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Lifshitz, Kilberg, & Vakil, 2016) נמצא כי רק שילוב שני המודלים יכול להסביר את תפקוד זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש. לפיכך, בכל ערוץ נבדקו מטלות בעלות שלוש רמות עומס קוגניטיבי (קלה, בינונית ומורכבת).

בחלק השני של המחקר נבדק יישומה של תיאוריית הפעילות האקטיבית (Cognitive Activity) (Wilson & Bennett, 2003, 2005), באוכלוסייה עם מ"ש והוא נערך רק בקרב גילאי 20 ואילך. בדקנו מה מידת תרומתם של גורמים אנדוגניים (גיל, אטיולוגיה ואינטליגנציה) וגורמים אקסוגניים (Exogenous variable) סביבתיים - השתתפות בפעילות פנאי - על זיכרון העבודה של נבדקי המחקר.

לבדיקת זיכרון העבודה נעשה שימוש במבחנים בשלוש רמות עומס קוגניטיבי (קלה, בינונית ומורכבת) בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה: הלולאה הפונולוגית, הלוח החזותי-מרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי. לבדיקת זיכרון העבודה בלולאה הפונולוגית נעשה שימוש בשלושה מבחנים: Digit-span forward מבחן Forward word span ומבחן מילות תפל Non word recall. לבדיקת זיכרון העבודה בלוח החזותי-מרחבי נעשה שימוש בשלושה מבחנים: מבחן Visual span, מבחן Corsi blocks ומבחן Matrix. יכולת זיכרון העבודה בלוח הבקרה המרכזי נבדקה באמצעות שישה מבחנים. שלושה מבחנים מתוך השישה בוחנים את היכולת הפונולוגית של התפקודים הניהוליים: מבחן Selective span task, מבחן Backward digit span ומבחן Verbal double task ושלושת המבחנים האחרים בוחנים את היכולת

המרחבית של לוח הבקרה המרכזי: מבחן Starting position selection, מבחן Backward spatial span ומבחן Visual spatial double task.

לבדיקת ההשפעה של סגנון החיים ושל השתתפות בפעילויות בשעות פנאי על התפתחות זיכרון העבודה של אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד, נעשה שימוש בשאלון השתתפות בפעילויות שעות פנאי (Wilson & Benet, 2005), תוך התאמה לאוכלוסיית עם מ"ש (Lifshitz-Vahav, Shnitzer, & Mashal, 2016).

בהתייחס למסלול ההתפתחות של זיכרון העבודה מגיל ההתבגרות (16-21) לגיל העמידה (41-55) נמצא מסלול דומה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד. עם זאת נמצא מסלול התפתחות דיפרנציאלי בזיכרון עבודה פונולוגי וזיכרון עבודה מרחבי: בערוץ הפונולוגי ובמנגנון הבקרה המילולי חלה עליה בהישגי זיכרון העבודה מההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40).

ממצאינו מהווים חיזוק להנחת תיאוריית הגיל המפצה (Lifshitz-Vahav, 2015) לגבי תרומת הגיל הכרונולוגי להתפתחות היכולות הקוגניטיביות (זיכרון עבודה מילולי) באוכלוסיית עם מ"ש. כפי הנראה, אנשים עם מ"ש מסוגלים להפיק תועלת מניסיון החיים, התנסות וחשיפה ולפתח את יכולתם בגיל מבוגר. ממצא זה מפרך את הקביעה בהגדרת מ"ש (DSM-5; American Psychiatric Association [APA], 2013) לגבי חוסר היכולת של אנשים עם מוגבלות שכלית ללמוד מהניסיון.

יחד עם זאת בזיכרון העבודה הפונולוגי (בערוץ הפונולוגי ובמנגנון הבקרה המילולי) חלה ירידה מהבגרות הצעירה (25-40) לגיל העמידה (41-55). בלוח החזותי-מרחבי ובמנגנון הבקרה המרכזי במטלות באופנות מרחבית נמצאה ירידה מתונה (לא מובהקת) מגיל ההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40), וירידה מתונה (לא מובהקת) מהבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55), הירידה המובהקת באה לידי ביטוי בין ההתבגרות לגיל העמידה.

בהתייחס להבדלי זיכרון העבודה בזיקה לערוצים ובזיקה לאטיולוגיה: א. נמצא שההישגים בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס נמצאו גבוהים במובהק מהישגי יחידים עם ת"ד בזיכרון העבודה המילולי (בלולאה הפונולוגית ובמנגנון הבקרה המרכזי) מעבר לקבוצת הגיל; ב. נמצאה היררכיה ביצועית של המעבדים השונים מעבר לקבוצות הגיל בשתי האטיולוגיות. בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד הישגי זיכרון העבודה במנגנון הבקרה המרכזי היו נמוכים במובהק מההישגים בערוץ הפונולוגי ובערוץ החזותי-מרחבי, אך בעוד שלא נמצא הבדל מובהק בהישגים בלולאה הפונולוגית ובלוח החזותי-מרחבי בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס, בקרב אנשים עם ת"ד ההישגים בלולאה הפונולוגית היו נמוכים במובהק מההישגים בלוח החזותי-מרחבי; כלומר מודל שלושת המעבדים (Baddeley, 2012) הכולל את הלולאה פונולוגית, הלוח חזותי-מרחבי ומנגנון בקרה מרכזי, יכול להסביר את תפקוד זיכרון העבודה באוכלוסייה עם מ"ש כאשר נמצא הבדל בין אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד לגבי המדרג בין הערוץ הפונולוגי והערוץ החזותי-מרחבי, הבדל המאפיין את פנוטיפ האטיולוגיה. ממצאי מחקרנו מאוששים את הפרופיל הקוגניטיבי המאפיין את הפנוטיפ של אנשים עם ת"ד.

בהתייחס להשפעת רמת העומס של המטלה בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה ולאטיולוגיה, נמצאה השפעה דומה של עומס המטלה על ההישגים ועל במסלול ההתפתחות מההתבגרות (16-21) לגיל העמידה

(41-55) בקרב אוכלוסייה עם מ"ש לא"ס ות"ד: בלולאה הפונולוגית ובלוח החזותי מרחבי ההישגים ברמת עומס מורכבת היו נמוכים במובהק מההישגים ברמת עומס נמוכה ובינונית. במנגנון הבקרה המרכזי המילולי והמרחבי ההישגים ברמת עומס הנמוכה היו גבוהים במובהק מההישגים ברמות עומס בינונית ומורכבת. נמצאה השפעה של רמת העומס על מסלול התפתחות בלולאה הפונולוגית ובמנגנון הבקרה המרכזי המילולי אך לא נמצאה השפעה זו בלוח החזותי-מרחבי ובמנגנון הבקרה המרכזי המרחבי.

ממצאי מחקרנו תומכים במודל האנכי של Cornoldi and Vecchi (2003). מודל זה משקף את רמת הבקרה הנדרשת (עומס קוגניטיבי - CL) אשר מוגדרת ככמות העיבוד האקטיבי הנדרש על מנת לתפעל את המידע המוחזק זמנית במערכת הזיכרון. המודל האנכי של Cornoldi and Vecchi (2003) מקביל למושג של רמת הקשב המוצע במודל TBRs של Camos and Barrouillet (2004). על פי ממצאי מחקרנו, אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד מצליחים להתמודד טוב יותר עם אותן המטלות הדורשות רמת קשב נמוכה יותר בתהליכי האחסון והעיבוד. עם זאת, מציגים קשיים בולטים יותר במטלות הדורשות רמת קשב גבוהה. ממצאים אלו, מצביעים על השפעת טקסונומיה של המטלה בכל אחד מערוצי הזיכרון בכל אחד מהאטיולוגיות.

בהתייחס להשפעת גורמים אנדוגניים (גיל) ואקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי) על זיכרון העבודה נמצא כי הגיל הכרונולוגי תרם באופן שלילי לציונים בשלושה מבחנים Non word, Forward digit span, Backward digit span, כלומר עם העלייה בגיל חלה ירידה במבחנים אלו. לעומת זאת, מדד ההשתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופנאי כאשר הוכנסו שני מדדיים קריסטליים (מילוליים) כמדדים המשקפים את הרמה הקוגניטיבית הבסיסית של הנבדקים, תרם באופן מובהק לציונים בשלושה מבחנים Visual span task, Selective span task, Backward digit span. כלומר, ככל שמידת ההשתתפות בפעילויות הקוגניטיביות ופנאי הייתה גבוהה, הציונים בשני מבחני זיכרון העבודה המילולי ובמבחן אחד בזיכרון עבודה החזותי-מרחבי, היו גבוהים יותר בשתי האוכלוסיות וזאת בהתאם למדד האנדוגני של הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים.

ממצאינו מהווים חיזוק לתיאוריה האקטיבית קוגניטיבית (Wilson & Bennet, 2005), לפיה השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי תורמות לתפקוד הקוגניטיבי העכשווי וממתנת את השפעת הגורמים האנדוגניים כדוגמת הגיל.

מילות מפתח: זיכרון עבודה, מוגבלות שכלית, תסמונת דאון, לולאה פונולוגית, לוח חזותי-מרחבי, מנגנון בקרה מרכזי, מתבגרים ומבוגרים, טרג'טורים

מבוא

המחקר הנוכחי מתחלק לשניים. מטרת החלק הראשון הייתה לבדוק את נתיבי ההתפתחות – מסלולים של זיכרון העבודה (Working memory) באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית (להלן מ"ש). המחקר התמקד בשתי אטיולוגיות: אנשים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית (להלן לא"ס) ותסמונת דאון (להלן ת"ד). נתיבי ההתפתחות נבדקו בשלוש קבוצות גיל: התבגרות (16-21), בגרות צעירה (25-40) וגיל העמידה (41-55). נתיבי ההתפתחות נבדקו לאור שלושה מסלולים אפשריים של התפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz- (Vahav, 2015): נתיב לקוי (IT – Impaired Trajectory), יציב (ST – Stable Trajectory), או מתמשך (מפצה) (CT – Compensatory Trajectory). נתיבי התפתחות אלה הוצעו על ידי Fisher and Zeaman (1970), אך לא נחקרו באופן אמפירי. בנוסף, נתיבי ההתפתחות נבדקו לאורה של טקסונומית מתווכים הקובעים את תפקוד זיכרון העבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש כפי שנמצאה ע"י עורכת המחקר הנוכחי (קילברג, 2013). הטקסונומיה כוללת שני מודלים של זיכרון: מודל שלושת הערוצים (הערוץ הפונולוגי, הלוח החזותי מרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי) של Baddeley (1974; Baddeley & Hitch, 2000, 2007; Baddeley, 2000, 2007) ומודל האנכי-אופקי של Cornoldi and Vecchi (2003), ומודל TBRs (Time Based Resources-Sharing) (Camos & Barrouillet, 2014) על פיהם הביצוע של זיכרון תלוי ברמת העומס הקוגניטיבי (CL – Cognitive load) הנדרשת על ידי המטלה. רמת העומס מוגדרת כרמת העיבוד האקטיבי הנדרשת על מנת לתפעל מידע המוחזק במעבד הזיכרון הזמני, וסוג המניפולציות הנדרשות מעבר לזכירה, כגון שינוי הסדר, בחירה, אינהיביציה, טרנספורמציה של מידע ועד שילוב של זיכרון עבודה דואלי. קיימות שיטות שונות לסיווג מטלות הזיכרון. במחקר הנוכחי הוחלט לבדוק את זיכרון העבודה במטלות בעלות שלוש רמות עומס (קלה, בינונית ומורכבת) בכל ערוץ, בשלושת הקוהורטים (ראה פירוט בעמ' 35).

החלק השני נערך רק בקרב מבוגרים מגיל 20 ואילך, ומטרתו הייתה לבדוק את יישומה של תיאוריית הפעילות האקטיבית (Cognitive Activity) (Wilson & Bennett, 2003, 2005), בקרב מבוגרים עם מ"ש. על פי תיאוריה זו, השתתפות בפעילות פנאי קוגניטיבית בבגרות מונעת ירידה קוגניטיבית בגיל המבוגר ומפחיתה סיכון להתפתחות מחלת האלצהיימר. Lifshitz-Vahav et al. (2016) מצאו כי השתתפות בפעילויות פנאי קוגניטיביות תרמה לביצוע מדדים קוגניטיביים קריסטליים ופלואידיים, ביחידים עם ת"ד בגיל מבוגר, אולם השפעה זו נבדקה בנקודת זמן אחת. במחקר המוצע, נבדקה לראשונה תרומת ההשתתפות בפעילויות פנאי על זיכרון העבודה במספר קוהורטים: החל מהבגרות (20+) ועד גיל העמידה (55).

פרק הרקע התיאורטי כולל את הפרקים הבאים: הגדרת המוגבלות השכלית המסורתית (Grossman, 1973, 1983) והחדשה (Luckasson et al., 2002; Luckasson et al., 1992; Schalock et al., 2010), ולפי ה-DSM-5 (APA, 2013), מערכת הזיכרון, מודלים של זיכרון עבודה (מודל שלושת הערוצים של Baddeley והמודל האנכי-אופקי של Cornoldi and Vecchi, מגמות התפתחות של זיכרון עבודה בקרב בעלי התפתחות תקינה ואוכלוסייה עם מוגבלות שכלית, הפרופיל הקוגניטיבי של אנשים עם מוגבלות שכלית לא"ס ות"ד, תיאוריית הפעילות האקטיבית (Wilson & Bennett, 2003, 2005) ושלושת הנתיבים האפשריים של התפתחות הכושר הקוגניטיבי בקרב אנשים עם מ"ש.

רקע תיאורטי

מערכת הזיכרון

המחקר הנוכחי התמקד בנתיבי ההתפתחות של זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד, ולפיכך, נגדיר את מערכת הזיכרון בכללותה, את מערכת הזיכרון לטווח קצר (Short Term Memory – STM), את מערכת הזיכרון לטווח ארוך (Long Term Memory – LTM), ובפרט את זיכרון העבודה.

הזיכרון הוא אחת הפונקציות החשובות ביותר לתפקוד האדם בחיי היום-יום. זיכרון מוגדר כמערכת השומרת ידע כך שיהיה נגיש מאוחר יותר. בשנות ה-60 של המאה הקודמת העלו חוקרי זיכרון שונים מגוון רחב של מודלים של זיכרון שהצביעו על שלושה סוגי זיכרון מרכזיים: זיכרון חושי, זיכרון לטווח קצר וזיכרון לטווח ארוך, אשר מוצגים במודל שהציעו Atkinson and Shiffrin (1971). למודל זה הייתה השפעה רבה, והוא זכה לכינוי 'מודל האופנות' (Modal model). על פי מודל זה, המידע מגיע מהסביבה דרך תחנות ביניים, או רישום קצר של זיכרון חושי, וממשיך לעבר הזיכרון לטווח קצר. בהתאם למודל זה, הזיכרון לטווח קצר (STM) משמש גם זיכרון עבודה (Working Memory), המאפשר לעבד מידע שנרכש ולהעבירו לתחנה נוספת, שהיא הזיכרון לטווח ארוך (LTM). להלן הגדרה של כל אחד מסוגי הזיכרון.

זיכרון לטווח קצר: זיכרון לטווח קצר הוא המערכת שבה מאוחסן מידע זמני חיוני לפרק זמן קצר. קיימת מחלוקת בין חוקרים שונים בסוגיית ההפרדה בין זיכרון לטווח קצר לזיכרון לטווח ארוך. יש הגורסים כי הזיכרון לטווח קצר והזיכרון לטווח ארוך מייצגים את אותה המערכת, אולם במידע שנמצא בזיכרון לטווח קצר ניתן לעשות שימוש בתנאים מאוד מיוחדים והוא גם כמעט שאינו יכול להישמר לטווח ארוך (Craik & Lockart, 1972; Ranganath & Blumenfeld, 2005). מנגד, יש הטוענים כי מדובר בשתי מערכות נפרדות הפועלות בצורה קרובה ואינטגרטיבית (Atkinson & Shiffrin, 1971). עם זאת קיימת הסכמה כי זיכרון לטווח קצר מאפשרת לבצע מניפולציות בכמות מוגבלת של מידע (לסקירה ראו Baddeley, 1999).

זיכרון לטווח ארוך: זיכרון לטווח ארוך הוא המערכת שבה מאוחסן המידע שקולטים מהסביבה למשך פרקי זמן ארוכים (Squire, 2006).

בספרות, קיימת התייחסות רבה לתפקודים השונים הכלולים בזיכרון לטווח ארוך. כך למשל, Tulving (1972), ערך הבחנה בין שני סוגים של זיכרון לטווח ארוך: זיכרון אפיזודי, אשר כולל זיכרון למאורעות ספציפיים הקשורים לזמן ולמקום מסוים (הקשר), וזיכרון סמנטי, המתייחס לידע שיש לאדם על עובדות העולם, אשר אינו קשור לתנאי ההקשר שבהם נלמד המידע. הבחנה זו הובילה להתייחסות שונה לביצועים שונים במטלות זיכרון, וכן הצביעה על הבדלים בין ליקויים שונים בתפקודי זיכרון ארוך טווח.

Cohen and Squire (1980) ערכו הבחנה בין שני סוגי ידע המאוחסן בזיכרון ארוך טווח. סוג אחד של ידע כונה בפיהם ידע מוצהר או דקלרטיבי (Declarative). ידע זה כולל את העובדות הנגישות לשליפה

והמשמשות אותנו בחיי היום יום. הידע מהסוג השני כונה בשם ידע מעשי או פרוצדורלי (Procedural), והוא כולל את היכולת לבצע מיומנויות באופן בלתי מודע או מפורש.

Graf and Schacter (1985), המשיכו את ההבחנה בין הזיכרון הפרוצדורלי לדקלרטיבי והוסיפו למודלים הקודמים את ההבחנה בין זיכרון מפורש (Explicit) וזיכרון סמוי (Implicit). הזיכרון המפורש מצריך שליפה מכוונת ואקטיבית, והוא נחשף, כאשר הביצוע של המטלה דורש היזכרות בחוויות קודמות או במידע השמור בזיכרון. בניגוד לזיכרון מפורש, הזיכרון הסמוי הינו אוטומטי ומקרי בטבעו, ונחשף כאשר חוויות קודמות מסייעות בביצוע מטלה, שאינה דורשת היזכרות מכוונת או מודעת של אותן החוויות או של אותו המידע. האינדיקציה של קיום הזיכרון מצויה בשיפור ההתנהגות (כפי שבא לידי ביטוי בזמן ובדיוק) בהשוואה לחשיפה הראשונית.

זיכרון עבודה

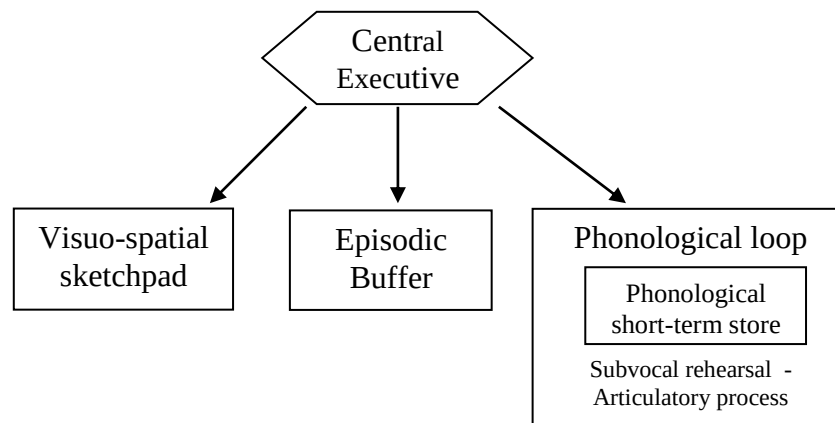
המחקר הנוכחי התמקד בזיכרון זה, ולפיכך נרחיב עליו את היריעה. זיכרון עבודה מוגדר מערכת לאחסון זמני המאפשרת לעבד מידע ולהשתמש בו לצורך מטלות קוגניטיביות, כגון: חשיבה, הבנה ולמידה (Baddeley, 2007). המידע המוחזק בזיכרון עבודה יכול להיות מידע חדש או מידע אשר מוחזר מהזיכרון לטווח ארוך. מטרת זיכרון העבודה אינה רק לשמור על המידע לטווח קצר, אלא לאפשר ביצוע מטלות מנטאליות (שכליות) כגון: ביצוע פעולות חשבוניות, משחק שח, תכנון מסלול, הדמיה של פיתרון בעיות חזותיות ובניית משפט. פעולות אלה מצריכות אחזקת נתונים מסוגים שונים בו זמנית ולטווח קצר, וביצוע של עיבוד שלהם, ולבסוף העברת התוצר לזיכרון לטווח ארוך או למערכת להפקת תגובה.

מודלים של זיכרון עבודה

להלן נציג שני מודלים מרכזיים של זיכרון עבודה המהווים בסיס לעבודת המחקר הנוכחית: מודל שלושת הערוצים של Baddeley והמודל האנכי-אופקי של Cornoldi.

1. מודל שלושת הערוצים של Baddeley (Baddeley, Allen, & Hitch, 2000, 2007, 2012; Baddeley & Hitch, 1974, 2011): הלולאה הפונולוגית, הלוח החזותי-מרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי

מודל זיכרון העבודה של Baddeley משנות ה-80 הרחיב את המודל של Atkinson and Shiffrin (1971), ולפיו הזיכרון לטווח קצר בנוי לפחות משלושה רכיבים (ערוצים) נפרדים (Baddeley & Hitch, 1974): לולאה פונולוגית (Phonological loop), לוח חזותי-מרחבי (Visuo Spatial Sketch Pad) ומנגנון בקרה מרכזי (Central Executive). רכיב נוסף אשר עודכן בשנת 2000 הוא הערוץ האפיזודי (Episodic Buffer) (Baddeley, 2000). זהו מנגנון האחראי לאינטגרציה של המרכיבים השונים, הן של זיכרון עבודה והן של זיכרון לטווח ארוך בייצוגים רב-ממדיים. מודל הזיכרון (המעודכן) על פי (Baddeley, 2000, 2007, 2012) מוצג בתרשים 1:



תרשים 1: מודל זיכרון עבודה (Working memory model) על פי Baddeley (2012)

בשל העובדה שהמחקר המוצע מתמקד רק בשלושת הערוצים הראשוניים, לא נרחיב בנושא הערוץ האפיזודי.

הלולאה הפונולוגית (Phonological loop) – היא מנגנון בעל קיבולת מוגבלת, המסוגל להכיל כמויות קטנות של מידע פונולוגי (שמיעתי), ולעבדו. היא בעלת תפקיד מרכזי בהבנת השפה ומורכבת משני רכיבים: הרכיב הראשון הוא מכני – זהו מחסן (מאגר) פונולוגי לטווח קצר (Phonological short-term memory), המסוגל לשמר מידע המבוסס על דיבור במשך שתי שניות, עד לדעיכתו. בילדים בעלי התפתחות תקינה יכולת האחסון הפונולוגי מופיע כבר בגיל שלוש. הרכיב השני קשור לעיבוד המידע, עיבוד ארטיקולטורי (Articulatory process). רכיב זה הוא תהליך הגייה מפקח (Subvocal rehearsal), המבוסס על דיבור פנימי. תהליך זה הנו ספונטני, ואינו מופיע לרב לפני גיל שבע (Gathercole & Hitch, 1973). כל מידע מילולי, כגון: מילים מדוברות, מילים כתובות, עצמים בעלי שם, ניתנים לאחסון בלולאה הפונולוגית. תהליך ההגייה מאפשר לאחסן את המידע המקודד בקוד פונולוגי, שהופק מראש במערכת שמיעתית או שתורגם מהקוד החזותי לקוד פונולוגי (צלילי דיבור), במחסן הפונולוגי, ולרענן את עקבות הזיכרון הדועכים של מידע פונולוגי השוהה במחסן הפונולוגי, וגם זאת באמצעות דיבור פנימי.

קיימות עדויות לטובת פעולות השינון והקוד האקוסטי/פונולוגי בזיכרון לטווח קצר (אפקט הדמיון הפונולוגי, אפקט אורך המילה, הדחקה ארטיקולטורית והשפעת מטלת הסחה). אלו נחשבות כתומכות גם בעובדה שהלולאה הפונולוגית נעזרת בדיבור הפנימי כאמצעי לשימור מידע במחסן הפונולוגי. להלן נתאר את ארבעת האפקטים.

אפקט דמיון המילה (The phonological similarity effect): על פי אפקט זה, טווח הזיכרון לפריטים בעלי צליל דומה (כגון: אותיות דומות B,C,G,V,T) הוא קטן, מאשר לפריטים בעלי צליל שונה (F,W,Y,K,R) אפקט זה משקף את העובדה שהאחסון מבוסס דיבור. לפריטים בעלי צליל דומה יש פחות תכונות ייחודיות, ולכן הם יותר רגישים לדעיכה של עקבותיהם בזיכרון (Baddeley, 1966; Conrad & Hull, 1964). אפקט זה מצביע על קידוד אקוסטי או פונולוגי.

אפקט אורך המילה (Word length effect): אפקט זה מהווה הוכחה לתהליך העיבוד הארטיקולטורי (Articulatory Process). על פי 'אפקט אורך המילה', קיבולת הזיכרון (Span memory) למילים קצרות היא גדולה יותר מאשר למילים ארוכות (Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975). הסיבה לכך היא שאנשים משננים בזמן אמת והשינון של מילים ארוכות נמשך יותר זמן. הדבר גורם לדעיכה גדולה יותר בזיכרון עד לשינון הבא.

מטלת הסחה: העקבות בזיכרון הפונולוגי עלולות להיות מופרעות על ידי השפעת 'מטלת הסחה' (Irrelevant speech effect), ובה הצגה של דיבור לא רלוונטי המפריע להיזכרות (Colle & Welsh, 1976; Salame & Baddeley, 1982). המידע המילולי הלא רלוונטי נכנס למחסן הפונולוגי ומפריע לביצוע של ההיזכרות. מטלת הסחה מבטלת את האפשרות לבצע הליך של שינון.

הדחקה ארטיקולטורית (Articulatory suppression): הנבדק מתבקש לחזור בקול על מילה כלשהי, שמשמעותה אינה קשורה ואינה רלוונטית לניסוי, ובאותה שעה מוצגת לפניו באופן חזותי כמות קטנה של גירויים שעליו לשמור בזיכרון עד להיזכרות. כיוון שההדחקה הארטיקולטורית אמורה למנוע את המרת הפריטים לקוד פונולוגי הניתן להגייה פנימית, כלומר לשינון, אפשר לצפות בפגיעה בזכירת פריטים אלה, וכך אכן נמצא. ההדחקה ביטלה את אפקט הדמיון הפונולוגי, את אפקט מטלת ההסחה ואת אפקט אורך המילה, גם כאשר ההצגה היתה מילולית או ויזואלית (Baddeley, Lewis, & Vallar, 1984). הלולאה הפונולוגית מבצעת תהליכי המרה המסוגלים להמיר מידע חזותי, שהנבדק נחשף אליו, לקוד פונולוגי (כלומר, לתבניות הצליל של הברות ומילים). תהליכי המרה אלה דורשים את פעולתו של מעבד הלולאה הפונולוגית, תהליך ההגייה המפקח, ולכן הם מתחרים עם תהליכי השינון (של המידע השמיעתי שקיים כבר בלולאה הפונולוגית) הדורשים, גם הם, את הפעלת אותו מעבד.

במחקרי fMRI (Henson, 2001; Smith & Jonides, 1997) נמצא כי האחסון הפונולוגי תלוי או ממוקם באונה השמאלית הטמפוריאלית או הטמפוריאלית, ותהליך הגייה מפקח מבוסס יותר באזור הקדמי של הברוקה (Broca's area). Vallar and Baddeley (1984) חקרו חולים עם פגיעות מוחיות ספציפיות בזיכרון פונולוגי לטווח קצר, ותוצאות המחקר תמכו בהנחה של ליקוי באחסון הפונולוגי לטווח קצר. חולים אפזיים עם דיספרקציה מראים ליקוי בתהליך של ההגייה המפקח, מפני שהם לא מסוגלים להפיק את הקודים המוטוריים הנחוצים להגייה. כמן כן, על פי מחקרים, נמצא שרוב החולים הסובלים מליקוי בזיכרון לטווח קצר התקשו בעיבוד של משפטים מורכבים בלבד (Vallar & Shallice, 1990), ובעיקר ברכישת שפה ו/או רכישת אוצר מילים של שפה חדשה (Baddeley, Gathercole, & Papagno, 1998). כמו כן, הנושא נחקר אצל ילדים עם איחור שפתי של שנתיים לעומת המצופה מבני גילם, בעלי אינטליגנציה ממוצעת או מתחת לממוצע (Gathercole & Baddeley, 1990). ילדים אלו הראו קושי בולט ביכולת זכירת חומר, גם כאשר נבדקו במטלות הבודקות טווח זיכרון, וגם כאשר התבקשו לחזור על מילות תפל באורכים שונים.

הלוח החזותי-מרחבי (Visuo-Spatial Sketch Pad) - לוח זה אחראי להחזקה פעילה לטווח זמן קצר של מידע חזותי-מרחבי ולעיבודו (Logie, 1995). המידע החזותי מגיע מן החושים (תמונת העולם שבה אנו מתבוננים כעת), או נשלף מן הזיכרון לטווח ארוך (לדוגמה, מראה פנים שאנו מעלים בדמיוננו). מאגר

זה מופעל למשל, בשעה שאנו מבצעים משימות של התמצאות גיאוגרפית. מטלות המערבות מניפולציה חזותית-מרחבית הן חלק חשוב במבחני אינטליגנציה.

במשך שנים, ראו במערכת החזותית-מרחבית מערכת אחידה, ורק בשנים האחרונות מצטברות הוכחות המעידות על הפרדה בין הרכיב לעיבוד של תכונות חזותיות של העצמים (pattern-based) ובין הרכיב לעיבוד המרכיבים המרחביים (spatial components) (Farah, Baker et al., 1996; Ungerleider, 1996). (1988) מצאה על ידי ביצוע מטלות זיכרון ובדיקות נוירו-פיזיולוגיות שהמנגנון לעיבוד תכונות חזותיות נמצא באונות האוקסיפיטליות (occipital lobes), ואילו המנגנון לעיבוד מרחבי נמצא באונה הפריאטלית (parietal lobes) (Henson, 2001; Smith & Jonides, 1997). כמו כן, במחקר שנערך על קופים בזמן ביצוע משימת זיכרון חזותי לטווח קצר, נמצא שגם האונה הקדמית (frontal lobe) מעורבת וקשורה לתפקודים של זיכרון העבודה החזותי (Goldman-Rakic, 1988; Kojima & Goldman-Rakic, 1984). תמיכה נוספת להפרדה זו, בין עיבוד למרכיבים חזותיים ועיבוד למרכיבים מרחביים נמצאה במחקרים של הדמיה מוחית (Baker et al., 1996; Ungerleider, 1996), ובמחקרים התנהגותיים שבוצעו בקרב ילדים עם התפתחות תקינה (Logie & Pearson, 1997; Nelson et al., 2000; Pickering & Gathercole, 2001), במבוגרים (Logie, 1995) ובאוכלוסיות מבוגרות הסובלות מקשיים נוירו-פסיכולוגיים (Della Sala, Gray, Baddeley, 1999) ו- (Allamano, & Wilson, 1999). הלוח החזותי-מרחבי תלוי יותר בהמיספרה הימנית באונה האוקסיפיטלית, פריאטלית ופרונטאלית (Henson, 2001; Smith & Jonides, 1997).

Logie (1995) הציגה מודל מפורט של הלוח החזותי-מרחבי, שעל פיו קיים אחסון פסיבי, the visual cache, ומרכיב פעיל the inner scribe, באנלוגיה למרכיבים של אחסון פונולוגי ומרכיב של עיבוד ארטיקולטורי של הלולאה הפונולוגית.

מנגנון בקרה מרכזי (Central Executive) – אחראי לתיאום בין הלולאה הפונולוגית ללוח החזותי-מרחבי, וכן לתיאום עם מנגנונים קוגניטיביים חיצוניים לזיכרון עבודה. זהו החלק החשוב ביותר של זיכרון העבודה, אך הפחות מובן. בשנים האחרונות, המחקר על קשב ותפקודים ניהוליים התפתח מאוד תוך כדי שימוש בשיטות התנהגותיות, נוירו-פסיכולוגיות והדמיה מוחית (Stuss & Knight, 2002).

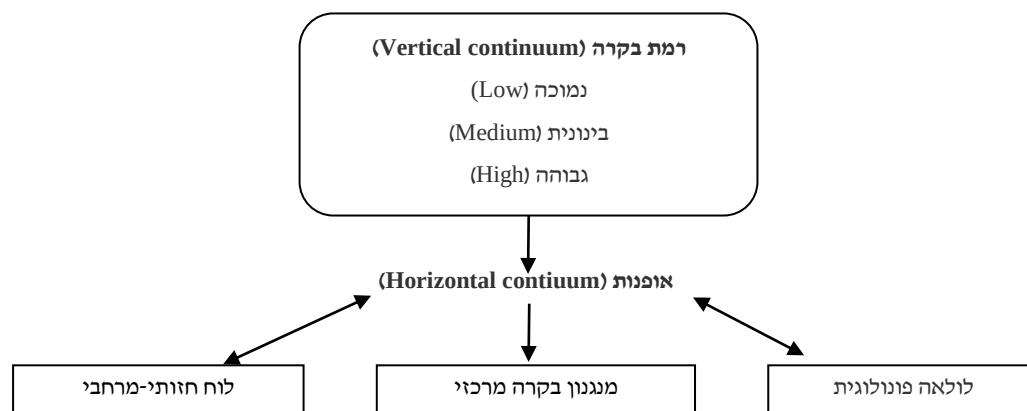
Baddeley (2007) הציע מודל ולפיו פעולה נשלטת על ידי אחת משתי רמות בקרה: הפעלה של פעולות הנמצאות כבר במערכת או מערכת קשב מבקרת המקבלת פיקוד כאשר יש צורך בביצוע מטלות חדשות או כאשר יש צורך בשינוי הרגלים מוכרים, כגון במצב של סכנה. על פי תפיסה זו מנגנון הבקרה המרכזי הוא כללי (Working memory domain general) בניגוד למודל זיכרון העבודה התחומי (Working memory domain-differentiated), שעל פיו קיימות מערכות נפרדות לעיבוד מידע פונולוגי ומידע מרחבי (Hale et al., 2011; Miyake & Shah, 1999; Park et al., 2002; Unsworth & Engle, 2007).

יש הטוענים כי תהליכי הבקרה ממוקמים באונה הקדמית (frontal lobe) של המוח. Shallice (1993) מצא שהאונות הפרונטאליות (frontal lobes) הכרחיות לתפקוד בקרת הקשב והראה את הליקויים בתפקודים ניהוליים בחולים שאצלם אונות אלו פגועות. עקב המורכבות של האונות הקדמיות ועושר הקשרים שלהן לחלקים אחרים של המוח, Duncan (1993), Shallice (1993) ו-Baddeley (1996) הציעו לפצל

את מנגנון הבקרה המרכזי למספר תפקודים ניהוליים, כולל מיקוד, פיצול הקשב והעברת הקשב מגירוי לגירוי (attentional switching) (Jarrold, Baddeley, Hewes, & Phillips, 2001) הדורשים כישורי קשב גבוהים (Baddeley et al., 2011; Camos & Barrouillet, 2014). מנגנון הבקרה תלוי בעיקר בקורטקס הפרונטאלי וקשרים רבים עם אזורים אחרים במוח (Henson, 2001; Smith & Jonides, 1997).

2. המודל האנכי-אופקי של זיכרון העבודה של Cornoldi and Vecchi (2003)

Cornoldi and Vecchi (2003) הציעו מודל נוסף המסביר תפקוד זיכרון העבודה. על פי מודל זה ניתן לחלק את מרכיבי זיכרון העבודה לשני רצפים. 1. רצף אופקי (Horizontal continuum) – רצף זה דומה למודל של בדלי והוא מתייחס לאופנות. 2. רצף אנכי (Vertical continuum) – המתייחס לרמת הבקרה (control) הנדרשת על ידי המטלה מעבר לאופנות. רמת הבקרה (CL – Cognitive load) מוגדרת כרמת העיבוד האקטיבי הנדרשת על מנת לתפעל מידע המוחזק במעבד הזיכרון הזמני, כלומר מספר וסוג המניפולציות הנדרשות מעבר לזכירה, כגון שינוי הסדר, בחירה, אינהיביציה, טרנספורמציה של מידע ועד שילוב של זיכרון עבודה דואלי. בתרשים 2 מוצג מודל רמת הבקרה על פי Cornoldi and Vecchi (2003):



תרשים 2: המודל האנכי-אופקי על פי Cornoldi and Vecchi (2003)

המודל של Baddeley והמודל של Cornoldi and Vecchi אינם שונים במהות. ההבדל המרכזי ביניהם הוא שבזמן שהמודל של Baddeley הוא רב רכיבי, המודל של Cornoldi and Vecchi הנו בעל רכיב אחד unitary. המושג רמת הבקרה או עומס הקוגניטיבי של המטלה (CL) אשר נטבע ע"י המודל של Cornoldi and Vecchi (2003) מקביל שמושג של קשב ועומס קוגניטיבי שהוצע במודל Time Based Resources-Sharing (TBRs) של Camos and Barrouillet (2014). CL מוגדר כזמן הקשב לחלק לזמן הנדרש לביצוע מטלה.

הקשר בין זיכרון עבודה לאינטליגנציה, כישורים קוגניטיביים והישגים אקדמיים

על פי Baddeley (2003) חשיבותו של זיכרון העבודה נובעת מכך שהוא קשור לתפקודים קוגניטיביים נוספים של האדם מעבר לזיכרון עצמו. נמצא קשר בין ציונים בזיכרון עבודה פונולוגי להישגים אקדמיים, כולל כישורי למידה (Gathercole & Pickering, 2000; Gathercole, Pickering,) Bull & Scerif, 2001; Gathercole &) Swanson, 1994; Ambridge, & Wearing, 2004; Nation, Adams,) Pickering, 2000; Cain, Oakhill, & Bryant, 2004; Bowyer-Crane, & Snowling, 1999). הלוח החזותי-מרחבי נמצא קשור להתמצאות גיאוגרפית, לכישורי תכנון מרחביים (Logie, 1995) ולהישגים בתחום המתמטיקה והמדעים (Jarvis & Gathercole, 2003). מנגנון הבקרה המרכזי קשור ליכולת תכנון (Baddeley, 1996), לחשיבה מורכבת ומופשטת (Kyllonen & Christal, 1990) ומשמש כמדד טוב לניבוי האינטליגנציה הכללית g ובאופן ספציפי לניבוי האינטליגנציה הפלואידית gf (Conway, Cowan, Bunt, Theriault, & Minkof, 2002; Engle, Tuholski, Langhlin, & Conway, 1999). בעלי כישורים נמוכים בתפקודים ניהוליים סיימו את התיכון עם ציונים נמוכים (Daneman & Carpenter, 1980) והראו הצלחה נמוכה בתחום התעסוקה (Kyllonen & Christal, 1990).

בקרב אנשים עם מ"ש נמצא קשר בין מדדי זיכרון עבודה ומדדים קוגניטיביים יום-יומיים במטלות The Rivermead Memory Test – RBMT (Wilson, Cockburn, & Baddeley, 1985) ו-story recall (Numminen et al., 2000) וכישורים אקדמיים: אוצר מילים (Jarrod & Baddeley, 1997; Vicari &) Carlesimo, 2002), קריאה, כתיבה, חשיבה מתמטית והבנת משפטים (Henry & McMacLean, 2003;) Numminen et al., 2000).

הגדרת מוגבלות שכלית: המסורתית, החדשה ושל ה- DSM-5 (APA, 2013)

המחקר הנוכחי נערך באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית קלה ובינונית, ולכן תובא להלן סקירת ספרות המתייחסת להגדרת המוגבלות השכלית המסורתית (Grossman, 1983), החדשה (Luckasson et al., 2010; Schalock et al., 2002) והגדרת ה- DSM-5 (APA, 2013).

הגדרת המוגבלות השכלית המסורתית (Grossman, 1983)

ההגדרה המסורתית מתבססת על מודל פסיכו-סוציאלי (Grossman, 1983), על פיו המוגבלות השכלית נקבעת בהתאם לכישוריו ולרמת תפקודו של הפרט בשני תחומים: האינטלקטואלי וההתנהגות המסתגלת. לפי הגדרה זו, מוגבלות שכלית התפתחותית מתייחס לתפקוד אינטלקטואלי נמוך מהממוצע, באופן משמעותי, המתקיים בד בבד עם פגם בהתנהגות המסתגלת במשך תקופת ההתפתחות (עמינדב, 1983).

תפקוד אינטלקטואלי נחשב נמוך, כאשר קיימת סטייה של שני ציוני תקן מהממוצע, קרי מנת משכל העומדת על $IQ = 70$ ומטה.

ההתנהגות המסתגלת מוגדרת כמידה בה נדרש הפרט לעמוד בקריטריונים של מחויבות אישית ואחריות חברתית, המצופה מבני גילו הכרונולוגי (עמינדב, 1983). ההתנהגות המסתגלת נמדדת על פי מידת התפקוד בקריטריונים סטנדרטיים בארבעה תחומים: עזרה עצמית, תקשורת, חברות ותעסוקה. לצרכי חינוך ושיקום סווגו את ה מוגבלות השכלית התפתחותית לארבע רמות בהתאם לקריטריונים הנ"ל (Grossman, 1983):

- **חינוכיים** - מוגבלות שכלית קל ($IQ = 55-69$ (Mildly retarded)) בעלי יכולת רכישת מיומנויות אקדמיות: קריאה וכתביה וחשבון, ועצמאיים בניהול חיי היום יום. יכולים להשתלב במסגרת תעסוקתית ומגורים בקהילה.

- **אימוניים** - מוגבלות שכלית בינוני ($IQ = 40-54$ (Moderately retarded)) בעלי יכולת רכישת מיומנויות אקדמיות: קריאה וכתביה. מסוגלים לעסוק בעבודת אריגה, סריגה ואומנות. יכולים להשתלב בקהילה, אולם מבחינה רגשית-חברתית הינם תלויים וילדותיים יותר מאשר אנשים עם מוגבלות שכלית התפתחותית קלה.

- **טיפולים** - מוגבלות שכלית קשה ($IQ = 25-39$ (Severely retarded)) בעלי יכולת רכישת מיומנויות עזרה עצמית בטכניקות מיוחדות כעיצוב התנהגות. בתחום התעסוקתי, מסוגלים לבצע פעולה מונוטונית פשוטה אחת. מתגוררים לרוב במוסדות, אולם קיימת דרישה מצד ההורים לשלבם בדיוור בקהילה, תוך התאמת המגורים לצרכיהם.

- **סיעודיים** - מוגבלות שכלית עמוקה ($IQ = 24$ (profoundly retarded)) ומטה מרבית הפונקציות בתחומי ההתנהגות המסתגלת נמצאות בשלב בסיסי מאוד, והם זקוקים להשגחה ולטיפול תמידיים. בקבוצה זו נמצאים יחידים המרותקים למיטתם ובעלי מגבלות רפואיות, הזקוקים להשגחה רפואית.

הגדרה זו של Grossman תואמת את ההגדרה של המוגבלות השכלית על ידי אגודת הפסיכיאטרים האמריקאית במהדורת DSM-IV (APA, 1994). על פי הגדרה זו, תפקוד אינטלקטואלי כללי הנמוך מהממוצע במידה משמעותית המלווה במגבלות משמעותיות בתפקוד ההסתגלותי, בתחומי מיומנות שונים, כגון: יכולת טיפול עצמי, עבודה, בריאות וביטחון. כדי להתאים לאבחנה צריכות בעיות אלה להופיע לפני גיל 18. מוגבלות שכלית התפתחותית, מוגדרת, איפוא, במונחים של רמת הביצועים ההתנהגותיים. ההגדרה אינה אומרת דבר על הגורמים הסיבתיים, העשויים להיות בעיקרם ביולוגיים, פסיכו-חברתיים, חברתיים-תרבותיים, או צירוף שלהם. ציון סף 70 במבדקי רמת משכל הוא נקודת ההפרדה ב- DSM-IV (APA, 1994) לאבחון של מוגבלות שכלית. לכל ציון מנת משכל בין 70 ל- 90 מתייחסים כאל 'גבולי' או קשה תפישה-נורמלי (dull-normal).

הגדרת המוגבלות השכלית החדשה (Luckasson et al., 2002; Luckasson et al., 1992; Schalock et al., 2010)

עד לשנת 1992 שררה הסכמה בין אגודת הפסיכיאטרים האמריקנית (American Psychiatric Association), המוציא לאור של DSM-IV) לבין האגודה האמריקנית ל מוגבלות שכלית התפתחותית (AAMR - American Association on Mental Retardation) על ההגדרה של המוגבלות השכלית ועל הגדרת הרמות או הדרגות של המוגבלות.

בשנת 1992 נקבעה הגדרה חדשה שביטאה שינוי משמעותי מההגדרה המסורתית (Luckasson et al., 1992) שגובשה סופית בשנת 2002 (Luckasson et al., 2002). הגדרה זו גובשה סופית בשנת 2010 (Schalock et al., 2010). על פי הגדרה זו, המוגבלות השכלית מוגדרת כמוגבלות המאופיינת על ידי מגבלות משמעותיות בתפקוד האינטלקטואלי וגם בהתנהגות המסתגלת, כפי שמתבטאת במיומנויות ההסתגלות הקונצפטואליות (מיומנויות קוגניטיביות, תקשורתיות ואקדמיות), החברתיות (ציות לחוקים וקיום כללים, אחריות, יחסים בין אישיים, הערכה עצמית, עמידה בפני הונאה, ניצול, הכשלה ונאיביות), והמעשיות (טיפול עצמי, פעילויות אינסטרומנטליות של חיי יום יום). לפי ההגדרה החדשה "מוגבלות שכלית מאופיינת במגבלות משמעותיות בתפקוד השכלי ובהתנהגות המסתגלת כפי שהיא באה לידי ביטוי במיומנויות הסתגלותיות תפיסתיות, חברתיות ומעשיות. מוגבלות זו מקורה לפני גיל 18" (Schalock et al., 2010, p. 17).

הגדרה זו נשענת על מודל התמיכות שבסיסו הוא אקולוגי-חברתי (Landesman-Ramey, Dossett, & Echols, 1996). על פי מודל זה, לאינטראקציה שבין המאפיינים האישיים של היחיד לבין מאפייני הסביבה בה הוא פועל, השפעה על התנהגותו. תפקוד היחיד הינו תוצר של מידת יחסי הגומלין בין משתני הפרט (אינטליגנציה והתנהגות מסתגלת), לבין הסביבה (בית, בית ספר/עבודה, קהילה), לכן הסביבה הינה בעלת השפעה מכרעת על עיצוב תפקודו של בעל המוגבלות השכלית. על פי המודל, לפן החינוכי-תרבותי השפעה רבה בקביעת רמת תפקודם של אנשים עם מוגבלות שכלית התפתחותית. שני אנשים עם רמת משכל זהה יכולים לתפקד באופן שונה, כתוצאה מהתערבות חינוכית-סביבתית שונה. כלומר, תמיכה סביבתית-חינוכית מתאימה יכולה לחולל שינוי בתפקודו של היחיד, גם אם הוא עם מוגבלות שכלית התפתחותית.

ניתן להקביל בין מודל זה לגישה 'האקטיבית-משנה' שטבעו Feuerstein and Rand (1997). גישה זו מבוססת על ההנחה שכל אדם מעצם טבעו הינו בעל יכולת השתנות במגוון רחב של תפקודים קוגניטיביים ומוטיבציוניים כתוצאה מהשפעות סביבתיות. על פי הגישה 'האקטיבית-משנה', ניתן להשיג שינויים תפקודיים אלה באמצעות תהליכי למידה מתווכת והפעלתם באופן שיטתי וממושך. Feuerstein (2003) טוען כי בעזרת סביבה חינוכית-התערבותית נאותה ניתן לשפר את תפקודו של היחיד, למרות קיומם של שלושה מכשולים שעלולים למנוע השתנות זו והם: גיל, אטיולוגיה של המוגבלות ודרגת חומרתה.

הן הגדרות המוגבלות השכלית החדשות (Luckasson et al., 1992; Luckasson et al., 2002) והן גישתם של Feuerstein, Rand, and Hoffman (1979) טוענות כי גם אנשים עם מוגבלות שכלית קשה ועמוק מסוגלים להתקדם ולהתפתח. גישות אלה מטילות על החברה את האחריות המלאה למציאת דרכים נאותות לספק לאנשים עם ה מוגבלות השכלית, בכל רמות המוגבלות השכלית, כולל ההמוגבלות השכלית הקשה והעמוקה, אמצעי תיווך ואסטרטגיות שיסייעו לפיתוח כישוריהם, ולהביאם לתפקוד עצמאי ולשילובם במידת האפשר בחברה.

על פי ההגדרה החדשה, בשנת 1992, ה-AAMR קבעה שרמת המשכל 75 היא ציון הסף לאבחון מוגבלות שכלית (וכך הרחיבה למעשה את ציבור המתאימים לאבחנה). כמו כן, הצעת ה-AAMR מחליפה את דרגות החומרה של רמות המוגבלות השכלית ההתפתחותית (שפורטו לעיל), ב'דפוס' התמיכה הנחוצים והיקפם' (תמיכה לסירוגין, תמיכה מוגבלת, רחבה, רחבת היקף).

להלן נתייחס לחידושי ההגדרה משנת 1992 ביחס להגדרה המסורתית משנת 1983 (Grossman).

ראיית המוגבלות השכלית כמצב דינמי – מוגבלות שכלית התפתחותית היא מצב עכשווי. על פי ההגדרה החדשה, מוגבלות שכלית מתייחסת למגבלה משמעותית עכשווית בתפקוד. כלומר, אדם יכול להיות מסווג כבעל מוגבלות שכלית בתקופה אחת של חייו ולא כבעל מוגבלות שכלית בתקופה אחרת של חייו. לסביבה, כלומר לתיווך, השפעה על מצב זה.

התהוות המוגבלות השכלית עד גיל 18 – מוגבלות שכלית התפתחותית הינה נכות התפתחותית מהלידה עד גיל 18. על פי ההגדרה החדשה (Luckasson et al., 2002; Luckasson et al., 1992; Schalock et al., 2010), ייחשב אדם מוגבל בשכלו, כאשר הפגיעה בתהליכים הקוגניטיביים והשכליים חלה אצלו לפני גיל 18. ניתן לראות שני אנשים, האחד, בגיל 16 והאחד בגיל 26 אשר יתפקדו בצורה זהה מבחינה קוגניטיבית והתנהגותית, לאחר שכן ה-26 נפגע בתאונת דרכים. אולם, האחרון, לא יוגדר כאדם בעל מוגבלות שכלית. לדעת מחברי ההגדרה, מבחינה קוגניטיבית המוח מגיע לשיא התפתחותו בגיל 18. הטענה היא שאדם שחווה את שלבי ההתפתחות הקוגניטיבית לפי Piaget (1965, 1970) כולל תקופת האופרציות הפורמליות, אינו דומה לאדם שמוחו לא חווה תהליכים אלה. גם אופי הטיפול יושפע מההגדרה. העבודה עם האדם המוגבל בשכלו תתמקד בבניית מושגים ותהליכים קוגניטיביים, ואילו העבודה עם אדם שנפגע בתאונה ויוגדר כבעל פגיעה מוחית, תתמקד בשחזור התפקודים שהיו בעבר.

העלאת הסף העליון של המוגבלות השכלית – בהתאם להגדרה החדשה, אדם אשר מנת המשכל שלו נעה בטווח $70 < IQ < 75$ נחשב כבעל מוגבלות שכלית. ההגדרה מביאה בחשבון טעויות מדידה של חמש נקודות שיכולות להיווצר כתוצאה ממצבים ספציפיים בשעת מבחן, כגון: עייפות, לחץ וכו'. ההגדרה אף מתייחסת לתלמידים שהם בעלי שונות תרבותית ולשונית, המוגדרים כאנשים עם מוגבלות שכלית סביבתית ועלולים להיות מוגדרים כאנשים עם מוגבלות שכלית. הכוונה בעיקר לאפרו-אמריקאיים ובני מיעוטים אחרים אשר מיוצגים ייצוג יתר בטווח של $70 < IQ < 75$, שעלולים להיות מסווגים כאנשים עם מוגבלות שכלית. לפיכך, נקבע שהסף העליון של המוגבלות השכלית יהיה $IQ = 70$. אולם, לעיתים, גם יחידים בעלי $IQ = 75$ עשויים להיות מוגדרים כאנשים עם מוגבלות שכלית. כדי להימנע מטעויות מדידה נדרשים אנשי המקצוע לקבוע את ההבחנה של היחיד כבעל מוגבלות שכלית באופן מקיף ובעזרת צוותים בין מקצועיים, שישקלו מקורות מידע שונים ומגוונים המתארים ומעריכים את יכולתו של היחיד. כלומר, אין סכנה שאדם יוגדר כבעל מוגבלות שכלית רק בשל היותו בעל שונות תרבותית.

ביטול הקלסיפיקציה לרמות מוגבלות שכלית על פי מנת משכל – החידוש העיקרי של ההגדרה החדשה מתבטא בביטול ההבחנה בין רמות מוגבלות שכלית לפי דרגות ה-IQ. לא עוד מוגבלות שכלית קלה, בינונית, קשה ועמוקה. לא עוד חינוכיים, אימוניים, טיפוליים וסיעודיים. תחת זאת סיווגה ההגדרה החדשה את אוכלוסיית עם המוגבלות השכלית לארבע דרגות, על פי מידת האינטנסיביות של השירותים והתמיכות להם זקוקים החניכים בתפקודם בבית, בבית הספר, בעבודה ובקהילה: שירותים לסירוגין -

שירותים ותמיכות ניתנים לפי צורך ובעיקר במצבי משבר ולטווח קצר; שירותים מוגבלים - השירותים והתמיכות ניתנים רק במספר תחומים ולטווח ממושך מעט יותר מהרמה הראשונה; שירותים ממושכים - שירותים ותמיכות שינתנו לתקופה ממושכת וארוכה יותר; שירותים ממושכים ואינטנסיביים - שירותים ותמיכות שינתנו בכל הפעילויות ושעות היממה. ביטול החלוקה לרמות מוגבלות שכלית מהווה תפנית ותפיסה חדשנית, המאמינה כי גם לאדם עם מוגבלות שכלית התפתחותית קשה ועמוקה יש יכולת להשתנות. לתפיסה זו השלכות משמעותיות בכך, שהיא דורשת היערכות מקצועית של אנשי החינוך לגבי סוג השירותים והתמיכות שיעזרו לאדם בעל המוגבלות השכלית לתפקד ולמצות את יכולותיו, ומטילה למעשה את האחריות על תפקודו של היחיד בעל המוגבלות השכלית – על החברה.

ביטול הקלסיפיקציה לרמות מוגבלות שכלית עוררה ביקורת חריפה בעיקר בקרב חוקרים ואנשי אקדמיה (Greenspan, 1999; MacMillan, Gresham, & Siperstein, 1993; MacMillan & Reschly, 1996; Switzky & Greenspan, 2003; Vig & Jedrysek, 1996). הביקורת מתייחסת להמרת הסיווג של המוגבלות השכלית לפי IQ לסיווג על פי רמות השירותים והתמיכות. לדעת המבקרים, ארבע רמות אלה אינן ניתנות למדידה אובייקטיבית לעומת ארבע דרגות חומרה של רמות המשכל מחד, ומאידך רמות השירותים והתמיכות, מייצגות למעשה רמות משכל. כך למשל, אדם עם מוגבלות שכלית התפתחותית קלה זקוק לרמת שירותים לסירוגין לעומת אדם עם מוגבלות שכלית התפתחותית קשה ועמוקה הזקוק לרמת שירותים אינטנסיבית. לכן, לדעתם, אין צורך לבטל הסיווג על פי רמות המשכל. על כך משיב Reiss (1994), כי הגישה בה תויג האדם בעל המוגבלות השכלית על פי רמות משכל יצרה מצב בו תפקודו ויכולתו היו צפויים מראש בבחינת הנבואה המגשימה את עצמה. לעומת זאת, ארבע רמות השירותים והתמיכות מדגישות ומגבירות את תחום אחריותם של אנשי החינוך בהבאת היחיד לתוצאות טובות יותר.

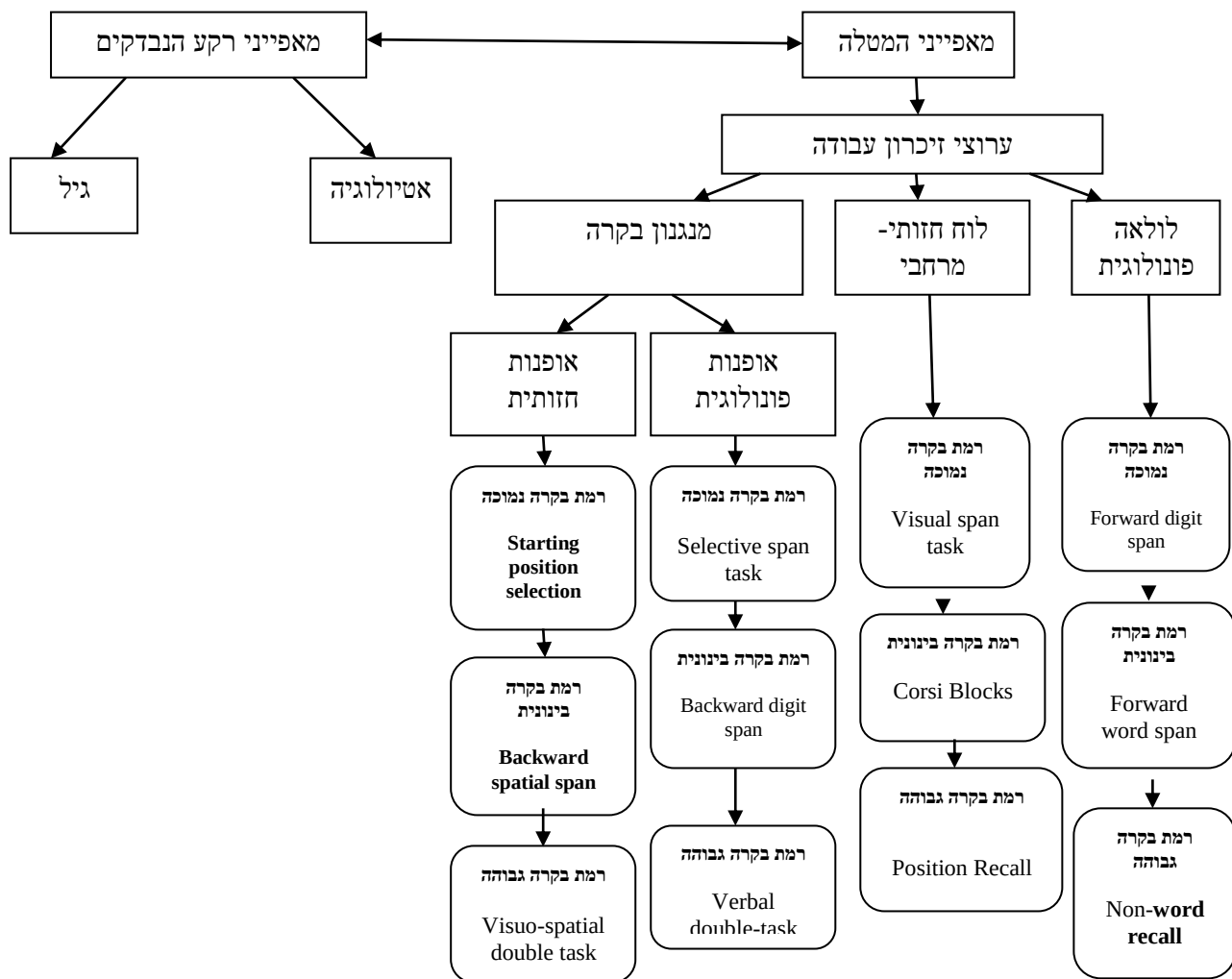
לסיכום: הגדרה זו הביאה ארבעה חידושים מהותיים לעומת ההגדרה הקודמת: ראיית המוגבלות השכלית כמצב עכשווי ודינמי, התהוות המוגבלות השכלית עד גיל 18, ביטול הקלסיפיקציה לרמות מוגבלות שכלית והעלאת הגבול העליון של המוגבלות השכלית.

הגדרת המוגבלות השכלית Intellectual Disability על פי האגודה הפסיכיאטרית האמריקאית – DSM-5 (APA, 2013)

הגדרת ה- DSM-5 תואמת להגדרה החדשה, לפיה מוגבלות שכלית מתרחשת במהלך תקופת ההתפתחות וכוללת ליקוי באינטליגנציה ($IQ = 70 \pm 5$) ובתפקוד מסתגל בתחום התפיסתי, החברתי והמעשי. על פי ה- DSM-5 (APA, 2013) ליקוי בתפקוד האינטלקטואלי מתייחס לליקוי בתפקודים כמו היסק, פתרון בעיות, תכנון, חשיבה מופשטת, למידה אקדמית, **למידה מהניסיון** והבנה מעשית. ליקוי בהתנהגות מסתגלת מתייחס לתפקודים כמו תקשורת, השתתפות חברתית ועצמאות ביום יום בסביבות שונות כמו בבית, בית ספר, עבודה. סיווג אוכלוסיית המוגבלים בשכלם לאנשים עם מוגבלות קלה, בינונית, קשה וחמורה, נעשה על פי שלושת תחומי התפקוד ההסתגלתי בלבד. הסיבה לכך היא שרק על פי תחומי ההסתגלות ניתן לקבוע את רמת התמיכות הנדרשות. השינוי בהגדרה זו הינו שהושם דגש על פגיעה בתפקוד הקוגניטיבי וההסתגלותי.

זיכרון עבודה באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית

מרבית מחקרי זיכרון עבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש נערכו על פי המודל של Baddeley. קילברג (2013) ערכה סקירה מדעית אינטגרטיבית (Integrative Research Review) של מחקרי זיכרון עבודה ($N = 47$) בקרב אוכלוסייה עם מ"ש שנערכו בין השנים 1990-2013. נמצא כי המודל של Baddeley לבדו אינו יכול להסביר את תפקודי זיכרון העבודה של אנשים עם מ"ש ביחס לאנשים עם התפתחות תקינה. המודל הנוסף הוא המודל של Cornoldi and Vecchi. קילברג מצביעה על טקסונומיה של שני אשכולות מתווכים המשפיעים על תפקודי זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש: מתווכים הקשורים לנבדקים בהם: האטיולוגיה, הגיל הכרונולוגי והאינטליגנציה, ומתווכים הקשורים למטלה, בהם: ערוץ זיכרון העבודה (על פי המודל של Baddeley) ומתווך נוסף (על פי המודל של Cornoldi and Vecchi): רמת הבקרה (עומס המטלה) הנדרשת על ידי המטלה. בסקירה המדעית נמצאה היררכיה ביצועית של המעבדים השונים בקרב אנשים עם מ"ש ומדרג פנימי בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה שנקבע על פי רמת הבקרה הנדרשת על ידי הטקסונומיה של המטלה. תפקוד זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש ירד ככל שרמת הבקרה הנדרשת עלתה. כלומר, התפקוד נמצא שמור במטלות אשר דורשות רמת בקרה נמוכה, ולקוי יותר ככל שהדרישה עלתה. מדרג המטלות בערוץ הפונולוגי הוא: א. זכירת ספרות; ב. זכירת מילים; ג. זכירת מילות התפל. המדרג בערוץ החזותי הוא: א. זכירת מטלות סדרתיות (זכירת רצף של פריטים); ב. מטלות סימולטאניות (זכירה של מספר פריטים בו-זמנית); ג. זכירת מטלות חזותיות (זכירת צורות); ד. זכירת מטלות מרחביות. המדרג במנגנון הבקרה המרכזי הוא: א. זכירה הדורשת פעולה אחת - היפוך הזכירה; ב. מטלה הדורשת שתי פעולות - זכירה ואינהיביציה; ג. מטלה הדורשת התייחסות סימולטאנית לשני ממדים. טקסונומיית המתווכים המשפיעים על זיכרון העבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש מוצגת בתרשים 3.



תרשים 3: טקסונומיה של מתווכים המשפיעים על זיכרון עבודה

הפרופיל הקוגניטיבי של בעלי אטיולוגיות שונות של מוגבלות שכלית

המחקר המוצע מתמקד בבדיקת זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד. להלן נציג את הפרופיל הייחודי של כל אחת מן האטיולוגיות:

הפרופיל הקוגניטיבי של אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית – מ"ש לא"ס

אנשים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית (מ"ש לא"ס) מהווים קבוצה הטרוגנית באשר לרמת המשכל והקשיים הקוגניטיביים. מן הספרות עולה כי הם עשויים לגלות יכולת שפתית ירודה (Fink)

(Hulme & Mackenzie, 1992), יכולת מופחתת בשליפה פעילה של מידע מאוחסן (Cegelka, 1982), מתקשים בשימוש באסטרטגיה באופן ספונטני (Borkowski, Carr, & Pressley, 1987) ובגמישות במעבר מאסטרטגיה אחת לאחרת (Campione & Brown, 1984). כמו כן, הם עשויים לגלות קשיי קשב וריכוז (Reed, 1996; Zeaman & House, 1979), קושי בזיכרון לטווח קצר (Ellis, 2007; Baddeley & Jarrold, 2007), ובזיכרון לטווח ארוך (Vicari, 1999; Bellugi, Lightenberger, Mills, Galaburda, & Korenberg, 1999; Bellucci, & Carlesimo, 2000).

זיכרון עבודה: Lifshitz, Kilberg et al. (2016) ערכו מאמר סקירה (Integrative research review) על מחקרי זיכרון עבודה באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית משנות ה-90 ואילך. הרקע לביצוע המחקר נבע מהעובדה שבתחום זיכרון העבודה נמצאו ממצאים סותרים באשר לתפקוד של אנשים עם מוגבלות שכלית בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה. בסקירה המחקרית שנערכה נמצאו 24 מחקרים שבדקו זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס, כאשר חלק מהמחקרים מדווחים על תפקוד זהה של אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית לזה של בעלי התפתחות תקינה (Danielsson, Henry, Rönnberg, & Lars-Göran, 2010; Henry, 2007; Van der Molen, Van Luit, Jongmans, & Van der Molen, 2001), ואילו חלק מהמחקרים מדווחים על תפקוד נמוך (Alloway, 2010; Connors, Carr, & Willis, 1998; Hartman, Houwen, Scherder, & Visscher, 2010; Hasselhorn & Mahler, 2007; Henry & MacLean, 2002; Van der Molen, Van Luit, Jongmans, & Van der Molen, 2009; Van der Molen, Van Luit, Van der Molen, & Jongmans, 2010; Willner, Bailey, Parry, & Dymond, 2010). להלן נציג מספר ממצאים מרכזיים בכל ערוץ של זיכרון העבודה על פי המודל של Baddeley (2012) באשר לתפקוד זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה ואנשים עם ת"ד. בלולאה הפונולוגית: בהשוואה ליחידים עם ת"ד נמצא כי מבוגרים עם מ"ש לא"ס תפקד טוב יותר במטלות הלולאה הפונולוגית, אך לא נבדלו ביניהם בלוח חזותי מרחבי ובמנגנון בקרה מרכזי (Numminen, Service, Ahonen, & Ruoppila, 2001). לעומת זאת, תפקוד הלולאה הפונולוגית של מבוגרים עם מ"ש לא"ס נמצא נמוך מזה של מבוגרים עם תסמונת ויליאמס ובעלי התפתחות תקינה (Devenny et al., 2004). נמצא מתאם גבוה בין מרכיבי הלולאה הפונולוגית ובין כישורי קריאה, כתיבה והבנת משפטים (Numminen et al., 2000). בלוח החזותי-מרחבי: נמצא תפקוד נמוך יותר של מבוגרים עם מ"ש לא"ס בהשוואה לילדים בעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה (Numminen, 2002; Service, & Ruppila, 2002), אך לא בהשוואה למבוגרים עם ת"ד. נמצא מתאם גבוה בין מרכיבי הלוח החזותי מרחבי לכישורי הכתיבה ומדדים קוגניטיביים יום-יומיים. במנגנון הבקרה המרכזי: בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה (6.5) נמצאו הבדלים מובהקים בין הקבוצות רק במטלות שדרשו רמה גבוהה של בקרת קשב (Carretti, Belacchi, & Cornoldi, 2010). במחקר אחר (Numminen et al., 2001) נמצא שאנשים עם מ"ש לא"ס (CA = 38-59, MA = 3-6) הראו במטלת Backward digit span תפקוד שווה לזה של בעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה (3-6). נמצא מתאם גבוה בין מרכיבי מנגנון הבקרה המרכזי ובין כישורי מתמטיקה והבנת משפטים.

לסיכום: המחקרים השונים הצביעו על תפקוד זיכרון גבוה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס בלולאה הפונולוגית בהשוואה לאנשים עם ת"ד, אך נמוך מזה של בעלי התפתחות תקינה. במנגנון הבקרה המרכזי

נמצאו הבדלים מובהקים בין אנשים עם מ"ש לא"ס לבעלי התפתחות תקינה רק במטלות אשר דרשו רמת בקרה גבוהה.

הפרופיל הקוגניטיבי של אוכלוסייה עם תסמונת דאון – ת"ד

מנת המשכל של אנשים עם ת"ד נעה בדרך כלל בטווח $IQ = 40-70$. כלומר, בין המוגבלות השכלית הקלה לבינונית (Vicari, Bellucci, & Carlessimo, 2006), אך לעתים מנת המשכל יכולה להיות גם נמוכה יותר (Carr, 1995; Pueschel, 1995). על פי Vicari et al. (2006) רמות שונות של מנת משכל הוא המאפיין הבולט של אנשים עם ת"ד. הקשיים הקוגניטיביים של אוכלוסייה עם ת"ד מתבטאים בזיכרון, בהמשגה, בהכללה, בהפשטה וברכישת אסטרטגיות למידה חדשות (Head, Silverman, Patterson, & Lott, 2012). הם עשויים לגלות התפתחות שפתית לקויה (Byrne, Buckley, MacDonald, & Bird, 1995; Chapman, 1995; Hesketh & Chapman, 1998). הקשיים בשפה מתבטאים בפער בין שפה פסיבית לאקטיבית, באוצר מילים דל ובקושי בתחביר ובדקדוק (Charman, Drew, Baird, & Baird, 2003; Fowler, 1990; Miller, 1992). כמו כן, אנשים עם ת"ד מתקשים ברכישת מיומנויות הקריאה והכתיבה. לעומת התחום השפתי, קיים שימור יחסי של מיומנויות בתחום החזותי-מרחבי (Jarrold, Baddeley, & Hewes, 1999; Vicari, Bellucci, & Carlesimo, 2005; Wang & Bellugi, 1994). יכולת הזיכרון הדקלרטיבי לטווח ארוך של אנשים עם ת"ד נמצאה נמוכה, הן בהשוואה לנבדקים עם תסמונת ויליאמס, והן בהשוואה לנבדקים בעלי התפתחות תקינה (Carlesimo, Marotta, & Vicari, 1997; Don, Schellenberg, Reber, DiGirolamo, & Wang, 2003; Vicari, 2001; Vicari et al., 2000). לעומת זאת, יכולת הזיכרון הפרוצדורלי שלהם נמצאה גבוהה בהשוואה לנבדקים עם תסמונת ויליאמס, וזהה לזו של נבדקים בעלי התפתחות תקינה (Krikorian, Bartok, & Gay, 1987; Nissen & Bellemer, 1994). ראה גם סקירה של מחקרי זיכרון לטווח ארוך (LTM) שנערכו בקרב אנשים עם ת"ד בגילאי הילדות, ההתבגרות והבגרות בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה בעלי אותו גיל שכלי ובעלי אטיולוגיות שונות שנערכה על ידי Godfrey and Lee (2018).

זיכרון עבודה: Lifshitz, Kilberg et al. (2016) ערכו מאמר סקירה (Integrative research review) על מחקרי זיכרון עבודה באוכלוסייה עם ת"ד משנות ה-90 ואילך. הרקע לביצוע המחקר נבע מהעובדה שבתחום זיכרון העבודה נמצאו ממצאים סותרים באשר לתפקוד של אנשים עם ת"ד בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה. בסקירה המחקרית שנערכה נמצאו 13 מחקרים. חלק מהמחקרים מדווחים על תפקוד זהה של אנשים עם תסמונת דאון בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה (Lanfranchi, Cornoldi, & Vianello, 1995; Vicari, Carlesimo, & Caltagirone, 2002) ואילו חלק מהמחקרים מדווחים על ביצוע נמוך של אנשים עם ת"ד בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה (Hulme & Mackenzie, 1992; Lanfranchi, Jerman, & Vianello, 2009; Laws, 2002). להלן נציג מספר ממצאים מרכזיים בכל רכיב של זיכרון העבודה על פי המודל של Baddeley (2012) באשר לתפקוד זיכרון העבודה בקרב אנשים עם ת"ד בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה ומ"ש לא"ס. בלולאה הפונולוגית: מחקרים בזיכרון עבודה בקרב אנשים עם ת"ד הצביעו על ליקויים במערכת זיכרון העבודה המילולית בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה ולמבוגרים עם מ"ש לא"ס (Baddeley & Jarrold, 2007; Jarrold, Nadel, & Vicari, 2008; Kittler, Krinsky-McHale, & Devenny, 2004; Numminen et al., 2001; Silverman, 2007). החוקרים הסיקו כי ישנם ליקויים בלולאה

הפונולוגית אצל אנשים עם ת"ד, אך לא אצל אנשים עם מ"ש לא"ס (Kittler et al., 2004; Numinen et al., 2001). ילדים עם ת"ד מתקשים ברכישת מיומנויות הקריאה והכתיבה. חוקרים מייחסים קשיים אלו לפגיעה בזיכרון העבודה האודיטורי (phonological loop): לקושי בזכירת רצפי מילים, מודעות פונולוגית לקויה, קושי בהבחנה בין צלילים דומים ואותיות דומות ובתכלול חזותי-שמיעתי המתבטא בקושי לתרגם את הסמל הגרפי של האות לצליל (Buckley, 1985; Carr, 1995; Levy & Hermon, 2003). בלוח החזותי-מרחבי: התפקודים של אוכלוסייה עם ת"ד שמורים יחסית בתחום של זיכרון עבודה חזותי-מרחבי בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה (Vicari et al., 2006), כאשר תפקוד הזיכרון המרחבי שמור יותר מהזיכרון החזותי. במנגנון הבקרה המרכזי: התפקוד של אנשים עם ת"ד לקוי בכל מרכיבי מנגנון הבקרה המרכזי, הן הפונולוגיים והן החזותיים-מרחביים, ובתפקודים ניהוליים (Vicari et al., 1995). Lanfranchi, Cornoldi, and Vianello (2004) בדקו תפקודי זיכרון עבודה במנגנון הבקרה המרכזי בקרב אנשים עם ת"ד (CA = 11.1) בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה (MA = 4.10). זיכרון העבודה נבדק במטלות בשלוש רמות בקרה: נמוכה backward word span, בינונית listening word span, וגבוהה dual task span (dual selective word span ו-working memory visuospatial task) ונמצא שההבדלים בין שתי האוכלוסיות גדלו ככל שרמת הבקרה (עומס המטלה) הייתה גבוהה יותר. ממצאים אלו תואמים למודל האנכי-אופקי של Cornoldi and Vecchi על פיו מטלות שונות של זיכרון עבודה דורשות רמת בקרה שונה ואנשים עם מ"ש מתקשים ככל שרמת הבקרה עולה.

לסיכום: תפקודי זיכרון העבודה במרכיבי הלולאה הפונולוגית של מבוגרים עם ת"ד נמוכים מאלה של מבוגרים עם מ"ש לא"ס ושל מבוגרים בעלי התפתחות תקינה. לעומת זאת תפקודם גבוה יותר במרכיבי הלוח החזותי מרחבי, הדומה לזה של מבוגרים בעלי התפתחות תקינה.

לאור האמור לעיל, שערנו שיימצאו הבדלים בתפקודי זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס בהשוואה לאנשים עם ת"ד בכל הקוהורטים, אנשים עם מ"ש לא"ס יראו ציונים גבוהים יותר במטלות בזיכרון העבודה הפונולוגי, ואנשים עם ת"ד יראו ציונים גבוהים יותר במטלות בזיכרון העבודה החזותי. הפער בין הציונים ישמר לאורך השנים. השפעת רמת הבקרה תהיה דומה בשתי האוכלוסיות.

התפתחות זיכרון העבודה בתקופת ההתבגרות, הבגרות וגיל העמידה באוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה ובאוכלוסייה עם מוגבלות שכלית עם וללא תסמונת דאון

המחקר הנוכחי התמקד בבדיקת מסלולים של זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש עם וללא ת"ד. על כן נתייחס להתפתחות זיכרון העבודה בקרב בעלי התפתחות תקינה ואנשים עם מ"ש עם וללא תסמונת דאון. בכל קבוצה נתייחס להתפתחות זיכרון העבודה בשלוש הערוצים על פי המודל של Baddeley (לולאה פונולוגית, הלוח חזותי-מרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי) בתקופות הגיל השונות.

התפתחות זיכרון העבודה בקרב בעלי התפתחות תקינה

תקופת הילדות והתבגרות: זיכרון העבודה הפונולוגי: בסביבות גיל 15 רמת הביצוע מקבילה לזו של אדם מבוגר, והמתבגר יכול לזכור ללא קושי שבע ספרות המושמעות לו במהלך כ-30 שניות (Dempster, 1981). זיכרון עבודה מרחבי: הביצוע עולה עד גיל 16, ואז מתייצב. טווח הזכירה הלא ורבלי ממשיך להשתפר עד גילאי 13-15, היכולת לזכור יחידת מידע מרחבית ללא השהיה והיכולת לארגון מרחבי ממשיכות להתפתח עד גיל 16 (Luciana, Conklin, Hooper, & Yarger, 2005). העלייה בתפקוד זיכרון עבודה יכולה להיות מוסברת על ידי תהליכי הבשלה במערכת העצבים, התפתחות מרכיב מנגנון הבקרה המרכזי, עלייה במהירות עיבוד המידע וכן באימון פעילויות קוגניטיביות שונות (שיפור יכולות האחסון, היכולת להתייחס בו-זמנית למספר מקורות מידע, ושימוש באסטרטגיות ארגון) (Case, 1985; Cowan, 2010).

הבשלה במערכת העצבים - שינוי פיזיולוגי חשוב המתרחש במהלך ההתבגרות הוא תהליך המיאליניזציה הבא לידי ביטוי בצמיחת מעטפת שומנית המאפשרת בידוד לאקסונים של תאי העצב. המיאליניזציה מתרחשת במיוחד באונות הפרונטליות אשר אחראיות בין היתר על תהליכי חשיבה מסדר גבוה (Yakovlev & Lecours, 1967) כיוון שמיאליניזציה חשובה להאצת מהירות העברה עצבית, סביר שבתהליך זה היא קשורה להגברת מהירות העיבוד הקוגניטיבי, כלומר שיפור החומרה של מערכת עיבוד המידע מביא להחזקת כמויות גדולות והולכות עם הגיל. כפי שכבר ציינו, באופן כללי ביצועי הזיכרון עולים בצורה תלולה עד גיל שמונה ואחריו קיים שיפור הדרגתי יותר עד ליציבות בסביבות גיל 12 (Gathercole, 1999).

התפתחות במהירות העיבוד – כפי הנראה שתהליך המיאליניזציה אחראי גם לכך שמהירות העיבוד משתפרת עם ההתפתחות. השיפור במהירות העיבוד משפיע על זיכרון העבודה בשתי דרכים. עיבוד מהיר יותר מאפשר סיום מהיר של מטלה וכך מפחית את הסיכוי להתעייפות או לדעיכת המידע (Cowan, 2005). יחד עם זאת, נראה שבמקביל להתפתחות ה'חומרה', קיים גם מרכיב של שיפור ה'תוכנה' הבא לידי ביטוי באסטרטגיות זכירה.

התפתחות אסטרטגיות זכירה – יכולתם של ילדים להשתמש באסטרטגיות זיכרון המופעלות להגברת יכולת הקידוד ושליפת המידע, עולה גם היא עם הגיל. בנוסף, הם יכולים להשתמש במידע חיצוני שיכול לעזור להיזכרות. גם אימון עוזר: ככל שמזהים יותר פעמים מילים, ספרות וגירויים אחרים, הפעילות של שליפה מהזיכרון קלה יותר. ילדים מעל גיל שבע נוטים יותר לשנן פריטים או לארגן אותם ליחידות בעלות משמעות, ולכן נזכרות יותר. למשל, אם שמם לב שמספרים 1,3,5,7 הם אי זוגיים, קל יותר לזכור זאת.

אסטרטגיית זיכרון בסיסית - השינון – זוהי חזרתיות מתמשכת (בשקט או בקול רם) על הפריטים שצריך לזכור. נמצא כי ילדים צעירים אינם מבצעים שינון באופן ספונטני. Flavell, Beach, and Chinsky (1966), הראו לילדים בגיל ג', בכיתה ב' ו-ה' שלוש תמונות ספציפיות מתוך שבע וביקשו מהם לזכור אותן לאחר השהייה של 15 שניות, שבמהלכה רשמו הנסיינים כל סימן המצביע על שינון (כמו הזזת שפתיים או אמירת הפריטים לעצמם). נמצא שהזכירה של הילדים הגדולים היתה טובה יותר משתי הקבוצות

האחרות. הממצא היה בהתאמה לכך ש- 85% מילדים אלה שינו באופן ספונטני, בעוד שרק 10% מילדי הגן עשו זאת. ילדים גדולים יותר מבצעים גם אסטרטגיית זכירה נוספת הנקראת ארגון. זו הנטייה לארגן פריטים כך שיתאימו לקטגוריה או לסכמה מדרגה גבוהה יותר. במחקר בו הפריטים היו ניתנים לשיוך קבוצתי מבחינה מושגית, נמצא שילדים בני 10 עשו זאת אך בני שש לא, וכמות הזכירה היתה בהתאמה (Moely, Olson, Halwes, & Flavell, 1969) יתרה מכך, כאשר נותנים לילדים הוראות מפורשות לחבר ולקבץ את המילים או האובייקטים שהם צריכים לזכור לקטגוריות, הזכירה משתפרת (Black & Rollins, 1982) חלק חשוב בהתפתחות הזיכרון הוא שילדים הופכים להיות יותר מודעים ליכולת הזכירה שלהם ולהבין את הצורך להפיק אסטרטגיות. זיכרון-על (מטה-קוגניציה) מתייחס להבנת הזיכרון כתהליך, להעריך מאפייניו ומגבלותיו של הזיכרון, העומס המוטל במטלות זיכרון שונות, הבנת אסטרטגיות שיעזרו לזכירה והיכולת לבקר את תכולת הזיכרון (Kail, 1990).

כאמור, במהלך הילדות וההתבגרות חלה עליה ביכולת זיכרון העבודה. להלן נציג מספר מחקרים.

לדוגמה בגיל ההתבגרות. במחקר של Luciana et al. (2005) נבדק זיכרון העבודה המרחבי של ילדים ומתבגרים (CA = 9-10,11-12,13-15,16-17,18-20). הועברו מטלות שדרשו רמת מעורבות שונה של המנגנון המרכזי – מזכירה של יחידת מידע אחת (Face recognition, Spatial Delay Response – Goldman-) (Rakin, 1987), לזכירה של יחידות רבות (Spatial memory span – Wechsler, 1997b, Spatial self-ordered search – Sahakian & Owen, 1992). נמצא שהיכולת לזכירת יחידת מידע מרחבית אחת מתפתחת בגילאי 11-12. טווח זכירה מרחבי ממשיך להשתפר עד גילאי 13-15 והיכולת לארגון מרחבי מתפתחת עד גיל 16. על פי החוקרים כבר במהלך הילדות יש יכולת לבצע מטלות זכירה פשוטות, במהלך ההתבגרות בעקבות התפתחות מנגנון הבקרה המרכזי, מתפתחת היכולת לבצע מטלות מורכבות שדורשות שמוש באסטרטגיות ארגון. במחקר אחר, Conklin, Luciana, Hooper, and Yager (2007) בדקו את התפתחות זיכרון עבודה מילולי בתקופת ההתבגרות (9-10,11-12,13-15,16-17). הועברו מטלות זכירת טווח מילולי: טווח מספרי קדימה ואחורה (Digit span – WISC-III – Wechsler, 1991), זכירת אותיות ואמירתן בסדר אלפבתי (Letter Span Task) ומטלה של סימון מילים שהוצגו קודם מבלי לסמן אותה פעמיים (The self ordering pointing – Verbal, SOP-V) (מבוסס על Petrides & Milner, 1982). במטלה זכירת טווח אותיות בגילאי 11-12 היו נמוכים באופן מובהק מהציונים בגילאי 13-15 ו-16-17. במטלה זכירת טווח אותיות בגילאי 11 עד גיל 13. יציבות בציונים טווח זכירה מספרי קדימה ואחורה (11-12, 13-15 בהתאמה) הייתה בגיל מוקדם מאשר במטלות טווח זכירה לאחור (13-15, 16-17 בהתאמה). כלומר, היכולת לבצע מניפולציות על מידע שנזכר ממשיכה להתפתח בגיל מאוחר מאשר יכולת אחסון מידע לטווח קצר. Farrell Pagulayan, Busch, Medina, Bartok, and Krikorian (2006) בדקו התפתחות זיכרון עבודה מרחבי חזותי מילדות לבגרות (CA = 7-14,13-21) על פי מבחן Corsi Block (Milner, 1971). נמצאה עליה ליניארית עם העלייה בגיל, אולם לא נמצא הבדל מובהק בטווח הזכירה בין גילאי 14 לגילאי 21. מסקנת החוקרים הייתה שיכולת טווח חזותי מרחבי קדימה מתפתח עד אמצע גיל ההתבגרות. McDonald (2008) בדק את השפעת הגיל על מרכיבים בהתפתחות השפה בהם זיכרון עבודה מילולי בקרב ילדים ומתבגרים (CA = 6-7,8-9,9-11,18-22). לנבדקים הוקראו מספר שמות עצם והם היו צריכים לחזור עליהם בסדר אחר – ממילה שמייצגת חפץ קטן לגדול. בקבוצות הגיל, 6-7,8-9,10-11 נמצאה עליה בטווח הזכירה עם העלייה

בגיל אולם ההבדל בציונים בין הקבוצות לא היה מובהק. ציוני הנבדקים בגילאי 6-11 היו נמוכים באופן מובהק מהציונים בגילאי 18-22.

תקופת הבגרות: במהלך הבגרות, החל מגיל 20, מחקרים מצביעים על מגמות שונות. חלקם מראים ירידה, חלקם יציבות וחלקם עליה בתפקודי זיכרון העבודה. אמנם השפעת הגיל הזיכרון העבודה תואר (Salthouse & Babcock, 1991; Salthouse et al., 2011; Hale et al., 2008; Borella, Carretti, & De Beni, 2008; Mainz, 1995) אך הנקודה בו חלה ירידה בתפקודים השונים של הזיכרון משתנה במחקרים השונים. להלן נציג מספר מחקרים לדוגמה. על פי Luciana et al. (2005) במהלך הבגרות חלה ירידה ביכולת זיכרון העבודה. הירידה ביכולת הזכירה חלה בעקבות ירידה בתפקוד מנגנון הבקרה המרכזי וירידה במהירות התיאולך (Sander, Werkle-Bergner, & Lindenberger, 2011). Park et al. (2002) בדקו במחקר רחב שינויים בזיכרון עבודה בין צעירים (20-40) למבוגרים (60-89) בקרב 345 נבדקים. הועברו מטלות שדרשו בקרת קשב גבוהה (מטלות זיכרון עבודה) ונמוכה (מטלות זיכרון לטווח קצר). זיכרון העבודה החזותי מרחבי במנגנון הבקרה המרכזי נבדק באמצעות מטלת זכירת מיקום של צורות (Morrell & Line span – Park, 1993) וזכירת שבה הוצגו אותיות (Shah & Miyake, 1996 - Letter rotation). זיכרון עבודה מילולי נבדק באמצעות זכירת מילה אחרונה במשפט וזכירת המספר האחרון בבעיה חשבונית (Computational span – Salthouse & Babcock, 1991). לבדיקת זיכרון לטווח קצר בלוח החזותי מרחבי ניתנה מטלת הקשה על קוביות ברצף קדימה ואחורה (Wechsler, 1997b - Corsi block, WMS) וזכירת טווח ספרות קדימה ואחורה (Wechsler, 1997a - Digit span, WAIS-III). במטלות שבדקו זיכרון עבודה (מילולי וחזותי מרחבי) נמצאה ירידה בציונים עם העלייה בגיל, גם במבחנים שבדקו זיכרון לטווח קצר נמצאה ירידה בציונים עם העלייה בגיל, אולם היא הייתה פחות תלולה, וירידה משמעותית חלה מגיל 70 ומעלה. המטלה החזותית מרחבית (טווח קדימה 0.025- ואחורה 0.021-) הייתה תלולה יותר מאשר הירידה במטלה המילולית (טווח זכירה קדימה 0.013- ואחורה 0.012-). על פי Park et al. (2002), עם העלייה בגיל חלה ירידה בתפקוד המנגנון הבקרה המרכזי, ולכן חלה ירידה בביצוע מטלות שדורשות בקרת קשב גבוה. במחקר של Monaco, Costa, Caltagirone, and Carlesimo (2013) אשר מטרתו הייתה לספק סטנדרטיזציה ונתונים נורמטיביים עבור הגרסאות של Digit span forward and backward ו-Corsi span forward and backward. נאספו נתונים מתפקוד במטלות אלו בקרב 362 אנשים בריאים ממוצא איטלקי בגילאי 20 ועד 90 שנה. הממצאים הראו השפעה גוברת של הגיל על הביצועים בכל המשימות והשפעה של החינוך בכל המשימות למעט Corsi בגרסה לאחור. השפעת הגיל הייתה גדולה יותר על המטלות שדרשו זכירה לאחור לעומת הזכירה לקדימה. אחד ההסברים של Monaco et al. לירידה זו מוסברת על ידי התמעטות בתמיכה של מנגנון הבקרה המרכזי כפי שנצפה באונה הפרונטאלית ובמחלות דגנרטיביות (Carlesimo, Fadda, Lousso, & Caltagirone, 1994; Serino et al., 2006). גם במחקר של Bopp and Verhaeghen (2007) מצאו השפעה דיפרנציאלית של הגיל על מערכות, המילולית והחזותית, ולפיה ההבדלים בין מבוגרים זקנים ($CA = 70.72$) למבוגרים צעירים ($CA = 19.10$) היו גבוהים יותר בזיכרון עבודה חזותי-מרחבי מאשר בזיכרון עבודה מילולי. במחקר רחב בדק Hale et al. (2011) את נתיבי ההתפתחות של זיכרון העבודה במנגנון הבקרה המרכזי בקרב מבוגרים בעלי התפתחות תקינה בגילאי 20-89 בחמש קבוצות גיל 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70-79, 80-89. במחקר נעשה שימוש בטלות שכללו זכירה ועיבוד: במטלות באופנות מילולית ברמת נמוכה (Digit span, Letter span, and Word span)

וברמה גבוהה (Reading span, Counting span, Operation span) ומטלות באופנות חזותית ברמת עומס נמוכה (Line Span, Grid Span, and Dot Span) וגבוהה (Parallel Span, Alignment Span, and Position Span). נמצאה דעיכה בתפקוד זיכרון העבודה כפונקציה של גיל. הדעיכה במטלות באופנות חזותית הייתה מהירה יותר מאשר במטלות באופנות מילולית. רמת הדעיכה במטלה Spatial span הייתה פי שתיים מרמת הדעיכה במטלה Digit span (Myerson, Emery, White, & Hale, 2003), אך בכל אחת מהאופנויות, התפקוד במטלות ברמת עומס נמוכה וגבוהה ירדו באותו קצב.

Sebastián and Mediavilla (2015) בדקו התפתחות של זיכרון עבודה מילולי בקרב בעלי התפתחות תקינה ($N = 987$) בגילאי 35 עד גיל 90. נמצא שזיכרון עבודה מילולי כפי שנבדק במטלה forward digit span ירד כפונקציה של גיל כאשר הירידה המשמעותית חלה מגיל 65 והשפעת רמת ההשכלה ומין המשתתפים הייתה מינורית. במחקר של Hester, Kinsella, and Ong (2004) נבדקה השפעת הגיל ($CA = 16-89$) בקרב בעלי התפתחות תקינה, על הביצוע במטלות זכירה טווח מילולי וחזותי מרחבי (WAIS-III; Wechsler, 1997b; WMS-III; Wechsler, 1997a). נמצאה יציבות ביכולת זכירת ספרות עד גיל 45-54 ללא הבדל בין זכירה קדימה (-0.026) לבין זכירה לטווח לאחור (-0.026).

חזותי או גירוי מרחבי) הוצג בכרטיסיה הקודמת לה או בכרטיסיה שהוצגה שתי כרטיסיות קודם. נמצאה ירידה בתפקוד בהשפעת הגיל בכל המטלות, בקרב שני המינים נצפתה ירידה בזיכרון המילולי החל מגיל 31. הירידה במטלה המורכבת 2-back הייתה פי שניים יותר מהירה והתרחשה בגיל מוקדם יותר מאשר במטלה הפשוטה 1-back הפער בתפקוד בין המטלה המורכבת והפשוטה היה גדול יותר במטלות שבדקו זיכרון עבודה מילולי (1-back: 3.42 ± 0.01 ; 2-back: 2.19 ± 0.02). מאשר במטלות שבדקו זיכרון עבודה חזותי-מרחבי (1-back: 3.12 ± 0.02 ; 2-back: 1.75 ± 0.02).

לסיכום: מתוך הסקירה המובאת נראה כי ניתן להבחין בהבדלים בנטיבי ההתפתחות מהילדות לבגרות בתפקודי זי"ע בערוצים השונים (לולאה פונולוגית, הלוח חזותי-מרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי) וכי קיימים ממצאים שונים לגבי נטיבי ההתפתחות של זיכרון העבודה. מהמחקרים עולה כי מהילדות להתבגרות, חלה עלייה במטלות זי"ע, חלק מהמחקרים מצביעים על ירידה החל מגיל 20 וחלקם מצביעים על עלייה בכמה מהמבחנים וירידה רק מגילאי 30 או 40 ואף יציבות עד שנות החמישים-שישים.

התפתחות זיכרון העבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש

בחיפוש ב-Eric וב-Psinfo לא נמצאו מחקרים שבחנו את רצף ההתפתחות של זיכרון העבודה לאורך מעגל החיים בקרב אוכלוסייה עם מ"ש לא"ס ואוכלוסייה עם ת"ד (Jarrold & Baddeley, 1997, 2001; Kanno & Ikeda, 2002; Lanfranchi et al., 2002, 2004). נערכו מחקרים בתקופות הילדות וההתבגרות המוקדמת (רב המחקרים אשר נערכו בקרב אוכלוסייה עם מ"ש בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה התרכזו בקוהורטים הנ"ל – על פי הסקירה המדעית האינטגרטיבית של מחקרי זיכרון עבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Lifshitz, Kilberg et al., 2016) - 90% מהמחקרים מתמקדים באוכלוסייה בגילאי 5-21, וכן בתקופת הבגרות אך הם התמקדו בבדיקת רכיבי זיכרון עבודה תוך השוואה לבעלי התפתחות תקינה ואוכלוסייה עם תסמונות שונות, ולא נערכה בדיקה של המסלולים של ההתפתחות. לשם הדגמה נציג מחקרים בתקופת הגיל השונות:

תקופת הילדות וההתבגרות: Van der Molen et al. (2007) בדקו זיכרון עבודה בקרב מתבגרים עם מ"ש קלה ($CA = 15.3$, $MA = 10.6$) בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה בעלי גיל כרונולוגי זהה ולבעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה ($CA = 10.1$). הועברו מטלות לבדיקת הלולאה הפונולוגית זכירת רצף מילים ורצף מילות תפל (Digit span, Non-word test) ולבדיקת מנגנון הבקרה המרכזי מטלת ביצוע שתי משימות בו זמנית (Dual task – Baddeley, Della Sala, Gray, Papagno, & Spinnler, 1997), שטף מילים (Word fluency – Luteijn & van der Ploeg, 1983) מבוך (Mazes, WISC-R – De Bruyn et al., 1986) ויצירת מספר (Digit generation – Towse & McLachlan, 1999). בשני הערוצים ציוני הנבדקים עם מ"ש היו נמוכים מאלה של בעלי התפתחות תקינה בעלי גיל כרונולוגי זהה. אך במטלות שבדקו את זיכרון העבודה במנגנון הבקרה המרכזי נמצאו הבדלים מינוריים בציונים בהשוואה לאלו של בעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה. במטלה Digit span בלולאה הפונולוגית, ציוני הנבדקים עם מ"ש היו נמוכים בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה. Lanfranchi et al. (2004) בדקו זיכרון עבודה בקרב אנשים עם

ת"ד (CA = 11.7, MA = 5.4) בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה (CA = 5.1) במטלות ברמת בקרה נמוכה: Forward word recall, Memory for positions, Pathway forward, שמור; ומטלות ברמת בקרה בינונית וגבוהה: Backward word recall, Selective word recall, Pathway backwards, Starting position. התפקוד במטלות ברמת בקרה בינונית וגבוהה נמצא לקוי. כמו כן, ההבדלים בציונים במטלות הבודקות זיכרון עבודה בין ילדים עם ת"ד בהשוואה לילדים בעלי התפתחות תקינה גדלו, ככל שהמטלה דרשה יותר מעורבות של מנגנון הבקרה המרכזי. תוצאות אלו נמצאו הן ביחס למטלות של זיכרון עבודה מילולי והן ביחס למטלות זיכרון עבודה חזותי-מרחבי.

בניגוד למחקרים אלו שעסקו בהשוואה בין נבדקים עם מ"ש לנבדקים בעלי התפתחות תקינה, מחקרים של Van der Molen, Henry, and Van Luit (2014) עסק בהתפתחות זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש גבולית (IQ = 71-85) וקלה (IQ = 50-70) בגילאי 9-16. הועברו מטלות (Pickering & Gathercole, 2001) זכירה מילולית לטווח קצר בלולאה הפונולוגית- מטלת זכירת טווח ספרות (Digit recall) ומילים תפל (Non word recall). הועברו מטלות זכירה חזותית לטווח קצר בלוח החזותי מרחבי – זכירת רצף (Block Recall) וזכירת תאים מלאים במטריצה (Wilson, 1997). הועברו מטלות זיכרון עבודה מילולי במנגנון הבקרה המרכזי – זכירת ספרות אחורה (Backward Digit Recall), שיפוט וזכירת מילה אחרונה במשפט (Listening Recall) וזיכרון עבודה חזותי – החלטה לגבי שתי צורות האם זהות ובו זמנית זכירת מיקום של נקודה (Spatial Span – Alloway, 2007). לא נמצאו הבדלים בין נבדקים עם מ"ש גבולית לקלה. בזיכרון המילולי בלולאה הפונולוגית חלה עליה עד גיל 10, זיכרון העבודה החזותי בלוח החזותי מרחבי ובממדי זיכרון העבודה במנגנון העבודה המרכזי חלה עליה עד גיל 16.

תקופת הבגרות: Carretti et al. (2010) בדקו אם הליקוי בזיכרון העבודה אצל אנשים עם מ"ש קשור לרמת המעורבות של מנגנון הבקרה המרכזי, כלומר, לרמת בקרת הקשב הנדרשת במטלה. במחקר השתתפו אנשים עם מ"ש (CA = 38.4, MA = 6.2) ובעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה (CA = 6.5). הועברו ארבע מטלות זיכרון עבודה מילולי שדרשו רמות שונות של בקרת קשב: זיכרון רצף מילים קדימה, זיכרון רצף מילים אחורה, זיכרון מילה ראשונה מתוך מספר רשימות מילים שהוקראו וזכירה תוך ביצוע מטלה משנית (Forward word span, Backward word span, Selective word span, Dual span task). נמצאו הבדלים מובהקים בין הקבוצות רק במטלות שדרשו רמה גבוהה של בקרת קשב (זכירת מילה ראשונה ממספר רשימות מילים שהוקראו, וזכירה תוך ביצוע מטלה משנית). תפקוד זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש בתקופת הבגרות נמצא קשור לרמת הבקרה הנדרשת על ידי המטלה. Numminen et al. (2000) בדקו את מבנה זיכרון העבודה של מבוגרים עם מ"ש (CA = 38-59, IQ = 35-70). הלולאה הפונולוגית הוערכה ע"י מטלת זכירת טווח ספרות ומילות תפל (Digit span forward, Non word span, Non word repetition). הלוח החזותי מרחבי הוערך ע"י מטלה זכירת רצף הקשה בקוביות (Corsi blocks) ומיקומים במטריצה (Visuo-spatial test; Wilson, Scott, & Power, 1987) ומנגנון הבקרה המרכזי הוערך ע"י זכירת ספרות לאחר זכירה תוך ביצוע מטלה משנית (Digit span backwards, Complex span; Daneman & Carpenter, 1980). השפעת הגיל נמצאה רק באחד המבחנים (Visual-spatial test), עם הגיל חלה ירידה במבחן זה.

Danielsson et al. (2010) חקר אוכלוסייה בוגרת (גיל ממוצע 63.2 שנים) עם מוגבלות שכלית לא־סל לא ת"ד ($N = 46$, $IQ = <70$) בהשוואה לאוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה בני גיל כרונולוגי זהה ($N = 92$, $IQ = >85$). מטרת המחקר הייתה לבדוק את תפקודי זיכרון העבודה במנגנון הבקרה המרכזי, תפקודים ניהוליים, לאורך חמש שנים. התפקוד נבדק בשלוש מטלות: TOH, Word fluency, Dual task word recall. התפקוד נמצא שמור בקרב אנשים עם מ"ש לא־ס רק במטלה TOH. על פי Miyake et al. (2000), מטלה זו קשורה יותר ליכולת אינהיביציה ותפיסה, ופחות יכולת תכנון ושימוש בזיכרון עבודה ברמות גבוהות (Updating & shifting). על פי Friedman et al. (2006) אין מתאם בין פעולות אינהיביציה ואינטליגנציה. כמו כן, לא נמצאו הבדלים משמעותיים בתפקודים הניהוליים הן בקרב אנשים עם מ"ש והן בקרב בעלי התפתחות תקינה לאורך 5 שנים.

השפעת הגיל על זיכרון העבודה בקרב מבוגרים וזקנים באוכלוסייה עם מ"ש נחקרה על ידי Numminen et al. (2001) ו- Numminen et al. (2002). המחקרים נערכו באטיולוגיות מרובות באוכלוסייה עם מ"ש הכוללות, ת"ד, תסמונת ויליאמס ומ"ש לא־ס. להלן נתאר מאמרים אלו מאחר והם עשויים ללמד על קווי דמיון או שוני בתהליכי זיכרון העבודה של מבוגרים עם מ"ש. Devenny et al. (2004) בדקו הבדלים בלולאה הפונולוגית ובמנגנון הבקרה המרכזי של מבוגרים עם אטיולוגיות שונות. הלולאה הפונולוגית נבדקה באמצעות מטלה Forward digit span ואילו מנגנון הבקרה המרכזי נבדק באמצעות מטלה Backward digit span. בלולאה הפונולוגית נמצאו ציונים גבוהים בקרב מבוגרים עם תסמונת ויליאמס ($CA = 48.3$) בהשוואה למבוגרים עם מ"ש לא־ס ($CA = 54.2$). אולם, במנגנון הבקרה המרכזי נמצא הבדל על פי הגיל בלבד, לפיו לאחר גיל 50 חלה ירידה בתפקוד תפקוד בשתי הקבוצות. במחקר אחר, Kittler et al. (2004), בדקו הבדלים בזיכרון העבודה המילולי של מבוגרים עם אטיולוגיות שונות (ת"ד ומ"ש לא־ס), באמצעות מבחן WISC-R (Wechsler Intelligence Scale for Children - Revised; Wechsler, 1974), הכולל חמש רשימות מילים (דמיון וחוסר דמיון פונולוגי, מילים רב הברתיות, הפכים ומילים עם דמיון סמנטי). נמצאה היזכרות נמוכה אצל מבוגרים עם ת"ד ($CA = 44.8$) בהשוואה לאנשים עם מ"ש לא־ס ($CA = 46.6$) בכל הקטגוריות פרט לדמיון פונולוגי. Kittler et al. (2004) מצאו עליונות של מבוגרים עם מ"ש לא־ס בזיכרון העבודה המילולי בהשוואה למבוגרים עם ת"ד. החוקרים הסבירו ממצא זה באפקט רצפה שנמצא בקטגוריה האחרונה בקרב כל המשתתפים.

לסיכום: מתוך הסקירה המובאת נראה כי ניתן להבחין בהבדלים בתהליכי זיכרון העבודה באוכלוסייה עם מ"ש באטיולוגיות השונות. כמו כן, תפקוד בזיכרון העבודה אצל אנשים עם מ"ש תלוי ברמת הבקרה הנדרשת במטלה (עומס קוגניטיבי). במחקר הנוכחי נבדק את זיכרון העבודה על כל מרכיביו, של אנשים עם מ"ש לא־ס ות"ד במערך של מחקר רוחב (Cross-sectional) בשלוש תקופות גיל. כאמור, לא נמצאו מחקרים שבדקו את התפתחות מרכיבי זיכרון העבודה במעגל החיים וזה יחודו של מחקרנו.

נתיבי התפתחות קוגניטיביים באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה: המודל הלקוי, היציב והמפצה (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz-Vahav, 2015).

התפתחות המדע והרפואה גרמו להארכת תוחלת החיים, כולל של אוכלוסייה עם מ"ש. אורך חייהם של אנשים עם מ"ש עשוי להגיע עד גילאי 70-80 בבריאות טובה, וללא ירידה תפקודית (Coppus, 2013). העלייה בתוחלת החיים של אוכלוסייה עם מ"ש הציבה מספר שאלות: כיצד מתפתחים האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים לאורך החיים, באוכלוסייה עם מ"ש, בהשוואה לאלו של בעלי התפתחות תקינה? מהי התקופה הגילית היעילה ביותר להפעלת התערבות שנועדה לשפר את תפקודם האינטלקטואלי? האם התערבות יעילה רק בגיל צעיר? האם ובאיזה גיל חלה ירידה בתפקוד האינטלקטואלי? בשנות ה-70 של המאה שעברה הציעו Fisher and Zeaman (1970) שלושה נתיבים אפשריים של התפתחות האינטליגנציה באוכלוסייה עם מ"ש, המבוססים על תיאוריית התפתחות האינטליגנציה באוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה. על פי Wechsler (1955) ו-Kaufman (2001), האינטליגנציה הכללית מתפתחת באופן ליניארי עד גיל 20, לאחר מכן חלה יציבות, ובגילאי 50-60, חלה ירידה. שלושת הנתיבים נבדלים מהתפתחות האינטליגנציה של אוכלוסייה עם התפתחות תקינה באחד או ביותר מהמשתנים הבאים: **הגיל** שבו האינטליגנציה מגיעה **לשיא**, **קצב ההתפתחות**, **אורך תקופת היציבות**, **מועד וקצב הירידה**. להלן נסקור את שלושת הנתיבים.

הנתיב הלקוי (IT – Impaired Trajectory) - על פי נתיב זה, ההבדל בין התפתחות האינטליגנציה של אוכלוסייה עם מ"ש לזו של אוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה, באה לידי ביטוי בכל המשתנים שהוצגו לעיל. תקופת ההתפתחות אצל אנשים עם מ"ש קצרה מזו של האוכלוסייה הרגילה, והאינטליגנציה שלהם עשויה להגיע לשיא כבר בגיל 10. לאחר מכן חלה יציבות (אסימפטוטה) למספר שנים, ובגיל 20-30 לערך, חלה ירידה. הנתיב הלקוי מבוסס על תיאוריית הרזרבות הקוגניטיביות (CRT – Cognitive Reserve) (Theory) (Katzman, 1993; Satz, 1993; Stern, 2013). תיאוריית הרזרבות הקוגניטיביות עוסקת ביכולת התמודדות של הפרט עם ליקוי בתהליכים קוגניטיביים שיכולים להיגרם כתוצאה מפגיעת ראש, מחלה או עליה בגיל (Rolstad et al., 2009; Stern, 2002; Wolf, Julin, Gertz, Winblad, & Wahlund, 2004). על פי תיאוריה זו, אנשים נבדלים ביניהם בתיהלוך הקוגניטיבי בעת ביצוע מטלה. פעילות קוגניטיביות של למידה, זיכרון וחשיבה, מתבצעת באזורים שונים במוח. יחידים בעלי רזרבות קוגניטיביות גבוהות, מסוגלים לבצע מטלות קשות ביעילות גבוהה יותר מכיוון שיש להם יכולת לניצול מקסימאלי של הרשת העצבית, והם מצליחים לגייס ביתר קלות רשתות נוספות לביצוע המטלה (Stern, 2009, 2013; Stern et al., 2005). יכולת זו מגנה מפני ירידה קוגניטיבית העלולה להתרחש כתוצאה מנזק מוחי או עלייה בגיל (Head, 2009; Stern, 2009; et al., 2012). גורמים מולדים כאינטליגנציה, וגורמים סביבתיים כהשכלה, התנסות מקצועית ופעילות מאתגרת בשעות הפנאי, קובעים את רמת הרזרבות הקוגניטיביות של היחיד (Stern, 2013). כיוון שלאוכלוסייה עם מ"ש, ובכללה אוכלוסייה עם ת"ד, סטאטוס השכלתי תעסוקתי נמוך והזדמנויות מועטות לפעילויות אלה, רמת הרזרבות הקוגניטיביות שלהם נמוכה (Silverman, Zigman, Krinsky-). לכן ניתן להניח כי האינטליגנציה שלהם מגיעה לשיא בגיל מוקדם מזה

של האוכלוסייה הרגילה, ולאחר מספר שנים של יציבות בגיל 30-40, חלה ירידה. נתיב זה רווח עד שנות ה-80 של המאה הקודמת. על פי המסלול הלקוי הציונים בז"ע בקרב אנשים עם מ"ש יהיו נמוכים יותר בגילאי 25-40 מאשר בגילאי 16-21, בגיל 41-55 הציונים יהיו נמוכים מאשר בגילאי 25-40.

הנתיב היציב (ST – Stable Trajectory) – לפי נתיב זה, התפתחות האינטליגנציה של אוכלוסייה עם מ"ש שונה מזו של אוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה ברמת ההתפתחות הבסיסית, הנמוכה אצלם בלפחות שתי סטיות תקן מהממוצע, אך ביתר המשתנים קיימת הקבלה בין הקבוצות. על פי נתיב זה, האינטליגנציה בקרב אנשים עם מ"ש מגיעה לשיאה בסביבות גיל 20, מגיל זה חלה אסימפטוטה, ומגיל 50-60 לערך, חלה ירידה. הביסוס לנתיב זה נשען על מחקרים שבדקו אינטליגנציה וזיכרון לטווח ארוך בקרב מבוגרים עם מ"ש (Devenny et al., 1996; Kittler et al., 2004), שבהם נמצא דפוס הזדקנות רגילה (Normal aging) בקוגניציה וזיכרון אצל מבוגרים עם מ"ש ומבוגרים עם ת"ד. הממצאים הצביעו שלא חלה אצלם ירידה לפחות עד גילאי 50-60. בנוסף, נמצאה שכיחות דומה של תחלואה בדמנציה באוכלוסייה עם מ"ש בהשוואה לאוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה בגילאי 65 ומעלה (Zigman et al., 2004). לדעת החוקרים, תאוריית הרזרבות הקוגניטיביות אינה מסבירה את כל יריעת התפתחות האינטליגנציה באוכלוסייה עם מ"ש. לדעת ליפשיץ-והב (2011), יש לבדוק את הרזרבות הקוגניטיביות באוכלוסייה עם מ"ש בלי להשוות בינה ובין אוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה. ייתכנו הבדלים אינדיבידואליים ברמת הרזרבות הקוגניטיביות של מבוגרים עם מ"ש בינם לבין עצמם. Facon (2008) בדק שינויי אינטליגנציה עם העלייה בגיל של מבוגרים (CA = 20-54) עם מ"ש ות"ד (IQ = 45-70), בהשוואה למבוגרים בעלי התפתחות תקינה בגיל זהה. נבדקו מדדי אינטליגנציה קריסטלית ופלואידית (Wechsler Adult Intelligence Scale – WAIS-R; Wechsler, 1981). לא נמצא הבדל מובהק בציונים, וניכרה יציבות בתפקוד המילולי עם העלייה בגיל וירידה בתפקוד הביצועי מגילאי ה-20. עדות למסלול המקביל נמצאה גם במחקר אחר (Lanfranchi & Carretti, 2012) שבדק שיפור בציוני מבחני אינטליגנציה לאורך זמן, באוכלוסייה עם ת"ד בהתבסס על "אפקט פליין" (Flynn, 1984) (ערכי ה-IQ הולכים ועולים עם השנים). Lanfranchi and Carretti (2012) בדקו את היכולת הביצועית במבחן רייבן CPM (Colored Progressive Matrices; Raven, Raven, & Court, 1998), בקרב אנשים עם ת"ד בהשוואה לאוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה בשתי חטיבות גיל עיקריות: עד גיל 17 (CA = 12), ומגיל 18 (CA = 27). נמצא שיפור בציוני מבחני האינטליגנציה הפלואידית בגילאים הצעירים המבטא בקיומו של "אפקט פליין" (לא מובהק), גם באוכלוסייה עם ת"ד. הממצאים מלמדים על מגמות דומות של התפתחות האינטליגנציה באוכלוסייה תקינה ובאוכלוסייה עם מ"ש. על פי המסלול היציב הציונים בז"ע בקרב אנשים עם מ"ש לא יהיו הבדלים בין גילאי 25-40 מאשר בגילאי 16-21, בין גילאי 41-55 וגילאי 25-40.

הנתיב המתמשך (מפצה) (CT – Compensatory Trajectory) – העלייה בתוחלת החיים של אנשים עם מ"ש והשיפור בתנאי הבריאות, הדיר, והתעסוקה הובילו לגישות אופטימיות באשר להתפתחות ולמידה בקרב אנשים עם מ"ש גם בגילים מבוגרים. קיים הבדל בהתפתחות האינטליגנציה של אוכלוסייה עם מ"ש ביחס לאוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה, בגיל שבו מגיעה האינטליגנציה לשיאה ובאורך תקופת היציבות. תקופת ההתפתחות של אוכלוסייה עם מ"ש עשויה להיות ארוכה יותר מזו של אוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה. האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים של אנשים עם מ"ש עשויים להתפתח אף מעל גיל 20, ולהגיע לשיא בסוף שנות ה-50 לחייהם. עד גיל 60 חלה יציבות, ולאחר מכן –

ירידה. בקרב אוכלוסייה עם ת"ד למרות הטענה שהתפקודי הזיכרון חשופים לירידה מוקדמת (Carr, 2005), מחקרים מצביעים על יציבות (Devenny et al., 1996) ואף על עלייה (ליפשיץ-והב, 2011; Lifshitz-Vahav, 2015). כמו כן מחקרי fMRI (Head, Lott, Patterson, Doran, & Haier, 2007) מצביעים על מנגנוני פיצוי גם באוכלוסייה זו. התיאוריות שעליהן מתבסס נתיב זה הן: תיאוריית כושר ההשתנות הקוגניטיבית המבנית (SCM – Structural Cognitive Modifiability Theory) (Feuerstein, 2003; Feuerstein & Rand, 1974) ותיאוריית ה"גיל המפצה" (ליפשיץ-והב, 2011; Lifshitz-Vahav, 2015). על פי תיאוריית כושר ההשתנות הקוגניטיבית, התערבות סביבתית חינוכית מתאימה (למידה מתוכנת) מאפשרת לחולל שינויים קוגניטיביים-מבניים ביחיד מעבר לגורמי הגיל, האטיולוגיה וחומרת הפגיעה. כמו כן, היא עשויה להביא לשינוי מבני גם בקרב אנשים עם תפקוד נמוך, באוכלוסיות עם ליקויים שנגרמו מגורמים גנטיים ובגילאים מבוגרים. על פי תיאוריית הגיל המפצה של ליפשיץ-והב (2015), לעיכוב בהתפתחות בשנות החיים הראשונות של יחידים עם מ"ש, יש פיצוי בשנים מאוחרות יותר, והם ממשיכים להתקדם אף בשנות הבגרות, זאת, בזכות ניסיון חיים, בשלות, מודעות לחשיבות הלמידה וגיוס להנעה ללמידה. ה"נתיב המפצה" נשען על מחקרים שמהם עולה כי לא רק שהיכולות הקוגניטיביות אינן יורדות עם העלייה בגיל, ואף ניתן לשפרן בגילאים מבוגרים. Lifshitz and Katz (2009) בדקו את השפעת הגיל הכרונולוגי על רכיבים קוגניטיביים, רגשיים והתנהגותיים בתפיסת הדת של מתבגרים (CA = 13-21) ומבוגרים (CA = 30-60) עם מ"ש קלה ובינונית (IQ = 40-69). המבוגרים סיפקו הסברים עמוקים יותר להיותם דתיים והבינו מושגים קוגניטיביים דתיים (כצדיק ורשע, רעיון הגמול), ביעילות רבה יותר מאשר המתבגרים. Lifshitz, Weiss, Tzuriel, and Tzemach (2011) מצאו שיפור ביכולת אנלוגית לאחר אימון בקרב מתבגרים (CA = 14-21) ומבוגרים (CA = 22-66) עם מ"ש. המבוגרים הפיקו תועלת רבה יותר מהאימון מאשר המתבגרים, והשיפור אצלם היה גבוה יותר. ממצאים אלה תומכים בטענה שבשלות וניסיון חיים מסייעים למבוגרים עם מ"ש בלמידה וברכישת ידע בהתנהגות מסתגלת (Gunzburg, 1968), ואף בתחום הקוגניטיבי והמטה-קוגניטיבי (Lufting, 1987). הוכחה נוספת לקיומם של מנגנוני "פיצוי" בגיל המבוגר מספקים מחקרים נוירו-ביולוגיים שנערכו במבוגרים עם ת"ד (Head et al., 2007), שבהם נמצא שהגנים בעלי נוכחות היתר בת"ד DSCAM, MNB/DYRK1A, & RCAN1 יוצרים פרוטאינים קריטיים להתפתחות ולתחזוקת נוירונים וסינפסות. Head et al. (2007) משערים כי גנים אלה עלולים להוביל להתפתחות ליקויים קוגניטיביים בילדות, אך באופן פרדוקסאלי, עם העלייה בגיל, הם עשויים להשתתף בתהליך מולקולארי התומך בפיצוי הנוירונים, ולשמש גורמים **מפצים** בעצירת הירידה. אוכלוסייה עם ת"ד חשופה למחלת האלצהיימר עקב נוכחותו של הגן AβPP (Amyloid, β, Protein, Precursor) בגן מספר 21 שהוא הגן האחראי לייצור החומר ההרסני ה-Amyloid β. ההשערה היא כי מוחם של אנשים עם ת"ד מסוגל תגובה מפצה המאפשרת לנוירונים לפעול באופן תקין, למרות המחלה. החוקרים יצרו עכברי מעבדה טרנס-גנטיים ובהם מודלים של מוחות מזדקנים, נתנו להם העשרה סביבתית ומצאו עדויות לחיזוק הנוירונים והסינפסות. Head et al. (2007) הסיקו כי התערבות סביבתית ופעילות גופנית וקוגניטיבית עשויים לשפר תפקוד יחידים עם ת"ד בתקופת הבגרות והזקנה. על פי המסלול המפצה הציונים בז"ע בקרב אנשים עם מ"ש יהיו גבוהים יותר בגילאי 40-25 מאשר בגילאי 21-16, מגיל 41-55 תחול יציבות בציונים.

שלושת הנתיבים האפשריים להתפתחות האינטליגנציה בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית על פי Fisher and Zeaman (1970) מוצגות בתרשים 9 בנספח 1.

לסיכום, בעקבות תאוריית כושר ההשתנות הקוגניטיבית המבנית, תיאוריית "הגיל המפצה", ונתיבי ההתפתחות שנזכרו לעיל, שני הנתיבים שייבדקו במחקרנו הם המסלול היציב, דהינו מסלול המייצג שמירה על יציבות ההישגים בז"ע מההתבגרות ועד הבגרות ללא ירידה בין שני טווחי הגיל ואילו המסלול המתמשך מייצג עלייה מההתבגרות לבגרות. במחקר הנוכחי שערנו שהנתיב המתמשך או היציב יאפיין את התפתחות זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד.

תיאוריית ה-Cognitive Activity (Wilson & Bennett, 2003) ותרומתה ליכולות הקוגניטיביות של אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית בגיל המבוגר

בשנים האחרונות עוסקים חוקרים בהשפעות של גורמים סביבתיים ושל אורח חיים על דפוס ההתפתחות הקוגניטיבית בעיקר בתקופת הגיל המבוגר. לפי תיאוריית ה-CA (Cognitive Activity) (Wilson & Bennett, 2003), אנשים שנחשפו לפעילות קוגניטיבית בגיל מבוגר, מתחילים את הזקנה עם מאגר קוגניטיבי גבוה יותר, חשופים פחות להופעת מחלת האלצהיימר וכשהיא מופיעה, סימניה קלים יותר. החוקרים מייחסים את הממצאים לתיאוריית הרזרבות הקוגניטיביות (Stern, 2013; Stern et al., 2005), לפיה פעילות קוגניטיבית גורמת לפיתוח ולתחזוקה של המערכות העצביות הקשורות ביניהן, ובכך היא עשויה להפחית את הסיכון למחלת אלצהיימר. Wilson et al. (2002) בדקו את הקשר בין תדירות ההשתתפות בפעילויות פנאי קוגניטיביות ובין הסיכון לחלות באלצהיימר בקרב נזירות, מבוגרות קתוליות וכמרים מארה"ב בני 65 ומעלה (ללא דמנציה). תדירות השתתפות בפעילות קוגניטיבית כגון: קריאת ספרים או עיתונים, האזנה לרדיו או צפייה בטלוויזיה, דורגה בסולם שבין 1 ל-5 נקודות (בין אחת לשנה לאחת ליום). נמצא קשר בין תדירות ההשתתפות בפעילות קוגניטיבית ובין סיכון לפתח אלצהיימר. נבדקים עם שכיחות גבוהה יותר של פעילות קוגניטיבית קיבלו ציונים גבוהים יותר. לאחר 4.5 שנים, הסיכון היחסי לפתח אלצהיימר בקרב אנשים שקיבלו ציון של 4.9 בפעילות קוגניטיבית, הופחת ב-47%, ואילו בקרב משתתפים שקיבלו ציון של 3.71 בפעילות קוגניטיבית, הסיכון היחסי הופחת ב-28% בלבד. ההסבר לתופעה זו מבוסס על תאוריית הפיצוי ועל נוירו-פלסטיות (neuroplasticity) בגילאים מבוגרים. על פי Cramer et al. (2011), נוירו-פלסטיות היא היכולת של מערכת העצבים להגיב לגירויים פנימיים וחיצוניים על ידי ארגון מחדש של המבנה, התפקוד וההקשר. ההסכמה שרווחה שנים רבות כי המוח אינו ניתן לשינוי (Wiesen & Hubel, 1963), וכי התקופה הקריטית לביצוע התערבות שנועדה לתקן ליקויים קוגניטיביים מתרחשת בגיל הצעיר (Bloom, 1964; Piaget, 1970), השתנתה כבר משנות ה-20 של המאה הקודמת. על פי Ramon and Cajal (1928), מערכת העצבים מתחדשת לאחר פגיעה, והמוח הבוגר הוא בעל גמישות מוחית, התלויה בניסיון. תפיסה זו קיבלה תמיכה בעשור האחרון כשנמצא ש"המוח הבוגר הוא אדפטיבי בכל גיל ויש לו קיבולת לכל החיים" (Mahncke et al., 2006). Mitchell et al. (2012) סקרו ארבעה מחקרי אורך שנערכו בקרב מבוגרים (CA = 55-87) (The Octogenian Twin Swedish Study, The Long Beach Longitudinal Study, The Seattle Longitudinal study and the Victoria Longitudinal study). נמצא קשר בין פעילות קוגניטיבית וביצועים קוגניטיביים במבחנים קריסטליים ופלואידיים ברמת הבסיס ולאחר 21 שנים. אפשר אולי לטעון כי פעילות קוגניטיבית מתייחסת לרמה גבוהה יותר של חשיבה

מופשטת, ולכן אינה מתאימה לאוכלוסיות עם מ"ש. כאמור לעיל, על פי Wilson and Bennett (2003), נבנה סולם פעילויות פנאי בעלות מידה משמעותית של גירוי קוגניטיבי (כדוגמת קריאת ספר או משחק בשחמט או בדמקה), ופעילויות פנאי הנראות פחות תובעניות מבחינה קוגניטיבית (כדוגמת, האזנה לרדיו או צפייה בטלוויזיה וציור). אנשים עם מ"ש מבצעים פעילויות אלו בתדירות גבוהה. Lifshitz, Nissim, Meirovich, and Weiss (2016) בדקו את תרומת ההשתתפות בפעילויות פנאי קוגניטיביות על רמת הביצוע של מדדים קוגניטיביים, קריסטליים ופלואידיים, באוכלוסייה עם מ"ש, עם וללא ת"ד. נבדקו 50 מבוגרים עם מ"ש קלה ובינונית (CA = 25-55; IQ = 40-55) באמצעות Metaphoric Triads Task (Kogan, Conor, Gross, & Mashal & Kasirer, 2011) (Homophone Meaning Generation Test) HMG-T, (Fava, 1980) ו-(Reitan & Davison, 1974) (D-KEFS) Trail Making Test. וכן באמצעות מבחן לתפקודים ניהוליים המשתתפים דרגו את תדירות השתתפותם בפעילויות פנאי (כגון ספורט, אומנות, ריקוד), ובפעילויות עם גירוי קוגניטיבי (כגון משחק שחמט, קריאה, שימוש במחשב והשתתפות בקורסים אקדמיים באוניברסיטה), בסולם שבין 1 ל-5. נמצא כי השתתפות בפעילויות פנאי קוגניטיביות תרמה לכישורים קוגניטיביים, קריסטליים ופלואידיים, ביחידים עם ת"ד בגיל המבוגר, אולם השפעה זו נבדקה בנקודת זמן אחת. במחקר הנוכחי, ניבדק לראשונה תרומת ההשתתפות בפעילויות פנאי בזיכרון עבודה בקרב מבוגרים עם מ"ש עם ובלי ת"ד, החל מהבגרות (+20).

סיכום הרקע התיאורטי, מטרות והשערות המחקר

בסקירה לעיל הוצגו מחקרים שבדקו זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש, אולם, כל מחקר התמקד בקבוצת גיל שונה, לא נערכה בדיקה הוליסטית של נתיבי ההתפתחות של זיכרון עבודה מההתבגרות ועד לבגרות. כמו כן, לא נערכה בדיקה של ההשפעה של רמת הבקרה (עומס קוגניטיבי) של המטלה על תפקוד זיכרון העבודה לאורך ההתבגרות והבגרות.

למחקר הנוכחי שני חלקים: חלק א' – בדיקת נתיבי התפתחות ההתפתחות של זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד מההתבגרות עד לגיל העמידה וחלק ב' – בדיקת תרומתם של גורמים אנדוגניים (גיל ואטיולוגיה) ואקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופנאי) על זיכרון העבודה.

החידוש של המחקר מתבטא בנקודות הבאות:

א. **נתיבי ההתפתחות:** ככל הידוע, זהו המחקר הראשון שבדק את התפתחות זיכרון עבודה לאורם של שלושה נתיבי ההתפתחות אפשריים באוכלוסייה עם מ"ש: הלקוי (IT – Impaired trajectory), היציב (ST – Same trajectory) והמתמשך (CT – Compensatory trajectory) מההתבגרות ועד לגיל העמידה (16-55) תוך השוואה בין אנשים עם מ"ש לא"ס לאנשים עם ת"ד.

ב. **מודלים של זיכרון העבודה:** במחקר התייחס לשני מודלים של זיכרון עבודה: מודל שלושת הערוצים של זיכרון העבודה (Baddeley, 2000, 2007), אך לראשונה נבדקו נתיבי ההתפתחות גם לפי המודל של Cornoldi and Vecchi (2003) המתייחס גם לרמת העומס הקוגניטיבי של המטלה. בדקנו את נתיבי

ההתפתחות בשלוש הערוצים של זיכרון העבודה כאשר בכל אחד נבדקו מטלות בעלות שלוש דרגות של עומס קוגניטיבי.

ג. **יישומה של תאוריית הפעילות האקטיבית (Wilson & Bennett, 2003) Cognitive Activity באוכלוסייה עם מ"ש:** לראשונה נבדקה השפעתם של משתנים אנדוגניים: גיל ואטיולוגיה, ושל משתנה אקסוגני הקשור לסגנון החיים של הנבדקים: ההשתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופנאי על תפקוד זיכרון העבודה בבגרות.

להלן נתייחס למטרות המחקר בזיקה לשני חלקיו:

חלק א': בדיקת נתיבי ההתפתחות של זיכרון העבודה בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית לא"ס ואוכלוסייה עם תסמונת דאון מההתבגרות עד לגיל העמידה

מטרה: בדיקת נתיבי ההתפתחות של זיכרון העבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש לא"ס ות"ד בשלושה קוהורטים מתקופת ההתבגרות עד לגיל העמידה.

להלן נציג את השערות המחקר:

נתיב ההתפתחות (מעבר לערוץ ולרמת הבקרה):

השערה: על פי תאוריית "הגיל המפצה" (ליפשיץ-והב, 2011) תקופת ההתפתחות של האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי בקרב **אנשים עם מ"ש לא"ס** עשויה להימשך עד שנות ה-40 המאוחרות, בגיל 50 חלה יציבות ובגיל 60 חלה ירידה. מחקרים חדשניים מאששים טענה זו (Chen, 2007; Head et al., 2007; Lifshitz-Vahav, 2015; Lifshitz, & Vakil, 2017), לפיכך, ההשערה ביחס לנתיבי ההתפתחות של אוכלוסייה עם מ"ש לא"ס תתייחס לשני נתיבים: היציב והמתמשך, ולא לנתיב הלקוי. **באשר ליחידים עם ת"ד:** למרות הטענה שאנשים עם ת"ד חשופים לירידה מוקדמת (Carr, 2005) מחקרים מצביעים על יציבות (Devenny et al., 1996) ואף על עלייה (ליפשיץ-והב, 2011; Bustan & Lifshitz, 2018). כמו כן מחקרי fMRI (Head et al., 2007) מצביעים על מנגנוני פיצוי גם באוכלוסייה זו. לפיכך, ההשערה ביחס לנתיבי ההתפתחות של יחידים עם ת"ד תתייחס לשני נתיבים: היציב והמתמשך, ולא לנתיב הלקוי.

ההשערה בזיקה לנתיבי ההתפתחות של זיכרון העבודה: הציונים בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד יהיו גבוהים יותר בגילאי 25-40 מאשר בגילאי 16-21 (מעבר לסוג הערוץ ורמת הבקרה), והציונים יהיו גבוהים בגילאי 41-55 מאשר בגילאי 25-40.

ערוצי זיכרון העבודה (מעבר לנתיב ההתפתחות ולעומס המטלה).

השערה: על פי הפנוטיפ של האטיולוגיה נמצאו הבדלים בין אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד בתפקוד שלושת הערוצים על פי המודל של Baddeley (2007) בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס - מחקרים הצביעו על ליקויים במערכת זיכרון העבודה החזותי-מרחבי ובמנגנון הבקרה המרכזי לעומת תפקודים שמורים יחסית בלולאה הפונולוגית (Digit span) (Carretti et al., 2010; Van der Molen et al., 2007, 2009). באשר ליחידים עם ת"ד מחקרים הצביעו על ליקויים במערכת זיכרון העבודה המילולית לעומת תפקודים שמורים יחסית בתחום של זיכרון עבודה חזותי-מרחבי (Kanno & Ikeda, 2002; Lanfranchi et al., 2002, 2004; Seung & Chapman, 2004). מבוגרים עם מ"ש לא"ס תפקדו טוב יותר ממבוגרים עם ת"ד במטלות הלולאה הפונולוגית. הקבוצות לא נבדלו ביניהן בערוצים הנוספים בזיכרון העבודה (לוח חזותי מרחבי ומנגנון בקרה מרכזי). החוקרים הסיקו על ליקויים בלולאה הפונולוגית אצל אנשים עם ת"ד גדולים יותר מאשר אצל אנשים עם מ"ש לא"ס (Kittler et al., 2004; Numminen et al., 2001).

ההשערה בזיקה לערוצי זיכרון העבודה ולאטיולוגיה: השפעת הגיל על ערוצי זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד תהיה דיפרנציאלית בכל אחת מתקופות הגיל הנבדקות. **לולאה פונולוגית:** ההישגים בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס במטלות הבודקות זיכרון עבודה מילולי בערוץ הפונולוגי יהיו גבוהים מההישגים בקרב אנשים עם ת"ד. **לוח החזותי-מרחבי:** ההישגים בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס במטלות הבודקות זיכרון עבודה חזותי-מרחבי (בלוח החזותי-מרחבי) יהיו זהים לאלו של יחידים עם ת"ד. **מנגנון בקרה מרכזי:** ההישגים של אנשים עם מ"ש לא"ס יהיו גבוהים מההישגים של אנשים עם ת"ד במטלות אשר בדקו זיכרון עבודה פונולוגי במנגנון הבקרה המרכזי. לא ימצאו הבדלים בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד בהישגים במטלות אשר בדקו זיכרון עבודה חזותי-מרחבי במנגנון הבקרה המרכזי.

רמת העומס הקוגניטיבי (CL - Cognitive load) (רמת בקרה) של המטלה (מעבר לגיל ולאטיולוגיה)

השערה: על פי המודל האופקי אנכי של Cornoldi and Vecchi (2003) תפקוד זיכרון העבודה אצל אנשים עם מ"ש קשור לרמת הבקרה הנדרשת במטלה בהתאם לעומס הקוגניטיבי. אנשים עם מ"ש לא"ס - הבדלים מובהקים בין אנשים עם מ"ש לא"ס לבעלי התפתחות תקינה נמצאו רק במטלות שדרשו רמת בקרה גבוהה או עומס קוגניטיבי גבוה (Carretti et al., 2010). **יחידים עם ת"ד** - פערי תפקוד הזיכרון בין אנשים עם ת"ד לבעלי התפתחות תקינה גדלים ככל שהעומס הקוגניטיבי הנדרש על ידי מטלת זיכרון העבודה גדל (Lanfranchi, Cornoldi, Drigo, & Vianello, 2009; Lanfranchi, Carretti, Spano, & Cornoldi, 2009). תפקודי זיכרון העבודה נבדקו בשלוש רמות של עומס קוגניטיבי (נמוכה, בינונית ומורכבת).

ההשערה בזיקה לעומס המטלה בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה: ציוני זיכרון העבודה בשתי האטיולוגיות בכל קבוצות הגיל יהיו תלויים ברמת העומס של המטלה בכל ערוץ. ככל רמת העומס הקוגניטיבי של המטלה נמוכה יותר בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה, הציונים יהיו גבוהים יותר, ולהיפך, מעבר לגיל ולאטיולוגיה.

חלק ב': תרומת גורמים אנדוגניים ואקסוגניים על זיכרון העבודה

מטרה: בדיקת השפעת גורמים אנדוגניים (גיל ואטיולוגיה) וגורמים אקסוגניים (מידת ההשתתפות בפעילות בשעות הפנאי) על תפקוד זיכרון העבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש בתקופות הגיל השונות (מגיל 20 והילד).

להלן נציג את השערת המחקר:

העשרה: על פי תיאוריית ה-Cognitive Activity (Wilson & Bennett, 2003), השתתפות בפעילות פנאי קוגניטיבית בבגרות מונעת ירידה קוגניטיבית בגיל המבוגר ומפחיתה סיכון להתפתחות מחלת האלצהיימר. הבדיקה של Wilson and Bennet נערכה בשתי נקודות זמן: טווח מיידי ולאורך זמן. נמצא כי השתתפות בפעילויות פנאי קוגניטיביות הסבירה חלק מהשונות בביצוע מבחנים קריסטליים ופלואידיים בקרב אנשים עם מ"ש ות"ד בגיל המבוגר (+65) (Lifshitz, Nissim et al., 2016). במחקר הנוכחי נבדקה השפעת ההשתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופנאי על זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ובקרב אנשים עם ת"ד רק בקוהורטים של המבוגרים (מתקופת הבגרות הצעירה עד לגיל העמידה) בטווח המיידי.

השערה בזיקה לגורמים אנדוגניים (גיל ואטיולוגיה) על זיכרון העבודה: א. השפעת הגיל: תימצא השפעה של הגיל על מטלות הבדקות זיכרון עבודה. ככל שגיל הנבדקים עולה רמת ההישגים של הנבדקים במטלות הבדקות זיכרון עבודה מילולי יעלה. ב. השפעת האטיולוגיה: ההישגים במטלות הבדקות זיכרון עבודה מילולי יהיו גבוהים יותר בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס בהשוואה לאנשים עם ת"ד.

השערה בזיקה להשפעת גורמים אקסוגניים על זיכרון העבודה (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופנאי): בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד ציוני זיכרון העבודה בקרב משתתפים בעלי תדירות גבוהה של השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופנאי יהיו גבוהים מציוני זיכרון העבודה של משתתפים בפעילות פנאי קוגניטיבית בתדירות נמוכה.

השיטה

נבדקים

במחקר הנוכחי השתתפו 123 נבדקים עם מוגבלות שכלית קלה ובינונית, מתוכם 63 נבדקים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית (מ"ש לא"ס) ו-60 עם תסמונת דאון (ת"ד). קריטריונים להשתתפות במחקר: א. אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית עם וללא תסמונת דאון בגיל כרונולוגי: 16-21, 25-40 ו-41-55 ב. מנת משכל המתאימה לרמת המוגבלות השכלית הקלה והבינונית בטווח של 43-70; ג. ללא ליקוי חושי (עיוורון או חירשות) וללא התנהגות מאתגרת; ד. מצב בריאותי יציב.

גיל כרונולוגי: הנבדקים במחקר הנוכחי נדגמו משתי קבוצות האטיולוגיה השונות משלוש שכבות גיל:

- שכבת גיל 16-21 (גיל ההתבגרות) ($N = 31$; $CA = 16-21$, $M = 17.55$, $SD = 1.65$).
- שכבת גיל 25-40 (גיל הבגרות) ($N = 48$; $CA = 25-40$, $M = 30.60$, $SD = 4.36$).
- שכבת גיל 41-55 (גיל העמידה) ($N = 44$; $CA = 41-60$, $M = 49.61$, $SD = 5.37$).

מגדר: מכלל נבדקי המחקר ($N = 123$), 76 היו נשים (61.8%) ו-47 גברים (38.2%). נערכו מבחני χ^2 לאי תלות ובו נמצא כי לא קיימת תלות בין קבוצות האטיולוגיה השונות לבין המגדר $\chi^2(1) = 2.12$, $p = .15$. כלומר, התפלגות הנבדקים בקבוצות האטיולוגיה השונות לפי המגדר אינה שונה באופן מובהק. כמו כן, נערכו מבחני χ^2 לאי תלות בהן נמצא כי לא קיימת תלות בין קבוצות הגיל השונות לבין המגדר $\chi^2(2) = 2.80$, $p = .25$. כלומר, התפלגות הנבדקים בקבוצות הגיל השונות לפי המגדר אינה שונה באופן מובהק.

מקום מגורים: מכלל נבדקי המחקר ($N = 123$), 67 גרים עם ההורים (54.5%), 38 גרים בהוסטל (30.9%), 8 גרים בדירור מוגן (6.5%) ו-10 גרים בבית לבד (8.1%). נערכו מבחני χ^2 לאי תלות בהם נמצא כי לא קיימת תלות בין קבוצות האטיולוגיה השונות לבין מקום המגורים $\chi^2(3) = 1.29$, $p = .73$. כלומר, התפלגות הנבדקים בקבוצות האטיולוגיה השונות לפי מקום מגורים אינה שונה באופן מובהק. כמו כן נערכו מבחני χ^2 לאי תלות לבדיקת תלות בין קבוצות הגיל השונות למקום המגורים של הנבדקים. נמצא כי קיימת תלות מובהקת בין קבוצות הגיל השונות לבין מקום המגורים $\chi^2(6) = 47.90$, $p < .001$. לוח 1 מציג את התפלגות הנבדקים במשתנים מגדר ומקום מגורים בכל קבוצת אטיולוגיה ובכל קבוצת גיל בנפרד.

לוח 1: התפלגות הנבדקים במשתנים מגדר ומקום מגורים על פי קבוצות האטיולוגיה והגיל השונות

לא"ס						ת"ד		שם המשתנה	ערכים				
16-21		25-40		41-55		16-21				25-40		41-55	
%	N	%	N	%	N	%	N			%	N	%	N
מגדר	נשים	6	(40)	13	(56.5)	16	(64)	10	(62.5)	16	(64)	15	(78.9)
	גברים	9	(60)	10	(43.5)	9	(36)	6	(37.5)	9	(36)	4	(21.1)
מקום מגורים	הורים	15	(100)	13	(56.5)	5	(20)	16	(100)	14	(46)	4	(21.1)
	הוסטל	0	(0)	9	(39.1)	13	(52)	0	(0)	7	(28)	9	(47.4)
	דיור מוגן	0	(0)	0	(0)	4	(16)	0	(0)	2	(8)	2	(10.5)
	דירה	0	(0)	1	(4.3)	3	(12)	0	(0)	2	(8)	4	(21.1)

מהתבוננות בלוח 1 ניתן לראות כי בשתי קבוצות האטיולוגיה כלל הנבדקים מקבוצת גיל ההתבגרות מתגוררים בביתם בעוד שבשתי קבוצות הגיל המבוגרות יותר מתגוררות יותר בהוסטלים ובדיור מוגן.

השתתפות בפעילויות בשעות הפנאי: נבדקי המחקר משכבת גיל הבגרות והעמידה (25-40 וכן 41-55) נשאלו באשר לסוגי הפעילויות אשר אותם הם מבצעים בשעות הפנאי באמצעות שימוש בשאלון השתתפות בפעילויות שעות פנאי (Wilson & Bennett, 2003) על פי הסקאלה של Lifshitz-Vahav et al (2016) (ראה פרק כלים). טווח נתוני ההשתתפות בפעילויות פנאי נע בין 0 ל- 40 נקודות ($M = 17.95$, $SD = 9.04$). בבחינת טווח נתוני ההשתתפות בפעילויות פנאי בכל שכבת גיל בנפרד נמצא כי טווח נתוני ההשתתפות בפעילויות פנאי בשכבת הגיל הבוגרת (גיל 25-40) נע בין 0 ל- 40 נקודות ($M = 19.00$, $SD = 9.48$) וטווח ההשתתפות בפעילויות פנאי בגיל העמידה (גיל 41-55) נע בין 0 ל- 40 נקודות ($M = 17.00$, $SD = 8.63$). לא במבחן t לשני מדגמים בלתי תלויים נמצא כי לא קיימים הבדלים מובהקים בין שתי שכבות הגיל בנתוני ההשתתפות בפעילויות פנאי $t(74) = .96$, $p = .34$.

הכלים

כלים לבדיקת רמה קוגניטיבית

בדיקת התאמת הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים בקוהורטים השונים תיעשה באמצעות **שלושה תתי מבחן המרכיבים את מבחן הוכסלר המקוצר** (WASI™ - Wechsler Abbreviated Intelligence Scale)

Wechsler, 1999). תתי מבחן אוצר מילים (Vocabulary) וצד שווה (Similarities) להערכת האינטליגנציה הקריסטלית, ותת מבחן סידור קוביות (Block Design) להערכת האינטליגנציה הפלואידית. המבחן המקוצר נמצא כמייצג את כישורי האינטליגנציה הקריסטלית והפלואידית הן באוכלוסייה הרגילה (Canivez, Konold, Collins, & Wilson, 2009) והן בקרב אנשים עם מ"ש (Temple, Drummond, 2010). מכיוון שהגרסה המקוצרת לא תורגמה לעברית ולא תוקפה בישראל, לנבדקים בגילאי 16 ייעשה שימוש בתתי המבחנים מתוך מבחן ה- WISC-IV^{HEB} (Wechsler Intelligence Scale for Children) (וכסלר, 2010) ולנבדקים בגילאי 17-40 מתוך מבחן ה- WAIS-III^{HEB} (Wechsler Adult Intelligence Scale) (וכסלר, 2001). להלן פירוט המבחנים:

אוצר מילים

מטרה: בדיקת הידע הוורבלי והבנת משמעות של מילים. הנבדק נדרש להגדיר מילים. **במבחן לילדים:** 37 פריטים, המדורגים בסדר קושי עולה. **במבחן למבוגרים:** 33 פריטים המדורגים בסדר קושי עולה.

ציון: **במבחן לילדים:** בפריטים 1-4 תשובה נכונה בכל פריט מזכה ב-1 נקודה, בפריטים 5-37 תשובה מלאה מזכה ב-2 נקודות ותשובה חלקית ב-1 נקודה. טווח הציונים במבחן: 0-70. **במבחן למבוגרים:** תשובה מלאה מזכה ב-2 נקודות ותשובה חלקית ב-1 נקודה, טווח: 0-66. המבחן נפסק לאחר ארבעה ציוני 0 רצופים.

צד שווה

מטרה: בדיקת היכולת להמשגה מילולית ולהסקה מילולית מופשטת. הנבדק נדרש למצוא קשר סמנטי בין שתי מילים. **במבחן לילדים:** 23 פריטים המדורגים בסדר קושי עולה. **במבחן למבוגרים:** 19 פריטים המדורגים בסדר קושי עולה.

ציון: **במבחן לילדים:** בפריטים 1-2 תשובה נכונה בכל פריט מזכה ב-1 נקודה, בפריטים 3-23, תשובה מלאה מזכה ב-2 נקודות ותשובה חלקית ב-1 נקודה. טווח הציונים: 0-44. **במבחן למבוגרים:** בפריטים 1-5 תשובה נכונה מזכה ב-1 נקודה, בפריטים 6-19 תשובה מלאה מזכה ב-2 נקודות, ותשובה חלקית ב-1 נקודה. טווח הציונים: 0-33. המבחן נפסק לאחר שישה ציוני 0 רצופים.

סידור קוביות

מטרה: מטרת המבחן היא בדיקת היכולת לארגון, המשגה ותפיסה מרחבית. הנבדק צריך לשחזר באמצעות קוביות, דגם המופיע בתמונה. מבחן זה מוגבל בזמן. **במבחן לילדים:** 13 פריטים המדורגים בסדר קושי עולה. **במבחן למבוגרים:** 14 פריטים המדורגים בסדר קושי עולה.

ציון : במבחן לילדים : בפריטים 1-3 תשובה נכונה בזמן הקצוב מזכה ב- 2 נקודות, תשובה נכונה רק לאחר ניסיון נוסף מזכה ב- 1 נקודה. בפריטים 4-8 תשובה נכונה בזמן הקצוב מזכה ב- 4 נקודות. בפריטים 9-14 תשובה נכונה בזמן הקצוב מזכה ב- 4-7 נקודות שנקבעות על פי מהירות הביצוע. טווח הציונים : 0-68.

במבחן למבוגרים : בפריטים 1-6 תשובה מלאה בזמן הקצוב מזכה ב- 2 נקודות, תשובה נכונה רק לאחר ניסיון נוסף מזכה ב- 1 נקודה. בפריטים 7-14 תשובה נכונה בזמן הקצוב מזכה ב- 4 נקודות, תשובה מהירה יותר מזכה ב- 1-3 נקודות נוספות. טווח הציונים : 0-68. המבחן נפסק לאחר שלושה ציוני 0 רצופים.

כאמור Temple et al. (2010) עשו שימוש בתתי מבחן אלה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש.

כלים לבדיקת זיכרון עבודה

בדיקת זיכרון העבודה תיעשה באמצעות שני תתי-מבחנים מתוך מבחן וכסלר WAIS-III^{HEB} (וכסלר, 2001) ו-10 מבחנים נוספים בעלי שלוש רמות בקרה בכל אחד מהערוצים של זיכרון העבודה.

המחקר הנוכחי נערך על פי שני מודלים של זיכרון עבודה : מודל שלושת הערוצים של Baddeley (2000) ומודל רמות העומס של המטלה על פי Cornoldi and Becchi (2003). לפיכך במחקר הנוכחי ערכנו בכל אחד מהערוצים טקסונומיה של שלוש רמות עומס/בקרה (קלה, בינונית ומורכבת) : שלוש רמות בלולאה הפונולוגית, שלוש רמות בלוח החזותי מרחבי ושלוש רמות במנגנון הבקרה המרכזי באופנות פונולוגית ובאופנות מרחבית. דרגות אלו נקבעו על פי רמת העיבוד האקטיבי הנדרש על מנת לתפעל מידע המוחזק מעבר לזכירה (forward word recall) כלומר סוג המידע, המספר והסוגים של מניפולציות נוספות : בחירה ואינהיביציה (selective word recall task), שינוי סדר (backward word recall), טרנספורמציה של מידע ועד שילוב של זיכרון עבודה דואלי, התייחסות סימולטאנית לשני מימדים (verbal double task) (Lanfranchi et al., 2004; Lanfranchi, Jerman et al., 2009) וכן לפי התוצאות של הסקירה המדעית האינטגרטיבית (Integrative research review) של 47 מחקרי זיכרון עבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Lifshitz, Kilberg et al., 2016). שלושה שופטים (עורכת המחקר, חוקר אקדמי בתחום הזיכרון ואיש שדה מעולם המ"ש) דרגו את המטלות לפי רמת הבקרה/עומס של המטלה בסולם מ-1 עד 3 בכל ערוץ. נמצאה רמת מהימנות בין השופטים 0.90-1.00. $r =$ להלן פירוט המבחנים :

מטלות לבדיקת הלולאה הפונולוגית על פי רמת עומס

מכיוון שבעברית אין טקסונומיה של רמת מוכרות של המילה כפי שקיים בשפות אחרות, על מנת לקבוע מילים מוכרות מעולמם של אוכלוסייה עם מ"ש, המטלה הועברה לעשרה שופטים (עורכת המחקר, שלושה חוקרים אקדמיים בתחום הזיכרון, שלושה אנשי שדה מעולם המ"ש ושלושה אנשים עם מ"ש). השופטים דרגו את רמת המוכרות של המילים על פי סולם שבין 1 ל-10. מילים מתחת לציון 6, כגון "משלוח", "הרצאה", הוצאו מהרשימה. נמצאה רמת מהימנות בין השופטים 0.90-1.00. $r =$

רמת עומס נמוכה – Forwards digit span – תת-מבחן ממבחן אינטליגנציה למבוגרים (WAIS-III^{HEB} ; וכסלר, 2001). **מטרה:** בדיקת זיכרון לספרות. **רמת עומס:** נמוכה. לפי שלבי ההתפתחות הקוגניטיבית של Piaget (1970) בהתפתחות תקינה זכירת מספרים נרכשת בגיל צעיר מאוד, והיא קודמת לזכירת מילים. לנבדק מושמעת סדרת ספרות (8 שלבים בסדר קושי עולה, שלב ראשון – 2 ספרות; אחרון – 9 ספרות; 2 ניסיונות בכל שלב (ספרה לשנייה) והוא נדרש לחזור על רצף המספרים כפי שהושמעה על ידי הבוחן מיידית עם תום ההקראה באופן מילולי. הסדרה עולה מ- 2 עד 9 ספרות. **ציון:** נקודה 1 לכל תשובה נכונה (טווח 0-16). המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Numminen et al., 2000).

רמת עומס בינונית – Forward word span (Henry, 2001). **מטרה:** בדיקת זיכרון למילים בהתאם לאפקט אורך המילה ולפיו קל יותר לזכור מילים קצרות מאשר מילים ארוכות (Baddeley et al., 1975). **רמת עומס:** למרות שמטלה זו הוגדרה על ידנו בנונית, היא תועבר בשלוש דרגות עומס: **נמוכה** – מילה בעלת הברה אחת, **בינונית** – מילים בעלות שתי הברות, ו**מורכבת** – מילים בעלות שלוש הברות. הנבדק מתבקש לחזור מילולית על סדרה של מילים מוכרות בסדר הנכון. הסדרה עולה מ- 2 עד 7 מילים ומוצגת בתדירות של מילה לשנייה (6 שלבים בסדר קושי עולה, 2 ניסיונות בכל שלב). **ציון:** הסדרה הארוכה ביותר שהנבדק זכר (טווח 2-7) בכל תת מבחן. המטלה נמצאה בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Henry & Winfield, 2010). מהימנות עקיבות פנימית נמצאה גבוהה $\alpha = .76$.

רמת עומס מורכבת – Non-word recall (Pickering & Gathercole, 2001). **מטרה:** בדיקת זיכרון מילות תפל. **רמת עומס:** **מורכבת** – מילים ללא תמיכה סמנטית קשות יותר לזכירה לאנשים עם מ"ש (Baddeley, 2003). הנבדק מתבקש לחזור על מילות תפל באותו סדר שהוצגו 6 שלבים בסדר קושי עולה, שלב ראשון – 2 מילים; אחרון – 7 מילים, 2 ניסיונות בכל שלב). **ציון:** מספר מילות התפל הגדול ביותר שהנבדק זכר (טווח 2-7). המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Van der Molen et al., 2007). מהימנות עקיבות פנימית נמצאה גבוהה $\alpha = .71$.

מטלות לבדיקת הלוח החזותי-מרחבי על פי רמת עומס

רמת עומס נמוכה – Visual span task (Vicari & Carlesimo, 2002). **מטרה:** בדיקת זיכרון חזותי. **רמת עומס:** **נמוכה** (מטלה חזותית, סדרתית עם תמיכה חזותית נוספת – צבע – קלה יותר לזכירה לאנשים עם מ"ש (Della Sala & Logie, 2002). במטלה זו שתי צורות גיאומטריות מורכבות לא מוגדרות מילולית ובצבעים מנוגדים (אדום-ירוק) המוצגות לשתי שניות זו אחר זו. מיד לאחר מכן מוצגות שתי הצורות ביחד. הנבדק מתבקש להצביע באיזה סדר הופיעו הצורות (6 שלבים בסדר קושי עולה, שלב ראשון – 2 צורות; אחרון – 7 צורות, שני ניסיונות בכל שלב). **ציון:** מספר הפריטים המקסימאלי שהנבדק הצליח לזכור (טווח 2-7). המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Vicari, Bellucci, & Carlesimo, 2003). מהימנות עקיבות פנימית נמצאה בינונית-גבוהה $\alpha = .60$.

רמת עומס בינונית – Corsi Blocks Test simple/complex (Milner, 1971) (spatial-sequential) בגרסה ממוחשבת (Pathway recall/Block recall) (Lanfranchi, Carretti et al., 2009; Pickering & Gathercole, 2001).

2004). **מטרה:** בדיקת זיכרון מרחבי סדרתי. **רמת עומס:** למרות שמטלה זו הוגדרה על ידנו בנונית היא תועבר בשלוש דרגות עומס על פי מרחק הפריטים המוצגים במטלה (זכירת הפריטים קשה יותר ככל שהמרחק בין הפריטים גדל): **נמוכה** – קוביות צמודות בלוח שחמט 3×3 , **בינונית** – קוביות צמודות בלוח שחמט 4×4 , **מורכבת** – מרחק של שתי קוביות בלוח שחמט 4×4 . במטלה זו לנבדק מוצג ל-2 שניות על מסך מחשב לוח שחמט (3×3 , 4×4). על הלוח מופיעים ריבועים אדומים ברצף, אחד אחרי השני. מספר ריבועים עולה בכל שלב בסדר קושי עולה (שלב ראשון – 2 ריבועים אדומים, שלב אחרון 7 ריבועים אדומים, שני ניסיונות בכל שלב). מיד אחרי הסתרת הלוח, על הנבדק להצביע על מיקום הריבועים האדומים על לוח שחמט ריק באותו רצף שהוצגו. **ציון:** הסדרה הארוכה ביותר שהנבדק זכר (טווח 2-7) בכל תת מבחן. המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Schuchardt, Gebhardt, & Mäehler, 2010) מהימנות עקיבות פנימית נמצאה גבוהה $\alpha = .84$.

רמת עומס מורכבת – Matrix span (Maehler & Schuchardt, 2009). **מטרה:** בדיקת מרכיב סטטי של הזיכרון החזותי-מרחבי (spatial-simultaneous). **רמת עומס:** גבוהה (מטלות מרחביות הדורשות עיבוד סימולטני קשות יותר לזכירה ממטלות הדורשות עיבוד סדרתי). לנבדק מוצגים ל-10 שניות דגמים של ריבועים שחורים ולבנים על מטריצה של 4×4 על לוח מחשב. מיד אחרי הצגת הדגם על הנבדק לשחזר את הדגם על מטריצה ריקה המוצגת במחשב. למטלה 6 שלבים בסדר קושי עולה, ובכל שלב מספר הריבועים השחורים עולה (שלב ראשון – 2 ריבועים, שלב אחרון – 7 ריבועים, 2 ניסיונות בכל שלב). **ציון:** מספר הריבועים המקסימאלי שהנבדק זכר במיקום הנכון (טווח 2-7). המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Lanfranchi, Carretti et al., 2009). מהימנות עקיבות פנימית נמצאה גבוהה $\alpha = .70$.

מטלות לבדיקת מנגנון הבקרה המרכזי על פי רמת עומס

א. מבחנים הבודקים זיכרון עבודה בתחום הפונולוגי

רמת עומס נמוכה – Selective span task (Lanfranchi et al., 2004). **מטרה:** בדיקת זיכרון עבודה פונולוגי. **רמת עומס:** נמוכה (נדרש זכירת פריט ראשון בלבד – אינהיביציה). לאחר הצגה (פונולוגית) של רשימה אחת, שתיים או ארבע של מילים, הנבדק מתבקש לחזור על המילה הראשונה בכל רשימה. למשימה שש דרגות קושי, והיא תלויה במספר הרשימות (אחת עד שלוש) ובמספר המילים בכל רשימה (שתיים או ארבע מילים), למטלה 6 שלבים בסדר קושי עולה, 2 ניסיונות בכל שלב. **ציון:** על פי דרגת הקושי (טווח 1-6). המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Carretti et al., 2010). מהימנות עקיבות פנימית נמצאה בינונית-גבוהה $\alpha = .68$.

רמת עומס בינונית – Backward digit span מתוך מבחן למבוגרים (WAIS-HEB^{III}; וכסלר, 2001). **מטרה:** תת-מבחן ממבחן אינטליגנציה אשר מספק מדד טוב לתפקוד של זיכרון עבודה פונולוגי. **רמת עומס:** בינונית (דורשת מהנבדק לבצע סידור מחדש על ידי ייצוג מנטאלי). המטלה דומה ל-forward digit span, אך הנבדק נדרש להיזכרות של הספרות בהיפוך. למטלה 7 שלבים בסדר קושי עולה (שלב ראשון – 2 ספרות;

אחרון – 8 ספרות, 2 ניסיונות בכל שלב). **ציון:** נקודה 1 על תשובה נכונה בכל שלב (טווח 0-14). המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Numminen et al., 2000).

רמת עומס מורכבת – Verbal double-task: Dual request word recall (Lanfranchi et al., 2004). **מטרה:** בדיקת זיכרון עבודה פונולוגי. **רמת עומס:** גבוהה (הדורשת התייחסות סימולטאנית לשני ממדים). לנבדק מוצגת רשימה של שתיים עד שבע מילים, והוא מתבקש לזכור את המילה הראשונה ברשימה, ובו זמנית להקיש על השולחן כאשר שומע את המילה כדור. ההקשה על השולחן משמשת מטלה משנית. המילה כדור מופיעה פעם אחת בכל רשימה במיקומים שונים (6 שלבים בסדר קושי עולה, 2 ניסיונות בכל שלב). **ציון:** נקודה 1 על כל ניסיון מוצלח (גם זכירת המילה הראשונה וגם הקשת על השולחן בזמן) (טווח 1-6). המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Maehler & Schuchardt, 2009). מהימנות עקיבות פנימית נמצאה גבוהה $\alpha = .74$.

ב. מבחנים הבודקים זיכרון עבודה חזותי-מרחבי בלוח הבקרה המרכזי

רמת עומס נמוכה – Starting position selection (Lanfranchi et al., 2004) (spatial-sequential). **מטרה:** בדיקת זיכרון עבודה מרחבי סדרתי. **רמת עומס:** נמוכה. במטלה זו מראים לנבדק מסלול של צפרדע על לוח של 4×4 עם צפרדע אחת, שתיים או שלוש. על הנבדק לזכור את המקום ההתחלתי של המסלול. למטלה שש רמות קושי, מסלול של צפרדע אחת עם שניים או ארבעה צעדים, ושני מסלולים של שתי צפרדעים עם שניים או ארבעה צעדים כל אחד ושלושה מסלולים של שלוש צפרדעים עם שניים או ארבעה צעדים כל אחד, 2 ניסיונות בכל שלב. **ציון:** על פי רמת הקושי הגבוהה ביותר שהנבדק הצליח להיזכר (טווח 1-6). המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Lanfranchi, Jerman et al., 2009). מהימנות עקיבות פנימית נמצאה בינונית-גבוהה $\alpha = .62$.

רמת עומס בינונית – Backward spatial span (Wechsler Memory Scale; Wechsler, 1997b). בגרסה ממוחשבת (Lanfranchi et al., 2004; Lanfranchi, Jerman) Backward block/Pattern recall. **מטרה:** בדיקת התפקוד החזותי-מרחבי בלוח הבקרה המרכזי. **רמת עומס:** בינונית. לנבדק מוצג על מסך המחשב לוח שחמט 3×3 , על הלוח מוצג ל-2 שניות רצף ריבועים שחורים במיקום שונה. הנבדק נדרש להצביע מיד עם הסתרת הלוח, על מיקום הריבועים השחורים ברצף הפוך מזה שהופיע על מסך המחשב. הפריטים מדורגים בסדר קושי עולה, שלב ראשון – 2 ריבועים; שלב אחרון – 8 ריבועים (7 שלבים), 2 ניסיונות בכל שלב. **ציון:** 1 נקודה על כל תשובה נכונה (טווח 1-7). המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Rowe, Lavender, & Turk, 2006). מהימנות עקיבות פנימית נמצאה בינונית-גבוהה $\alpha = .63$.

רמת עומס מורכבת – Visuo-spatial double task (Lanfranchi et al., 2004). **מטרה:** בדיקת התפקוד החזותי-מרחבי בלוח הבקרה המרכזי. **רמת בקרה:** גבוהה. במטלה זו, בתוספת למטלה starting position selection, משבצת אחת בלוח (בן 16 רבועים) צבועה באדום, ועל הנבדק להקיש על השולחן כאשר הצפרדע קופצת על המשבצת האדומה. בכל ניסיון הצפרדע עוברת פעם אחת על המשבצת האדומה. למטלה, שש דרגות קושי בהתאם למספר הצעדים במסלול: שניים ועד שבעה צעדים (2 ניסיונות בכל שלב). **ציון:** נקודה 1 לכל ניסיון מוצלח בביצוע שתי המשימות (טווח 1-6). המבחן נמצא בשימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש

(Lanfranchi, Jerman, Dal Pont, Alberti, & Vianello, 2010). מהימנות עקיבות פנימית נמצאה גבוהה $\alpha = .76$.

סיכום מטלות המחקר על פי עומס המטלה בכל ערוץ מוצג בנספח 2.

כלים לבדיקת השתתפות בפעילות שעות פנאי

לבדיקת השפעת סגנון החיים והשתתפות בפעילויות שעות פנאי על ההתפתחות הקוגניטיבית של אוכלוסייה עם מ"ש עם וללא ת"ד, נעשה שימוש בשאלון השתתפות בפעילויות שעות פנאי (Wilson & Bennett, 2003) על פי הסקאלה של Lifshitz-Vahav et al. (2016) תוך התאמה לפעילויות פנאי שכיחות בקרב מבוגרים עם מוגבלות שכלית (Azaiza, Rimmerman, Croitoru, & Naon, 2011) שכללו 17 פריטים, ובהם 10 פעילויות פנאי קוגניטיביות המדורגות על פי דרגת הרמה הקוגניטיבית בכל פעילות, בין 1-5 (כגון: דרגה 1 - שיחה בטלפון, דרגה 2 - משחק שולחן; דרגה 3 - קריאה; דרגה 4 - שימוש בטכנולוגיה וחוג אקטואליה, דרגה 5 - לימודים באוניברסיטה / מכללה). כמו כן, 8 פעילויות פנאי המדורגות על פי דרגה 2 והכוללות מרכיבי פעילויות פנאי שאינן בדגש קוגניטיבי ישיר (כגון: האזנה למוסיקה, פעילות ספורטיבית, פיסול, טיפול בחיות וכיו"ב) (השאלון מוצג בנספח 3).

הליך המחקר

נערכה פנייה ללשכת המדען הראשי במשרד הרווחה ומשרד החינוך. עם קבלת האישורים ממשרד הרווחה ומשרד החינוך נערכה פנייה בכתב לבתי ספר לחינוך מיוחד והן למסגרות למבוגרים כולל הוסטלים, דירות, ומפעלי תעסוקה מוגנים לצורך גיוס הנבדקים העונים לקריטריונים של המחקר. לצורך גיוס הנבדקים העונים לקריטריונים של המחקר: אנשים עם מוגבלות שכלית קלה ובינונית, נשלחו מכתבים להורים ולנבדקים לאישור ההשתתפות. השתתפות הנבדקים המתבגרים והמבוגרים אושרה לאחר חתימה על טופס הסכמה מהנבדקים עצמם ומההורה/האפוטרופוס. המבדקים נערכו בתוך המסגרות בחדר נפרד ע"י עורכת המחקר בפגישות אישיות בצורה מותאמת ליכולות של כל חניך (2-3 פגישות). הנתונים לגבי הגיל, מסגרת התעסוקה והמגורים נלקחו ממנהלי המסגרות. המטלות הועברו באותו סדר: מטלות לבדיקת הלולאה הפונולוגית (מהרמה הנמוכה למורכבת), מטלות לבדיקת הלוח החזותי-מרחבי (מהרמה הנמוכה למורכבת), מטלות לבדיקת המנגנון הבקת המרכזי, מטלות באופנות פונולוגית (מהרמה הנמוכה למורכבת) ומטלות באופנות מרחבי (מרמה קלה עד למורכבת), מבחנים לבדיקת רמה קוגניטיבית: אוצר מילים, צד שווה וסידור קוביות. לכל המטלות שבדקו את זיכרון העבודה ניתן שלב ניסוי (trail) לאחר מתן הסבר מילולי. כלל הפסקה: המטלות בנויות בשלבים בסדר קושי עולה, בכל שלב שני ניסיונות. המטלות הופסקו לאחר שני ציוני 0 בשלב נתון. הליך קידוד הנתונים ועיבודם הסטטיסטי נערך באמצעות תוכנה SPSS (Version 23).

תוצאות

פרק זה כולל שלושה חלקים. חלק א' מציג את ההבדלים בהישגים של מבחני זיכרון עבודה בין שתי קבוצות האטיולוגיה (לא"ס, ת"ד) ושלושת קבוצות הגיל (16-21, 25-40, 41-55) בערוצים השונים של זיכרון העבודה (פונולוגי, מרחבי ולוח הבקרה המרכזי). חלק ב' מציג את ההבדלים בהישגים של מבחני זיכרון העבודה בין קבוצות האטיולוגיה וקבוצות הגיל ברמות העומס הקוגניטיביות (קלה, בינונית, מורכבת). חלק ג' מציג את תרומתם של משתני הרקע והמשתנים האקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי) בקרב נבדקי המחקר.

טרם לבחינת שאלות והשערות המחקר הנוכחי, עקב גודל המדגם הקטן בכל אחת מתתי קבוצות המחקר, נערכו מבחני Shapiro-Wilk לבחינת קיום התפלגות נורמלית של כל אחד ממדדי המחקר הבוחנים את יכולת זיכרון העבודה בכל אחת מהקבוצות. נמצא כי חלק ממדדי המחקר אינם מתפלגים נורמלית. לאור זאת, ראוי לבחון את שאלות והשערות המחקר באמצעות ניתוחים א-פרמטריים מסוג Friedman לבחינת ההבדלים בין ערוצי זיכרון העבודה השונים (פונולוגי, מרחבי ולוח הבקרה המרכזי) ולבחינת ההבדלים בין רמות העומס הקוגניטיביות השונות (קלה, בינונית ומורכבת) בכל אחת מקבוצות המחקר ובכל אחת מקבוצות הגיל. זאת לאור כך שהערוצים השונים ורמות העומס הקוגניטיביות השונות הינם משתנים בלתי תלויים תוך נבדקים. כמו כן לבחינת המשתנים הבלתי תלויים הבין נבדקים (קבוצות האטיולוגיה וקבוצות הגיל) בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה השונים ורמות העומס הקוגניטיביות השונות היה ראוי לבחון באמצעות ניתוחים א-פרמטריים מסוג Mann-Whitney (עבור בחינת ההבדלים בין שתי קבוצות האטיולוגיה) ומסוג Kruskal-Wallis (עבור בחינת ההבדלים בין שלושת קבוצות הגיל). עקב וכלל ממצאי הניתוחים א-פרמטריים הציגו ממצאים דומים לניתוחים הפרמטריים, לצורך הנוחות יוצגו כלל ממצאי המחקר לכל חלקיו באמצעות ניתוחים פרמטריים מסוג ניתוחי שונות.

חלק א': ההבדלים בהישגים בזיקה לאטיולוגיה ולגיל בערוצי זיכרון העבודה

בחלק זה נבדקו ההבדלים בהישגים של מבחני זיכרון העבודה על פי קבוצות האטיולוגיה והגיל בשלושת ערוצי זיכרון העבודה: פונולוגי, מרחבי ולוח הבקרה המרכזי.

יכולת זיכרון העבודה הפונולוגי נבדקה באמצעות שלושה מבחנים: Digit-span forward, מבחן Forward word span ומבחן מילות תפל Non word recall. נבנה לצורך ניתוח זה מדד כללי של סכום הנקודות אותן השיג המשתתף בשלושת המבחנים יחד. יכולת זיכרון העבודה המרחבי נבדקה באמצעות שלושה מבחנים: Visual span, מבחן Corsi ומבחן Matrix. גם פה נבנה לצורך ניתוח זה מדד כללי של סכום הנקודות אותן השיג המשתתף בשלושת המבחנים יחד. יכולת זיכרון העבודה בלוח הבקרה המרכזי נבדקה באמצעות שישה מבחנים. שלושה מבחנים מתוך השישה בוחנים את היכולת הפונולוגית של התפקודים הניהוליים: Backward digit span, מבחן Selective span task ומבחן Verbal double task ושלושת המבחנים האחרים בוחנים את היכולת החזותית של לוח הבקרה המרכזי: Backward spatial span, מבחן Starting position selection ומבחן Visual spatial double task. נבנה לצורך ניתוח זה מדד כללי

של סכום הנקודות אותן השיג המשתתף בששת המבחנים יחד. שלושת המדדים הכלליים אשר נבנו של הציונים במבחנים השונים בשלושת ערוצי זיכרון העבודה הומרו לאחוזים. המרה זו לאחוזים נועדה על מנת שכל הציונים יוצגו בטווח שבין 0 לבין 100.

לצורך בדיקת הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל וערוץ, נערך מבחן ניתוח שונות תלת כיווני (2X3X3) מסוג ANOVA עם מדידות חוזרות. המשתנים הבלתי תלויים הינם: קבוצות האטיולוגיה וקבוצות הגיל (בין נבדקים) וערוץ זיכרון העבודה (תוך נבדקי). המשתנה התלוי הינו הציונים במבחנים השונים אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי.

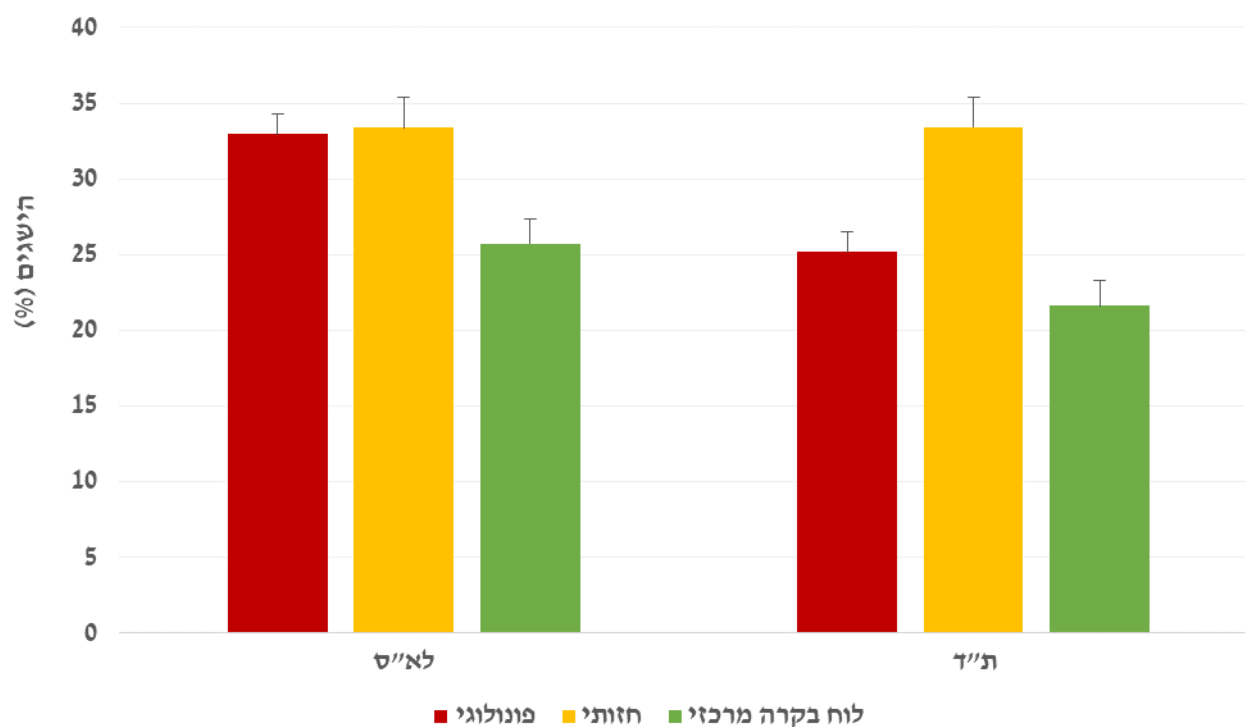
נמצא כי קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות האטיולוגיה, $F(1, 117) = 3.95, p < .05, \eta_p^2 = .03$, כאשר הישגיהם של קבוצת האנשים עם מ"ש לא"ס גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת האנשים עם ת"ד. כמו כן, נמצא כי קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות הגיל, $F(2, 117) = 4.57, p < .05, \eta_p^2 = .07$. בבדיקת המשך post-hoc מסוג Scheffe נמצא כי הישגיהם של קבוצת הבגרות בגילאי 25-40 גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת הנבדקים בגיל העמידה ($p < .05$) אך אינם שונים במובהק מהישגיהם של קבוצת ההתבגרות בגילאי 16-21 ($p = .43$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין ההישגים של קבוצת ההתבגרות לבין ההישגים של קבוצת גיל העמידה ($p = .42$). לבסוף נמצא גם אפקט עיקרי מובהק לערוץ זיכרון העבודה, $F(2, 116) = 53.59, p < .001, \eta_p^2 = .48$. בבדיקת המשך מסוג Bonferroni עולה כי הישגי הנבדקים במרכיב החזותי של זיכרון העבודה גבוהים במובהק מהישגיהם במרכיב הפונולוגי ($p < .01$) ומרכיב לוח הבקרה המרכזי ($p < .001$). כמו כן נמצא כי ההישגים במרכיב הפונולוגי של זיכרון העבודה גבוהים במובהק מההישגים במרכיב לוח הבקרה המרכזי ($p < .001$) (לוח 2).

לוח 2: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני זיכרון עבודה (%) בכל ערוץ על פי קבוצות אטיולוגיה וגיל ($N = 123$)

ערוץ	קבוצות גיל	לא"ס ($N = 63$)			ת"ד ($N = 60$)			F אטיולוגיה (1, 117)	F גיל (2, 117)	F אינטראקציה (2, 117)
		<i>M</i>	<i>SD</i>	טווח	<i>M</i>	<i>SD</i>	טווח			
פונולוגי	16-21	32.50	8.82	12.50-53.13	21.48	5.21	12.50-34.38			
	25-40	38.72	12.24	15.63-62.50	29.50	12.79	12.50-56.25			
	41-55	27.62	11.92	12.50-50.00	24.51	5.92	12.50-34.38	16.38***	7.90***	1.55
חזותי	16-21	38.22	18.21	13.33-70.00	36.46	9.54	20.00-50.00			
	25-40	31.88	13.36	10.00-53.33	36.40	16.86	6.67-66.67			
	41-55	30.00	16.94	0.00-80.00	27.37	14.43	3.33-56.67	.00	3.10*	.72
לוח בקרה מרכזי	16-21	24.74	15.53	5.26-52.63	19.74	9.61	7.89-42.11			
	25-40	29.52	8.54	15.79-50.00	26.32	15.70	5.26-65.79			
	41-55	22.95	14.18	5.26-55.26	18.84	11.21	5.26-44.74	3.00	3.77*	.05

* $p < .05$, *** $p < .001$

בבדיקת האינטראקציות הזוגיות נמצא כי קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות האטיולוגיה X ערוץ זיכרון העבודה, $F(2, 116) = 3.85, p < .05, \eta_p^2 = .06$. בבדיקת המשך מסוג Bonferroni לבחינת ההבדלים בין ערוצי זיכרון העבודה השונים בכל קבוצת אטיולוגיה בנפרד נמצא כי ההישגים של שתי קבוצות האטיולוגיה ברכיב לוח הבקרה המרכזי הינם נמוכים במובהק מההישגים ברכיב הפונולוגי והרכיב החזותי ($ps < .05$). ההבדל בין שתי קבוצות האטיולוגיה מתבטא בכך שבעוד שבקרב קבוצת הנבדקים עם מ"ש לא"ס לא קיימים הבדלים בין ההישגים ברכיב הפונולוגי לבין ההישגים ברכיב המרחבי ($p = .99$), בקרב קבוצת הנבדקים עם ת"ד קיימים הבדלים בין ההישגים של שני רכיבים אלו של זיכרון העבודה, כאשר ההישגים של הנבדקים עם ת"ד בערוץ החזותי גבוהים במובהק מההישגים בערוץ הפונולוגי



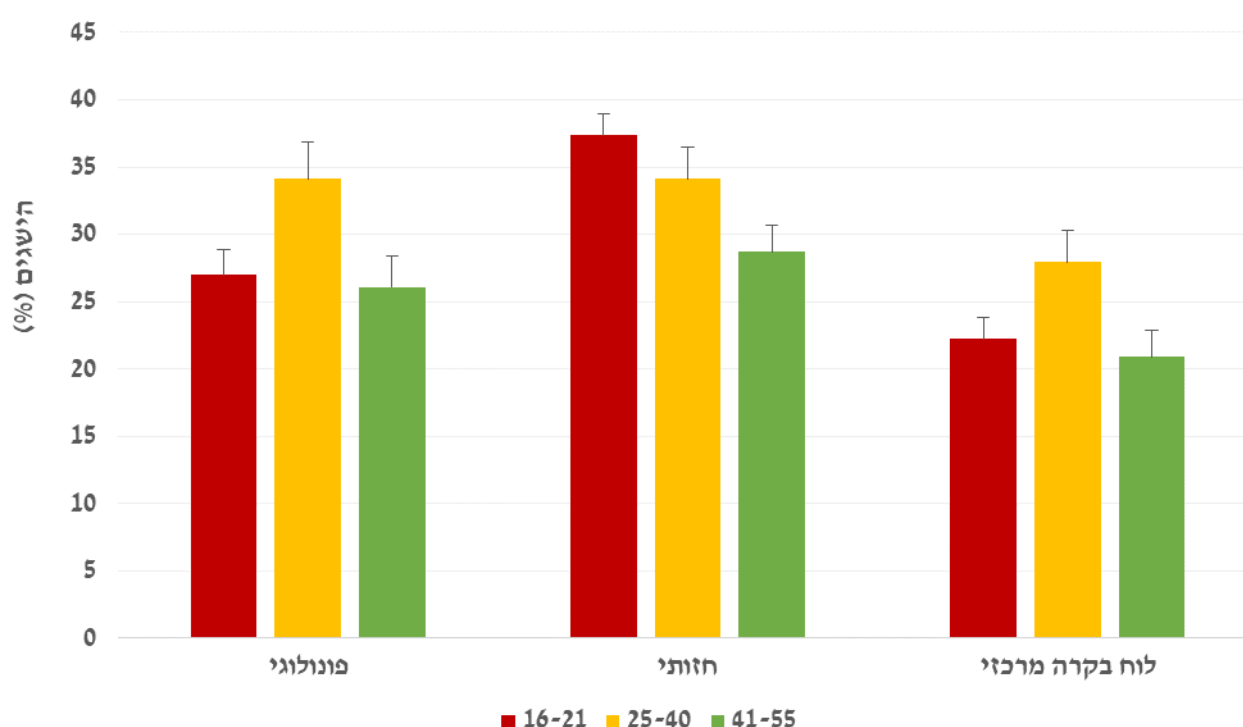
($p < .001$) (תרשים 4).

תרשים 4: הישגים במבחני זיכרון העבודה בזיקה לאטיולוגיה וערוץ

בנוסף, נמצאה אינטראקציה זוגית מובהקת סטטיסטית של קבוצות הגיל X ערוץ זיכרון העבודה, $F(4, 232) = 2.97, p < .05, \eta_p^2 = .05$. בבדיקת המשך מסוג Bonferroni לבחינת ההבדלים בין קבוצות הגיל בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה השונים נמצא דפוס שונה:

- **בערוץ הפונולוגי של זיכרון העבודה:** נמצא כי ההישגים של קבוצת הבגרות בגילאי 40-25 גבוהים במובהק מההישגים של קבוצת ההתבגרות בגילאי 16-21 ($p < .05$) ושל קבוצת גיל העמידה בגילאי 41-55 ($p < .001$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין ההישגים של קבוצת ההתבגרות לבין ההישגים של קבוצת גיל העמידה ($p = .99$).

- **בערוץ החזותי של זיכרון העבודה:** נמצא כי הישגיהם של קבוצת ההתבגרות בגילאי 16-21 גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת גיל העמידה בגילאי 41-55 ($p < .05$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הישגיהם של קבוצת גיל הבגרות לבין קבוצת ההתבגרות של קבוצת גיל העמידה ($p = .99$) וקבוצת גיל העמידה ($p = .27$).
- **בערוץ לוח הבקרה המרכזי של זיכרון העבודה:** נמצא כי הישגיהם של קבוצת הבגרות בגילאי 16-21 גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת גיל העמידה בגילאי 41-55 ($p < .05$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הישגיהם של קבוצת גיל ההתבגרות לבין קבוצת הבגרות של קבוצת גיל העמידה ($p = .17$) וקבוצת גיל העמידה ($p = .99$) (תרשים 5).



תרשים 5: הישגים במבחני זיכרון העבודה בזיקה לקבוצות גיל וערוץ

לבסוף, האינטראקציה של קבוצות האטיולוגיה X קבוצות הגיל, $F(2, 117) = .23, p = .79$, $\eta^2 = .00$ והאינטראקציה המשולשת של קבוצות האטיולוגיה X קבוצות הגיל X ערוץ זיכרון העבודה, $F(4, 232) = 1.24, p = .29, \eta^2 = .21$ לא נמצאו מובהקות (ראה לוח 2 לתחילת חלק זה).

לסיכום: בהתייחס להבדלי זיכרון העבודה בזיקה לאטיולוגיה ולגיל נמצא: א. ההשגים בקרב אנשים עם מ"ש שכלית נמצאו גבוהים במובהק מהשגי האנשים עם ת"ד ב. נמצא מדרג בהשגי זיכרון עבודה בערוצים השונים, בקרב נבדקים עם מ"ש לא"ס ונבדקים עם ת"ד השגי זיכרון העבודה היו נמוכים במובהק מההישגים בערוץ הפונולוגי ובערוץ החזותי-מרכזי, אך בזמן שלא נמצאו הבדלים מובהקים

בהשגים בלולאה הפונולוגית ובלוח החזותי-מרחבי בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס, בקרב אנשים עם ת"ד ההישגים בלולאה הפונולוגית היו נמוכים במובהק מההישגים בלוח החזותי-מרחבי ג. מסלול ההתפתחות מגיל ההתבגרות (16-21) לגיל העמידה (41-55) היה דומה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד: בערוץ הפונולוגי חלה עליה בהישגי זיכרון העבודה מההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40) וירידה מהבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55). בלוח החזותי-מרחבי נמצאה ירידה מתונה לא מובהקת סטטיסטית (יציבות יחסית) מגיל ההתבגרות (16-21) לגיל העמידה (41-55) וכי נמצאה ירידה מובהקת מגיל ההתבגרות (16-21) לגיל העמידה (41-55). במנגנון הבקרה המרכזי לא נמצאו הבדלים מובהקים מגיל ההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40) וכי חלה ירידה מובהקת מהבגרות הצעירה (25-40) לגיל העמידה (41-55).

חלק ב': הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה

בחלק זה נבדקו ההבדלים בהישגים של מבחני זיכרון העבודה על פי קבוצות האטיולוגיה והגיל בשלושת רמות העומס הקוגניטיביות: קלה, בינונית, מורכבת.

יכולת זיכרון העבודה ברמת העומס הקלה נבדקה באמצעות ארבעת המבחנים: מבחן Digit-span forward (פונולוגי), מבחן Visual span (מרחבי), מבחן Selective span task (לוח בקרה מרכזי – פונולוגי) ומבחן Starting position selection (לוח בקרה מרכזי – מרחבי). נבנה לצורך ניתוח זה מדד כללי של סכום הנקודות אותן השיג המשתתף בארבעת המבחנים יחד. יכולת זיכרון העבודה ברמת העומס הבינונית נבדקה באמצעות ארבעת המבחנים: מבחן Forward word span (פונולוגי), מבחן Corsi (מרחבי), מבחן Digit-span backward (לוח בקרה מרכזי – פונולוגי) ומבחן Backward spatial span (לוח בקרה מרכזי – מרחבי). גם פה נבנה לצורך ניתוח זה מדד כללי של סכום הנקודות אותן השיג המשתתף בארבעת המבחנים יחד. יכולת זיכרון העבודה ברמת העומס הגבוהה נבדקה באמצעות ארבעת המבחנים: מבחן Forward word span (פונולוגי), מבחן Matrix (מרחבי), מבחן Verbal double task (לוח בקרה מרכזי – פונולוגי) ומבחן Visual spatial double task (לוח בקרה מרכזי – מרחבי). נבנה לצורך ניתוח זה מדד כללי של סכום הנקודות אותן השיג המשתתף בארבעת המבחנים יחד. שלושת המדדים הכלליים אשר נבנו של הציונים במבחנים השונים בשלושת רמות העומס הקוגניטיביות על זיכרון העבודה הומרו לאחוזים. המרה זו לאחוזים נועדה על מנת שכל הציונים יוצגו בטווח שבין 0 לבין 100.

לצורך בדיקת הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית, נערכו ארבעה מבחני ניתוח שונות תלת כיוונים (2X3X3) מסוג ANOVA עם מדידות חוזרות. המשתתפים הבלתי תלויים הינם: קבוצות האטיולוגיה וקבוצות הגיל (בין נבדקים) ורמת העומס הקוגניטיבית על זיכרון העבודה (תוך נבדקי). המשתנה התלוי הינו הציונים במבחנים השונים אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי בכל אחד מהערוצים של זיכרון העבודה. נערכו ארבעה ניתוחים כאלו: האחד, על הערוץ הפונולוגי של זיכרון עבודה. השני, על הערוץ המרחבי של זיכרון העבודה. השלישי, על הערוץ של לוח הבקרה המרכזי – הפונולוגי והאחרון על הערוץ של לוח הבקרה המרכזי – מרחבי.

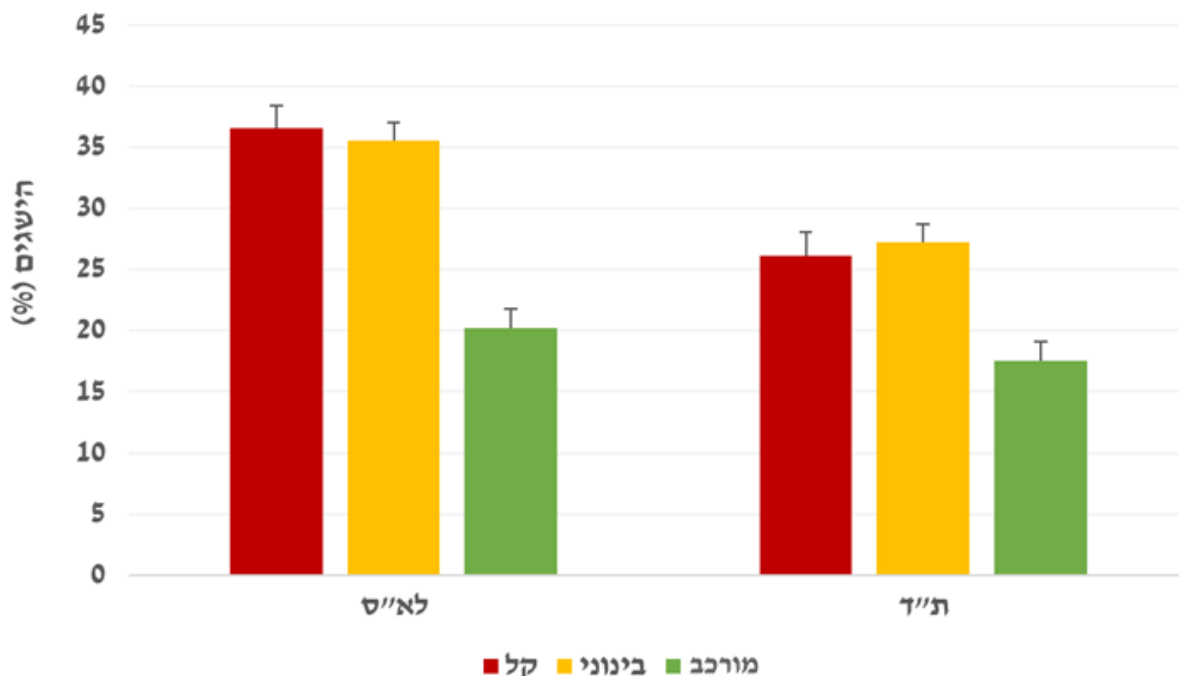
הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית בערוץ הפונולוגי של זיכרון העבודה

נמצא כי קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות האטיולוגיה, $F(1, 117) = 13.91, p < .001, \eta_p^2 = .11$, כאשר הישגיהם של קבוצת המ"ש לא"ס גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת הת"ד. כמו כן, נמצא כי קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות הגיל, $F(2, 117) = 10.85, p < .001, \eta_p^2 = .16$. בבדיקת המשך post-hoc Scheffe נמצא כי הישגיהם של קבוצת הבגרות בגילאי 25-40 גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת ההתבגרות בגילאי 16-21 ($p < .01$) ושל קבוצת גיל העמידה בגילאי 41-55 ($p < .001$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין ההישגים של קבוצת ההתבגרות לבין ההישגים של קבוצת גיל העמידה ($p = .99$). לבסוף נמצא גם אפקט עיקרי מובהק לרמת העומס הקוגניטיבית, $F(2, 116) = 4.85, p < .01, \eta_p^2 = .08$. בבדיקת המשך Bonferroni עולה כי הישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת על זיכרון העבודה נמוכים במובהק מהישגיהם ברמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה והבינונית ($p < .001$). לא נמצאו הבדלים בהישגיהם של הנבדקים בין רמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה לבין רמת העומס הקוגניטיבית הבינונית על זיכרון העבודה ($p = .99$) (לוח 3).

לוח 3: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני זיכרון עבודה (%) בערוץ הפונולוגי על פי קבוצות אטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית ($N = 123$)

ת"ד ($N = 60$)			לא"ס ($N = 63$)			קבוצות גיל	רמת עומס קוגניטיבית
טווח	SD	M	טווח	SD	M		
12.50-37.50	7.74	20.31	12.50-62.50	12.38	31.67	16-21	קלה (Forward digit span)
12.50-75.00	15.73	32.50	25.00-75.00	16.32	45.11	25-40	
12.50-50.00	9.75	25.66	12.50-75.00	18.00	33.00	41-55	
16.67-38.89	6.08	24.65	16.67-55.56	9.44	37.78	16-21	בינונית (Forward word span)
11.11-55.56	13.80	30.22	16.67-72.22	12.92	39.13	25-40	
16.67-38.89	7.23	26.90	5.56-50.00	12.92	29.78	41-55	
0.00-33.33	9.07	13.54	0.00-33.33	11.73	17.78	16-21	מורכבת (תפל Non word recall)
0.00-50.00	12.73	23.33	0.00-50.00	14.41	28.99	25-40	
0.00-33.33	8.74	15.79	0.00-50.00	12.44	14.00	41-55	

בבדיקת האינטראקציות הזוגיות נמצא כי קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות האטיולוגיה X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(2, 116) = 4.85, p < .01, \eta^2 = .08$. בבדיקת המשך מסוג Bonferroni לבחינת ההבדלים בין רמות העומס הקוגניטיביות השונות בכל קבוצת אטיולוגיה בנפרד נמצא כי ההישגים של שתי קבוצות האטיולוגיה ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת הינם נמוכים במובהק מההישגים ברמת העומס הקוגניטיבית הקלה והבינונית ($p < .001$). כלומר, בקרב שתי קבוצות האטיולוגיה קיימים הישגים נמוכים יותר ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת. אך, בעוד שלא קיימים הבדלים מובהקים סטטיסטית בהישגים של הנבדקים משתי קבוצות האטיולוגיה ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת ($p = .22$), קיימים הבדלים בין שתי קבוצות האטיולוגיה בהישגים ברמת העומס הקוגניטיבית הקלה והבינונית ($p < .001$). נמצא כי הישגיהם של נבדקים עם מ"ש לא"ס ברמה הקוגניטיבית הנמוכה והבינונית גבוהים במובהק מההישגיהם של נבדקים עם ת"ד (תרשים 6).

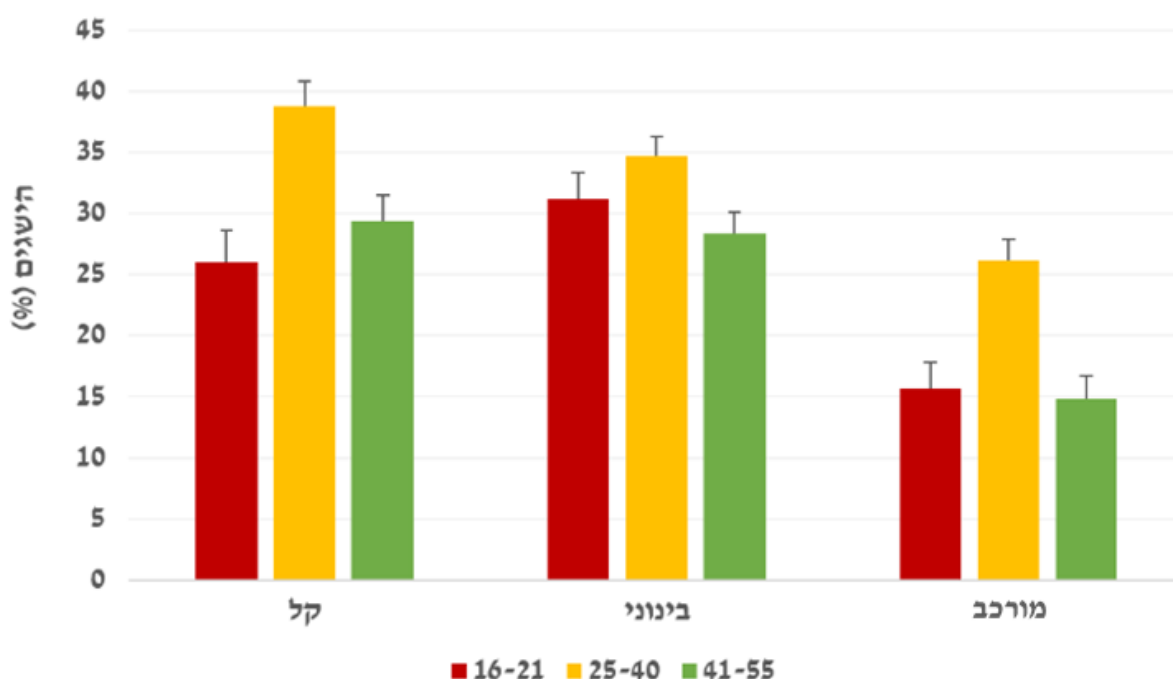


תרשים 6: הישגים במבחני זיכרון העבודה בזיקה לאטיולוגיה ולרמת עומס קוגניטיבית בערוץ הפונולוגי

בנוסף, נמצאה אינטראקציה זוגית מובהקת סטטיסטית של קבוצות הגיל X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(4, 232) = 4.11, p < .01, \eta^2 = .07$. בבדיקת המשך מסוג Bonferroni לבחינת ההבדלים בין קבוצות הגיל בכל אחת מרמות העומס הקוגניטיביות נמצא דפוס שונה:

- **ברמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה:** נמצא כי הישגיהם של קבוצות הבגרות בגילאי 40-25 גבוהים במובהק מההישגיהם של קבוצת ההתבגרות בגילאי 16-21 ($p < .001$) ושל קבוצת גיל העמידה בגילאי 41-55 ($p < .01$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין ההישגים של קבוצת ההתבגרות לבין ההישגים של קבוצת גיל העמידה ($p = .98$).

- **ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית:** נמצא כי הישגיהם של קבוצת הבגרות בגילאי 40-25 גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת גיל העמידה בגילאי 55-41 ($p < .05$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הישגיהם של קבוצת גיל ההתבגרות לבין ההישגים של קבוצת הבגרות ($p = .56$) וקבוצת גיל העמידה ($p = .85$).
- **ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת:** בדומה לדפוס ברמת העומס הקוגניטיבית הקלה, נמצא כי הישגיהם של הישגיהם של קבוצת הבגרות בגילאי 40-25 גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת ההתבגרות בגילאי 21-16 ושל קבוצת גיל העמידה בגילאי 55-41 ($ps < .01$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין ההישגים של קבוצת ההתבגרות לבין ההישגים של קבוצת גיל העמידה ($p = .99$) (תרשים 7).



תרשים 7: הישגים במבחני זיכרון העבודה בזיקה לקבוצות גיל ולרמת עומס קוגניטיבית בערוץ הפונולוגי

לבסוף, האינטראקציה של קבוצות האטיולוגיה X קבוצות הגיל, $F(2, 117) = 1.35, p = .26$, $\eta_p^2 = .02$ והאינטראקציה המשולשת של קבוצות האטיולוגיה X קבוצות הגיל X רמת העומס הקוגניטיבית לא נמצאו מובהקות, $F(4, 232) = .54, p = .71, \eta_p^2 = .01$.

הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית בערוץ המרחבי של זיכרון העבודה

נמצא כי לא קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות האטיולוגיה, $F(1, 117) = .08, p = .78, \eta_p^2 = .00$, כאשר הישגיהם של קבוצת המ"ש לא"ס אינם שונים במובהק מהישגיהם של קבוצת הת"ד. כמו כן, נמצא כי לא קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות הגיל, $F(2, 117) = 1.89, p = .16, \eta_p^2 = .03$, כאשר הישגיהם של שלושת קבוצות הגיל אינם שונים במובהק זה מזה. לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק לרמת העומס הקוגניטיבית, $F(2, 116) = 13.44, p < .001, \eta_p^2 = .19$. בבדיקת המשך מסוג Bonferroni עולה כי הישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת על זיכרון העבודה נמוכים במובהק מהישגיהם ברמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה והבינונית ($ps < .001$). לא נמצאו הבדלים בהישגיהם של הנבדקים בין רמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה לבין רמת העומס הקוגניטיבית הבינונית על זיכרון העבודה ($p = .99$).

בבדיקת האינטראקציות הזוגיות נמצא כי לא קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות האטיולוגיה X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(2, 116) = .44, p = .65, \eta_p^2 = .01$, של קבוצות הגיל X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(4, 232) = 2.17, p = .07, \eta_p^2 = .03$, ושל קבוצות האטיולוגיה X קבוצות הגיל, $F(2, 117) = .83, p = .44, \eta_p^2 = .01$. כמו כן, האינטראקציה המשולשת של קבוצות האטיולוגיה X קבוצות הגיל X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(4, 232) = 1.06, p = .38, \eta_p^2 = .02$, לא נמצאה מובהקת (לוח 4).

לוח 4: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני זיכרון עבודה (%) בערוץ המרחבי על פי קבוצות אטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית ($N = 123$)

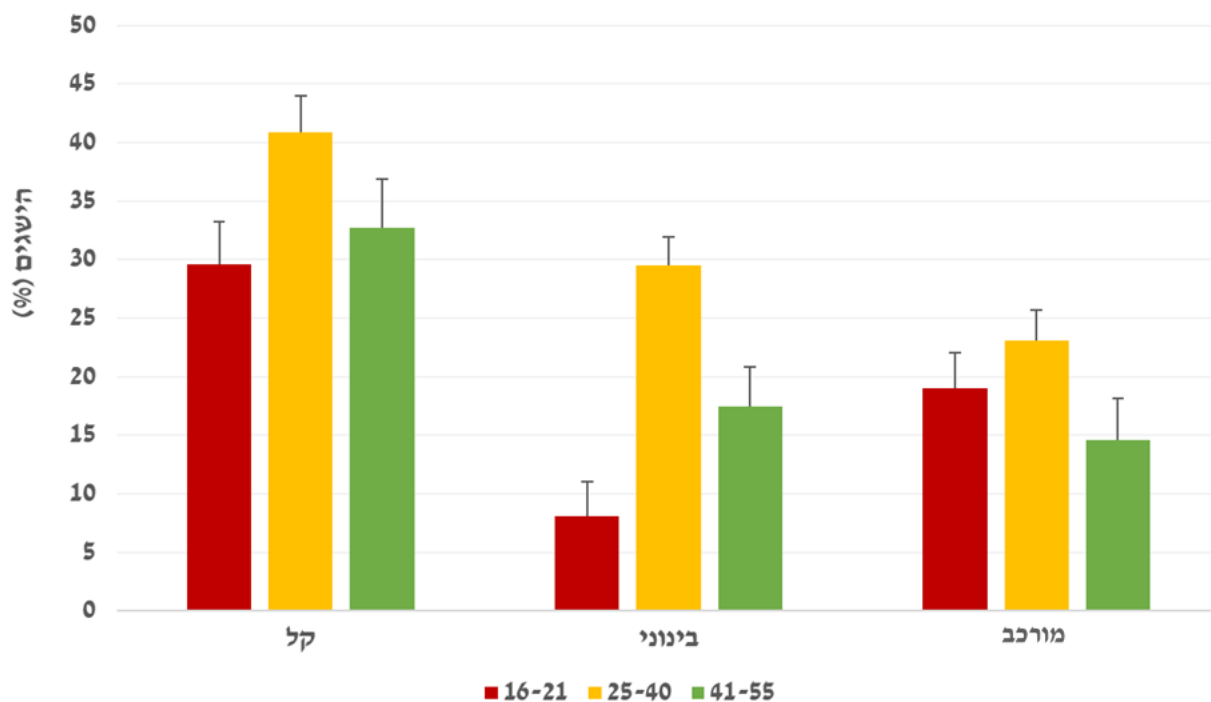
ת"ד ($N = 60$)			לא"ס ($N = 63$)			קבוצות גיל	רמת עומס קוגניטיבית
טווח	SD	M	טווח	SD	M		
16.67-66.67	14.55	28.12	16.67-66.67	16.02	32.22	16-21	קלה (Visual span)
0.00-66.67	19.53	34.00	16.67-66.67	15.08	33.33	25-40	
16.67-66.67	15.61	31.58	16.67-100	18.70	28.47	41-55	
16.67-55.56	10.29	37.15	11.11-72.22	20.24	36.30	16-21	בינונית (Corsi)
0.00-66.67	19.12	36.00	5.56-55.56	15.52	30.68	25-40	
0.00-55.56	16.04	23.98	0.00-83.33	17.96	29.17	41-55	
16.67-66.67	18.23	42.71	16.67-100	26.73	50.00	16-21	מורכבת (Matrix)
16.67-100	20.97	40.00	0.00-66.67	19.77	34.06	25-40	
0.00-100	25.46	33.33	0.00-100	23.47	39.58	41-55	

הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית בערוץ לוח הבקרה המרכזי - פונולוגי

נמצא כי קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות האטיולוגיה, $F(1, 117) = 4.78, p < .05, \eta_p^2 = .04$, כאשר הישגיהם של קבוצת המ"ש לא"ס גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת הת"ד. כמו כן, נמצא כי קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות הגיל, $F(2, 117) = 6.79, p < .01, \eta_p^2 = .10$, post-hoc מסוג Scheffe נמצא כי הישגיהם של קבוצת הבגרות בגילאי 25-40 גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת ההתבגרות בגילאי 16-21 ($p < .01$) ושל קבוצת גיל העמידה בגילאי 41-55 ($p < .05$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין ההישגים של קבוצת ההתבגרות לבין ההישגים של קבוצת גיל העמידה ($p = .74$). לבסוף נמצא גם אפקט עיקרי מובהק לרמת העומס הקוגניטיבית, $F(2, 116) = 58.49, p < .001, \eta_p^2 = .50$. בבדיקת המשך מסוג Bonferroni עולה כי הישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת על זיכרון העבודה נמוכים במובהק מהישגיהם ברמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה ($p < .001$), אך אינה שונה במובהק מהישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית ($p = .99$). כמו כן, הישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית על זיכרון העבודה נמוכים במובהק מהישגיהם ברמת העומס הקוגניטיבית הקלה ($p < .001$). כלומר, הישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית הקלה הינם גבוהים במובהק מההישגים ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית והקשה.

בבדיקת האינטראקציות הזוגיות נמצא כי קיימת אינטראקציה זוגית מובהקת סטטיסטית של קבוצות הגיל X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(4, 232) = 2.83, p < .05, \eta_p^2 = .05$. בבדיקת המשך מסוג Bonferroni לבחינת ההבדלים בין קבוצות הגיל בכל אחת מרמות העומס הקוגניטיביות נמצא דפוס שונה:

- **ברמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה**: נמצא כי הישגיהם של קבוצת הבגרות בגילאי 25-40 גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת גיל ההתבגרות בגילאי 16-21 ($p < .05$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הישגיהם של קבוצת גיל העמידה בגילאי 41-55 לבין ההישגים של קבוצת ההתבגרות ($p = .99$) וקבוצת גיל הבגרות ($p = .17$).
- **ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית**: נמצא כי הישגיהם של קבוצת הבגרות בגילאי 25-40 גבוהים במובהק מהישגיהם של קבוצת גיל ההתבגרות בגילאי 16-21 ($p < .001$) ושל קבוצת גיל העמידה בגילאי 41-55 ($p < .01$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הישגיהם של קבוצת גיל העמידה בגילאי 41-55 לבין ההישגים של קבוצת ההתבגרות ($p = .07$).
- **ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת**: ההבדלים בממוצעים בין שלושת קבוצות הגיל בהישגים במבחנים המערבים רמת עומס קוגניטיבית מורכבת על לוח הבקרה המרכזי – פונולוגי לא נמצאו מובהקים (תרשים 8).



תרשים 8: הישגים במבחני זיכרון העבודה בזיקה לקבוצות גיל ולרמת עומס קוגניטיבית בערוץ לוח הבקרה המרכזי – פונולוגי

לבסוף, לא קיימות אינטראקציות זוגיות של קבוצות האטיולוגיה X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(2, 116) = .14, p = .87, \eta_p^2 = .00$ ושל קבוצות האטיולוגיה X קבוצות הגיל, $F(2, 117) = 1.16, p = .32, \eta_p^2 = .02$. כמו כן, האינטראקציה המשולשת של קבוצות האטיולוגיה X קבוצות הגיל X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(4, 232) = .62, p = .65, \eta_p^2 = .01$, לא נמצאה מובהקת (לוח 5).

לוח 5: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני זכרון עבודה (%) בערוץ לוח הבקרה המרכזי - פונולוגי על פי קבוצות אטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית (N = 123)

ת"ד (N = 60)			לא"ס (N = 63)			קבוצות גיל	רמת עומס קוגניטיבית
טווח	SD	M	טווח	SD	M		
16.67-50.00	11.74	28.12	0.00-66.67	17.67	31.11	16-21	קלה (Selective span task)
0.00-100	24.49	34.67	16.67-83.33	21.11	47.10	25-40	
0.00-83.33	22.40	30.70	0.00-83.33	18.58	34.67	41-55	
0.00-12.50	6.45	6.25	0.00-25.00	7.01	10.00	16-21	בינונית (Backward digit span)
0.00-62.50	21.65	22.50	12.50-75.00	19.55	36.41	25-40	
0.00-62.50	17.36	18.42	0.00-62.50	17.94	16.50	41-55	
0.00-50.00	20.38	13.54	0.00-100	28.78	24.44	16-21	מורכבת (Verbal double task)
0.00-66.67	22.22	18.67	0.00-100	24.42	27.54	25-40	
0.00-83.33	21.21	13.16	0.00-66.67	22.30	16.00	41-55	

הבדלים בהישגים במבחני זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית בערוץ לוח הבקרה המרכזי - חזותי

נמצא כי לא קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות האטיולוגיה, $F(1, 117) = 1.91, p = .17, \eta_p^2 = .02$, כאשר הישגיהם של קבוצת המ"ש לא"ס אינם שונים במובהק מהישגיהם של קבוצת הת"ד. כמו כן, נמצא כי לא קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות הגיל, $F(2, 117) = 1.30, p = .27, \eta_p^2 = .02$, כאשר הישגיהם של שלושת קבוצות הגיל אינם שונים במובהק זה מזה. לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק לרמת העומס הקוגניטיבית, $F(2, 116) = 65.42, p < .001, \eta_p^2 = .53$. בבדיקת המשך מסוג Bonferroni עולה כי הישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת על זיכרון העבודה נמוכים במובהק מהישגיהם ברמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה ($p < .001$), אך אינה שונה במובהק מהישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית ($p = .30$). כמו כן, הישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית על זיכרון העבודה נמוכים במובהק מהישגיהם ברמת העומס הקוגניטיבית הקלה ($p < .001$). כלומר, הישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית הקלה הינם גבוהים במובהק מההישגים ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית והמורכבת.

בבדיקת האינטראקציות נמצא כי לא קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות האטיולוגיה X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(2, 116) = .42, p = .66, \eta_p^2 = .01$, של קבוצות הגיל X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(4, 232) = 1.57, p = .18, \eta_p^2 = .03$, ושל קבוצות האטיולוגיה X קבוצות הגיל, $F(2, 117) = 1.59, p = .21, \eta_p^2 = .03$. כמו כן, האינטראקציה המשולשת של קבוצות האטיולוגיה X קבוצות הגיל X רמת העומס הקוגניטיבית, $F(4, 232) = 2.33, p = .07, \eta_p^2 = .04$, לא נמצאה מובהקת (לוח 6).

לוח 6: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני זיכרון עבודה (%) בערוץ לוח הבקרה המרכזי - חזותי על פי קבוצות אטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית (N = 123)

ת"ד (N = 60)			לא"ס (N = 63)			קבוצות גיל	רמת עומס קוגניטיבית
טווח	SD	M	טווח	SD	M		
16.67-50.00	12.50	36.46	16.67-100	28.03	40.00	16-21	קלה (Starting position selection)
0.00-83.33	21.34	36.00	16.67-50	11.19	29.71	25-40	
0.00-66.67	16.96	26.32	16.67-83.33	17.66	34.72	41-55	
0.00-33.33	11.39	12.50	0.00-33.33	8.61	18.89	16-21	בינונית (Backward spatial span)
0.00-50.00	15.21	16.67	0.00-50.00	11.04	23.91	25-40	
0.00-33.33	11.47	14.04	0.00-66.67	15.91	15.97	41-55	
0.00-100	25.52	16.67	0.00-66.67	24.29	18.89	16-21	מורכבת (Visual spatial double)
0.00-66.67	19.20	15.33	0.00-100	21.24	8.70	25-40	
0.00-50.00	13.43	4.39	0.00-83.33	24.04	18.06	41-55	

לסיכום: בהתייחס להשפעת רמת העומס של המטלה בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה ולאטיולוגיה, נמצא כי השגי האנשים עם מ"ש לא"ס גבוהים מהשגי האנשים עם ת"ד בלולאה הפונולוגית ברמת עומס הקלה והבינונית ובמנגנון הבקרה הפונולוגי ההשגים היו גבוהים בכל הרמות (קלה, בינונית ומורכבת). לעומת זאת, לא נמצאו הבדלים בהשגים בלוח החזותי מרחבי ובמנגנון הבקרה המרחבי. נמצאה השפעה דומה של עומס המטלה על ההשגים ועל מסלול ההתפתחות מההתבגרות העמידה (21-16) לגיל

(55-41) בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד: בלולאה הפונולוגית ובלוח החזותי מרחבי ההשגים ברמת עומס מורכבת היו נמוכים במובהק מההשגים ברמת עומס נמוכה ובינונית. במנגנון הבקרה המרכזי המילולי והמרחבי ההשגים ברמת עומס הנמוכה היו גבוהים במובהק מההשגים ברמות עומס בינונית ומורכבת. נמצאה השפעה של רמת העומס על מסלול התפתחות בלולאה הפונולוגית ובמנגנון הבקרה המרכזי הפונולוגי אך לא נמצאה השפעה זו בלוח החזותי-מרחבי ובמנגנון הבקרה המרכזי המרחבי. בהתייחס למסלול ההתפתחות מגיל ההתבגרות (21-16) לגיל העמידה (55-41) בקרב שתי האטיולוגיות: בערוץ הפונולוגי ובמנגנון הבקרה המילולי חלה עליה בהישגי זיכרון העבודה מההתבגרות (21-16) לבגרות הצעירה (40-25) וירידה מהבגרות הצעירה לגיל העמידה (55-41). בלוח החזותי-מרחבי ובמנגנון הבקרה המרכזי במטלות באופנות חזותית נמצאה ירידה מתונה לא מובהקת סטטיסטית (יציבות יחסית) מגיל ההתבגרות (21-16) לבגרות הצעירה (40-25) וירידה מתונה לא מובהקת סטטיסטית (יציבות יחסית) מהבגרות הצעירה לגיל העמידה (55-41).

חלק ג': תרומת משתני הרקע האנדוגניים והמשתנים האקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ובפעילויות פנאי) לניבוי הציונים במבחני זיכרון עבודה

בחלק זה נציג את תרומתם של משתני הרקע והמשתנים האקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי) בקרב נבדקי המחקר. נערכו 12 ניתוחי רגרסיה היררכית 4x על כל אחד מ-12 המבחנים שבקדו ז"ע (כמשתנים תלויים). בסדרה הראשונה של הרגרסיות נעשה שימוש במדד האינטליגנציה הכללית של הנבדקים. בסדרה השנייה ושלישית נעשה שימוש בשני מדדים קריסטלים כל אחד בפני עצמו: אוצר מילים וצד שווה. בסדרה הרביעית נלקח המדד הפלואידי, סידור קובית, כמדד לבדיקת היכולת הקוגניטיבית. בצעד הראשון של הרגרסיה הוכנסו משתני הרקע של הנבדקים (השתייכות לקבוצת האטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי של הנבדק ומנת המשכל הכללית) בשיטת ה-Enter שבה כלל המשתנים נכנסים למודל לצורך "ניקוי" השפעתם. בצעד השני הוכנס מדד שאלון ההשתתפות בפעילויות שעות פנאי בשיטת הרגרסיה בצעדים (Step-wise), כאשר רק באם נמצאה תרומה נוספת של מדד זה לניבוי הציונים במבחני זכרון העבודה, הוכנס משתנה זה למודל.

א. ניתוח רגרסיות עם המדד רמת המשכל הכללית כמשתנה הבלתי תלוי לבדיקה הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים

בסדרה זו נציג את תרומתם של משתני הרקע והמשתנים האקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי) בקרב נבדקי המחקר. לצורך בחינת תרומה זו נערכו 12 ניתוחי רגרסיה היררכית כנגד 12 המבחנים אשר הועברו לבחינת יכולת זיכרון עבודה בכל ערוץ ובכל רמת עומס קוגניטיבית. בצעד הראשון של הרגרסיה הוכנסו משתני הרקע של הנבדקים (השתייכות לקבוצת האטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי של הנבדק ומדד אינטליגנציה כללית) בשיטת ה- Enter שבה כלל המשתנים נכנסים למודל לצורך "ניקוי" השפעתם. בצעד השני הוכנס מדד שאלון ההשתתפות בפעילויות שעות פנאי בשיטת הרגרסיה בצעדים (Step-wise), כאשר רק באם נמצאה תרומה נוספת של מדד זה לניבוי הציונים במבחני זכרון העבודה, הוכנס משתנה זה למודל (לוח 7).

לוח 7 : תוצאות רגרסיות היררכיות עבור הציונים במבחני זכרון העבודה על ידי מדדי הרקע (קבוצת אטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי ומנת משכל כללית) והמשתנה האקסוגני - מדד ההשתתפות של הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי

מנובא	בלוק	מנבאים	B	SE. B	B	t	R ²	ΔR^2	F
Forward digit span	1	קבוצת אטיולוגיה	-11.41	2.78	-.38	-4.11***			
		מגדר	-.26	2.90	-.01	-.09			
		גיל כרונולוגי	-.36	.13	-.27	-2.83**			
		IQ	1.18	.22	.48	5.26***	.431***	.431***	13.64***
Forward word span	1	קבוצת אטיולוגיה	-5.00	2.46	-.20	-2.03*			
		מגדר	.53	2.56	.02	.21			

							גיל כרונולוגי		
11.25***	.385***	.385***	5.99***	.57	.20	1.19	IQ		
							קבוצת אטיולוגיה	1	Non word recall
							מגדר		
							גיל כרונולוגי		
6.87***	.276***	.276***	3.93***	.41	.21	.85	IQ		
							קבוצת אטיולוגיה	1	Visual span task
							מגדר		
							גיל כרונולוגי		
4.65**	.208**	.208**	3.33***	.36	.28	.94	IQ		
							קבוצת אטיולוגיה	1	Corsi block
							מגדר		
							גיל כרונולוגי		
4.95***	.216***	.216***	3.94***	.42	.32	1.25	IQ		
							קבוצת אטיולוגיה	1	Matrix
							מגדר		
							גיל כרונולוגי		
3.39*	.160*	.160*	3.59***	.40	.42	1.51	IQ		

			-2.07*	-.21	4.33	-8.98	קבוצת אטיולוגיה	1	Selective span task
			-.33	-.03	4.51	-1.50	מגדר		
			-.95	-.10	.20	-.19	גיל כרונולוגי		
7.41***	.292***	.292***	4.72***	.48	.35	1.64	IQ		
			-1.72	-.17	3.79	-6.52	קבוצת אטיולוגיה	1	Backward digit span
			.00	.00	3.96	.00	מגדר		
			-2.45*	-.25	.17	-.43	גיל כרונולוגי		
9.90***	.355***	.355***	5.30***	.52	.30	1.62	IQ		
			-1.76	-.17	3.65	-6.42	קבוצת אטיולוגיה	2	
			-.31	-.03	3.83	-1.21	מגדר		
			-2.23*	-.22	.17	-.37	גיל כרונולוגי		
			4.01***	.41	.32	1.28	IQ		
9.97***	.058**	.412***	2.64**	.27	.22	.58	פעילויות פנאי		
			-1.39	-.15	4.93	-6.87	קבוצת אטיולוגיה	1	Verbal double task
			.10	.01	5.14	.53	מגדר		
			-1.27	-.14	.23	-.29	גיל כרונולוגי		
6.61***	.269***	.269***	4.56***	.47	.40	1.81	IQ		
			.03	.00	4.30	.12	קבוצת אטיולוגיה	1	Starting position

							selection	
			-0.73	-0.09	4.54	-3.34	מגדר	
			-0.10	-0.01	.20	-.02	גיל כרונולוגי	
2.01	.102	.102	2.80**	.32	.34	.97	IQ	
			-1.15	-0.12	2.94	-3.39	קבוצת אטיולוגיה	1 Backward spatial span
			-.17	-.02	3.06	-.54	מגדר	
			-.28	-.03	.13	-.04	גיל כרונולוגי	
7.30***	.289***	.289***	5.06***	.52	.24	1.19	IQ	
			-.68	-.08	5.21	-3.54	קבוצת אטיולוגיה	1 Visio spatial double task
			-.42	-.05	5.50	-2.32	מגדר	
			.73	.09	.24	.18	גיל כרונולוגי	
.87	.047	.047	1.44	.17	.42	.60	IQ	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

מהתבוננות בלוח 7 ניתן לראות כי קיימת תרומה מובהקת למדד השתתפות הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי מעבר למדדי הרקע לניבוי הציון רק במבחן אחד: Backward digit span. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהאדם משתתף ביותר פעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי, כך ציוניו במבחן זה גבוהים יותר.

באשר למשתנה קבוצות האטיולוגיה, נמצאה תרומה מובהקת של משתנה ההשתייכות לקבוצת אטיולוגיה לניבוי הציונים בשלושת המבחנים Forward digit span, Forward word span ובמבחן Selective span task מקדמי ה- β השליליים מראים כי הישגיהם של נבדקים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית במבחנים אלו גבוהים מהישגיהם של הנבדקים עם ת"ד.

באשר למשתנה גיל כרונולוגי, נמצאה תרומה מובהקת של משתנה הגיל הכרונולוגי לניבוי הציונים בשלושת המבחנים Forward digit span, Non word recall ובמבחן Backward digit span. מקדמי ה- β השליליים מראים כי ככל שהגיל הכרונולוגי של הנבדק גבוה יותר, כך הישגיו במבחנים אלו נמוכים יותר.

באשר למשתנה מנת המשכל, נמצאה תרומה מובהקת של משתנה מנת המשכל (IQ) לניבוי הציונים בכל המבחנים למעט מבחן Visio spatial double task. מקדמי ה- β החיוביים מראים כי ככל שהאדם עם מנת משכל גבוהה יותר, כך ציוניו במבחני זיכרון עבודה גבוהים יותר.

ב. ניתוח רגרסיות עם המדד מבחן אוצר מילים כמשתנה הבלתי תלוי לבדיקה הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים

בסדרה זו נציג את תרומתם של משתני הרקע והמשתנים האקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי) בקרב נבדקי המחקר. לצורך בחינת תרומה זו נערכו 12 ניתוחי רגרסיה היררכית כנגד 12 המבחנים אשר הועברו לבחינת יכולת זיכרון עבודה בכל ערוץ ובכל רמת עומס קוגניטיבית. בצעד הראשון של הרגרסיה הוכנסו משתני הרקע של הנבדקים (השתייכות לקבוצת האטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי של הנבדק וההישגים במבחן אוצר מילים) בשיטת ה-Enter שבה כלל המשתנים נכנסים למודל לצורך "ניקוי" השפעתם. בצעד השני הוכנס מדד שאלון ההשתתפות בפעילויות שעות פנאי בשיטת הרגרסיה בצעדים (Step-wise), כאשר רק באם נמצאה תרומה נוספת של מדד זה לניבוי הציונים במבחני זכרון העבודה, הוכנס משתנה זה למודל (לוח 8).

לוח 8 : תוצאות רגרסיות היררכיות עבור הציונים במבחני זכרון העבודה על ידי מדדי הרקע (קבוצת אטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי וההישגים במבחן אוצר מילים) והמשתנה האקסוגני - מדד ההשתתפות של הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי

מנובא	בלוק	מנבאים	B	SE. B	β	t	R^2	ΔR^2	F
Forward digit span	1	קבוצת אטיולוגיה	-9.37	3.00	-.31	-3.12**			
		מגדר	-1.11	3.11	-.04	-.36			
		גיל כרונולוגי	-.36	.13	-.27	-2.70**			
		אוצר מילים	1.64	.37	.44	4.39***	.379***	.379***	10.98***
Forward word span	1	קבוצת אטיולוגיה	-3.28	2.77	-.13	-1.18			
		מגדר	.09	2.87	.00	.03			
		גיל כרונולוגי	-.07	.12	-.06	-.61			
		אוצר מילים	1.50	.34	.47	4.34***	.269***	.269***	6.62***
Non word recall	1	קבוצת אטיולוגיה	.77	2.63	.03	.29			
		מגדר	1.47	2.72	.06	.54			
		גיל כרונולוגי	-.32	.12	-.28	-2.75**			
		אוצר מילים	1.62	.33	.51	4.94***	.343***	.343***	9.40***
Visual span task	1	קבוצת אטיולוגיה	1.42	3.86	.04	.37			
		מגדר	7.47	4.04	.22	1.85			
		גיל כרונולוגי	-.20	.17	-.13	-1.13			

							אוצר מילים		
2.35	.117	.117	1.63	.20	.48	.78			
							קבוצת אטיולוגיה	2	
			.47	.05	3.69	1.74			
			1.32	.15	3.94	5.21	מגדר		
			-.72	-.08	.17	-.12	גיל כרונולוגי		
			1.62	.19	.46	.74	אוצר מילים		
3.62**	.088**	.205**	2.79**	.31	.20	.56	פעילויות פנאי		
							קבוצת אטיולוגיה	1	Corsi block
			.34	.04	4.42	1.50			
			.43	.05	4.57	1.95	מגדר		
			-1.61	-.19	.20	-.32	גיל כרונולוגי		
1.38	.071	.071	1.39	.17	.55	.77	אוצר מילים		
							קבוצת אטיולוגיה	1	Matrix
			-.32	-.04	5.88	-1.87			
			.43	.05	6.14	2.64	מגדר		
			-.35	-.04	.26	-.09	גיל כרונולוגי		
.19	.011	.011	.46	.06	.73	.34	אוצר מילים		
							קבוצת אטיולוגיה	1	Selective span task
			-1.58	-.18	4.91	-7.74			
			-.15	-.02	5.08	-.74	מגדר		
			-.98	-.11	.22	-.21	גיל כרונולוגי		
3.15*	.149*	.149*	2.54*	.30	.61	1.55	אוצר מילים		

				-1.54	-.17	4.63	-7.12	קבוצת אטיולוגיה	2		
				-.73	-.08	4.87	-3.54	מגדר			
				-.59	-.06	.21	-.12	גיל כרונולוגי			
				2.60*	.29	.58	1.50	אוצר מילים			
4.80***	.104**	.253***	3.14**	.33	.25	.78		פעילויות פנאי			
				-.98	-.11	4.18	-4.10	קבוצת אטיולוגיה	1	Backward digit span	
				-.16	-.02	4.33	-.70	מגדר			
				2.33*	-.25	.19	-.43	גיל כרונולוגי			
6.51***	.266***	.266***	3.99***	.44	.52	2.08		אוצר מילים			
				-.91	-.09	3.71	-3.38	קבוצת אטיולוגיה	2		
				-1.01	-.10	3.90	-3.95	מגדר			
				-1.96	-.18	.17	-.33	גיל כרונולוגי			
				4.37***	.42	.46	2.02	אוצר מילים			
10.81***	.167***	.432***	4.57***	.42	.20	.90		פעילויות פנאי			
				-1.03	-.12	5.58	-5.73	קבוצת אטיולוגיה	1	Verbal double task	
				.28	.03	5.78	1.62	מגדר			
				-1.29	-.15	.25	-.32	גיל כרונולוגי			
2.82*	.123*	.123*	2.31*	.28	.70	1.61		אוצר מילים			

			.23	.03	4.59	1.06	קבוצת אטיולוגיה	1 Starting	position selection
			-.64	-.08	4.80	-3.09	מגדר		
			-.16	-.02	.20	-.03	גיל כרונולוגי		
.82	.044	.044	1.75	.22	.57	1.00	אוצר מילים		
			-.55	-.06	3.25	-1.78	קבוצת אטיולוגיה	1 Backward spatial span	
			-.25	-.03	3.37	-.83	מגדר		
			-.31	-.03	.14	-.04	גיל כרונולוגי		
3.98**	.181**	.181**	3.58***	.41	.41	1.45	אוצר מילים		
			-.62	-.08	5.45	-3.37	קבוצת אטיולוגיה	1 Visio spatial double task	
			-.29	-.04	5.69	-1.68	מגדר		
			.66	.08	.24	.16	גיל כרונולוגי		
.44	.024	.024	.65	.08	.68	.44	אוצר מילים		

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

מהתבוננות בלוח 8 ניתן לראות כי שכאשר מכניסים את מדד אוצר מילים קיימת תרומה מובהקת למדד השתתפות הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי מעבר למדדי הרקע לניבוי הציונים בשלושת המבחנים: Visual span task, Selective span task ובמבחן Backward digit span. מקדמי ה- β החיוביים מראים כי ככל שהאדם משתתף ביותר פעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי, כך ציוניו בשלושת המבחנים גבוהים יותר.

באשר למשתנה קבוצות האטיולוגיה, נמצאה תרומה מובהקת של משתנה ההשתייכות לקבוצת אטיולוגיה לניבוי הציונים במבחן Forward digit span. מקדם ה- β השלילי מראה כי הישגיהם של נבדקים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית במבחן זה גבוהים מהישגיהם של הנבדקים עם ת"ד.

באשר למשתנה גיל כרונולוגי, נמצאה תרומה מובהקת של משתנה הגיל הכרונולוגי לניבוי הציונים בשלושת המבחנים Forward digit span, Non word recall ובמבחן Backward digit span. מקדמי ה- β השליליים מראים כי ככל שהגיל הכרונולוגי של הנבדק גבוה יותר, כך הישגיו במבחנים אלו נמוכים יותר.

ג. ניתוח רגרסיות עם המדד מבחן צד שווה כמשתנה הבלתי תלוי לבדיקה הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים

בסדרה זו נציג את תרומתם של משתני הרקע והמשתנים האקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי) בקרב נבדקי המחקר. לצורך בחינת תרומה זו נערכו 12 ניתוחי רגרסיה היררכית כנגד 12 המבחנים אשר הועברו לבחינת יכולת זיכרון עבודה בכל ערוץ ובכל רמת עומס קוגניטיבית. בצעד הראשון של הרגרסיה הוכנסו משתני הרקע של הנבדקים (השתייכות לקבוצת האטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי של הנבדק וההישגים במבחן צד שווה) בשיטת ה-Enter שבה כלל המשתנים נכנסים למודל לצורך "ניקוי" השפעתם. בצעד השני הוכנס מדד שאלון ההשתתפות בפעילויות שעות פנאי בשיטת הרגרסיה בצעדים (Step-wise), כאשר רק באם נמצאה תרומה נוספת של מדד זה לניבוי הציונים במבחני זכרון העבודה, הוכנס משתנה זה למודל (לוח 9).

לוח 9: תוצאות רגרסיות היררכיות עבור הציונים במבחני זכרון העבודה על ידי מדדי הרקע (קבוצת אטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי וההישגים במבחן צד שווה) והמשתנה האקסוגני - מדד ההשתתפות של הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי

מנובא	בלוק	מנבאים	B	SE. B	β	t	R ²	ΔR^2	F
Forward digit span	1	קבוצת אטיולוגיה	-11.59	2.80	-.39	-4.13***			
		מגדר	-1.27	2.98	-.04	-.42			
		גיל כרונולוגי	-.17	.14	-.12	-1.23			
		צד שווה	1.66	.33	.50	5.07***	.420***	.420***	13.02***
Forward word span	1	קבוצת אטיולוגיה	-5.13	2.45	-.20	-2.10*			
		מגדר	-.65	2.60	-.02	-.25			
		גיל כרונולוגי	.13	.12	.11	1.11			
		צד שווה	1.74	.29	.61	6.08***	.390***	.390***	11.53***
Non word recall	1	קבוצת אטיולוגיה	-1.74	2.66	-.07	-.65			
		מגדר	2.34	2.83	.09	.83			
		גיל כרונולוגי	-.19	.13	-.17	-1.47			
		צד שווה	1.25	.31	.44	4.03***	.283***	.283***	7.10***
Visual span task	1	קבוצת אטיולוגיה	.62	3.63	.02	.17			
		מגדר	6.60	3.90	.20	1.69			
		גיל כרונולוגי	-.06	.18	-.04	-.33			

3.47*	.164*	.164*	2.60*	.31	.42	1.10	צד שווה	2	
			.19	.02	3.55	.68	קבוצת אטיולוגיה		
			1.44	.17	3.85	5.55	מגדר		
			-.26	-.03	.17	-.04	גיל כרונולוגי		
			1.80	.22	.44	.79	צד שווה		
3.77**	.049*	.212**	2.08*	.24	.21	.44	פעילויות פנאי	1	Corsi block
			.10	.01	4.27	.42	קבוצת אטיולוגיה		
			.44	.05	4.54	2.02	מגדר		
			-1.12	-.14	.21	-.23	גיל כרונולוגי		
1.42	.073	.073	1.44	.18	.50	.72	צד שווה		
			-.38	-.05	5.66	-2.16	קבוצת אטיולוגיה	1	Matrix
			.35	.05	6.08	2.11	מגדר		
			-.08	-.01	.28	-.02	גיל כרונולוגי		
.31	.017	.017	.81	.10	.66	.54	צד שווה		
			-2.10*	-.23	4.67	-9.79	קבוצת אטיולוגיה	1	Selective span task
			-.22	-.02	4.96	-1.09	מגדר		
			-.10	-.01	.23	-.02	גיל כרונולוגי		
3.85**	.176**	.176**	3.01**	.35	.54	1.64	צד שווה		

							קבוצת אטיולוגיה	1 Starting	position selection
							מגדר		
							גיל כרונולוגי		
.07	.004	.004	.31	.04	.53	.16	צד שווה		
							קבוצת אטיולוגיה	1 Backward spatial span	
							מגדר		
							גיל כרונולוגי		
5.19***	.224***	.224***	4.18***	.48	.36	1.50	צד שווה		
							קבוצת אטיולוגיה	1 Visio spatial double task	
							מגדר		
							גיל כרונולוגי		
13.02***	.420***	.420***	5.07***	.50	.33	1.66	צד שווה		

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

מהתבוננות בלוח 9 ניתן לראות כי כאשר מכניסים את מדד ההישגים במבחן צד שווה קיימת תרומה מובהקת למדד השתתפות הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי מעבר למדדי הרקע לניבוי הציונים בשלושת המבחנים: Visual span task, Selective span task ובמבחן Backward digit span. מקדמי ה- β החיוביים מראים כי ככל שהאדם משתתף ביותר פעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי, כך ציוניו בשלושת המבחנים גבוהים יותר.

באשר למשתנה קבוצות האטיולוגיה, נמצאה תרומה מובהקת של משתנה ההשתייכות לקבוצת אטיולוגיה לניבוי הציונים בארבעת המבחנים Forward digit span, Forward word span, Selective span task ובמבחן Visio spatial double task. מקדמי ה- β השליליים מראים כי הישגיהם של נבדקים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית במבחנים אלו גבוהים מהישגיהם של הנבדקים עם ת"ד.

באשר למשתנה גיל כרונולוגי, לא נמצאה תרומה מובהקת ב-12 מבחני זכרון העבודה.

ד. ניתוח רגרסיות עם המדד מבחן סידור קוביות כמשתנה הבלתי תלוי לבדיקה הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים

בסדרה זו נציג את תרומתם של משתני הרקע והמשתנים האקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי) בקרב נבדקי המחקר. לצורך בחינת תרומה זו נערכו 12 ניתוחי רגרסיה היררכית כנגד 12 המבחנים אשר הועברו לבחינת יכולת זיכרון עבודה בכל ערוץ ובכל רמת עומס קוגניטיבית. בצעד הראשון של הרגרסיה הוכנסו משתני הרקע של הנבדקים (השתייכות לקבוצת האטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי של הנבדק וההישגים במבחן סידור קוביות) בשיטת ה-Enter שבה כלל המשתנים נכנסים למודל לצורך "ניקוי" השפעתם. בצעד השני הוכנס מדד שאלון ההשתתפות בפעילויות שעות פנאי בשיטת הרגרסיה בצעדים (Step-wise), כאשר רק באם נמצאה תרומה נוספת של מדד זה לניבוי הציונים במבחני זכרון העבודה, הוכנס משתנה זה למודל (לוח 10).

לוח 10: תוצאות רגרסיות היררכיות עבור הציונים במבחני זכרון העבודה על ידי מדדי הרקע (קבוצת אטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי וההישגים במבחן סידור קוביות) והמשתנה האקסוגני - מדד ההשתתפות של הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי

מנובא	בלוק	מנבאים	B	SE. B	β	T	R^2	ΔR^2	F
Forward digit span	1	קבוצת אטיולוגיה	-12.39	3.04	-.41	-4.08***			
		מגדר	2.90	3.10	.09	.94			
		גיל כרונולוגי	-.45	.14	-.33	-3.20**			
		סידור קוביות	.87	.26	.32	3.29**	.316***	.316***	8.30***
Forward word span	1	קבוצת אטיולוגיה	-6.03	2.80	-.24	-2.16*			
		מגדר	3.74	2.85	.14	1.31			
		גיל כרונולוגי	-.15	.13	-.13	-1.20			
		סידור קוביות	.80	.24	.35	3.27**	.197**	.197**	4.42**
Non word recall	1	קבוצת אטיולוגיה	-2.44	2.85	-.09	-.85			
		מגדר	5.53	2.91	.21	1.90			
		גיל כרונולוגי	-.40	.13	-.34	-3.03**			
		סידור קוביות	.50	.25	.22	2.01*	.167**	.167**	3.61**
Visual span task	1	קבוצת אטיולוגיה	.21	3.61	.01	.06			
		מגדר	9.12	3.73	.27	2.45*			
		גיל כרונולוגי	-.24	.17	-.17	-1.46			

3.62**	.169**	.169**	2.70**	.29	.31	.85	סידור קוביות		
			.28	.03	3.57	1.00	קבוצת אטיולוגיה	1	Corsi block
			.93	.09	3.64	3.40	מגדר		
			-2.41*	-.24	.16	-.39	גיל כרונולוגי		
9.65***	.349***	.349***	5.78***	.55	.31	1.79	סידור קוביות		
			-.27	-.03	4.79	-1.28	קבוצת אטיולוגיה	1	Matrix
			.51	.05	4.95	2.55	מגדר		
			-.70	-.07	.22	-.15	גיל כרונולוגי		
7.36***	.293***	.293***	5.35***	.54	.42	2.23	סידור קוביות		
			-2.29*	-.24	4.37	-10.03	קבוצת אטיולוגיה	1	Selective span task
			.62	.06	4.46	2.78	מגדר		
			-1.60	-.17	.20	-.32	גיל כרונולוגי		
6.75***	.273***	.273***	4.45***	.45	.38	1.69	סידור קוביות		
			-1.91	-.20	4.04	-7.74	קבוצת אטיולוגיה	1	Backward digit span
			1.04	.11	4.13	4.29	מגדר		
			-2.96**	-.32	.19	-.55	גיל כרונולוגי		
6.36***	.261***	.261***	3.92**	.40	.35	1.38	סידור קוביות		
			-1.92	-.19	3.85	-7.38	קבוצת אטיולוגיה	2	

				.46	.05	4.01	1.85	מגדר		
				-2.54*	-.26	.18	-.46	גיל כרונולוגי		
				2.57*	.27	.37	.94	סידור קוביות		
7.34***	.080**	.341***	2.93**	.32	.23	.68		פעילויות פנאי		
				-1.63	-.17	4.84	-7.91	1	Verbal double task	
				1.05	.11	4.94	5.18	מגדר		
				-1.97	-.21	.22	-.44	גיל כרונולוגי		
7.30***	.289***	.289***	4.83***	.48	.42	2.04		סידור קוביות		
				-.08	-.01	4.15	-.35	1	Starting	position selection
				-.25	-.03	4.29	-1.08	מגדר		
				-.52	-.06	.19	-.10	גיל כרונולוגי		
3.31*	.157*	.157*	3.61***	.39	.36	1.30		סידור קוביות		
				-1.37	-.15	3.16	-4.34	1	Backward spatial span	
				.83	.09	3.22	2.66	מגדר		
				-.87	-.10	.14	-.13	גיל כרונולוגי		
3.69**	.170**	.170**	3.42***	.37	.27	.94		סידור קוביות		
				-.74	-.09	5.14	-3.83	1	Visio	spatial double task
				-.17	-.02	5.31	-.91	מגדר		

			.53	.06	.24	.12	גיל כרונולוגי
1.23	.065	.065	1.87	.22	.45	.84	סידור קוביות
<i>*p < .05, **p < .01, ***p < .001</i>							

מהתבוננות בלוח 10 ניתן לראות כי שכאשר מכניסים את מדד ההישגים במבחן סידור קוביות בדומה לתואצות כשאר הוכנס מדד ה- אינטליגנציה הכללית קיימת תרומה מובהקת למדד השתתפות הנבדקים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי מעבר למדדי הרקע לניבוי הציון במבחן: Backward digit span. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהאדם משתתף ביותר פעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי, כך ציוניו במבחן זה גבוהים יותר.

באשר למשתנה קבוצות האטיולוגיה, נמצאה תרומה מובהקת של משתנה ההשתייכות לקבוצת אטיולוגיה לניבוי הציונים בשלושת המבחנים Forward digit span, Forward word span ובמבחן Selective span task מקדמי ה- β השליליים מראים כי הישגיהם של נבדקים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית במבחנים אלו גבוהים מהישגיהם של הנבדקים עם ת"ד.

באשר למשתנה גיל כרונולוגי, נמצאה תרומה מובהקת של משתנה הגיל הכרונולוגי לניבוי הציונים בארבעת המבחנים Forward digit span, Non word recall, Corsi block ובמבחן Backward digit span. מקדמי ה- β השליליים מראים כי ככל שהגיל הכרונולוגי של הנבדק גבוה יותר, כך הישגיו במבחנים אלו נמוכים יותר.

דיון

המחקר הנוכחי מתחלק לשניים. מטרת החלק הראשון היתה בדיקת נתיבי ההתפתחות (מסלולים) של זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית (מ"ש לא"ס) ואנשים עם תסמונת דאון (ת"ד) בשלוש תקופות גיל: התבגרות (גילאי 16-21), בגרות צעירה (גילאי 25-40), גיל העמידה (גילאי 41-55). נתיבי ההתפתחות נבדקו לאור שלושה מסלולים אפשריים של התפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz-Vahav, 2015): הנתיב הלקוי (IT – Impaired Trajectory), הנתיב היציב (ST – Stable Trajectory) והנתיב המתמשך (מפצה) (CT – Compensatory Trajectory). שלושת הנתיבים נבדלים מהתפתחות האינטליגנציה של אוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה באחד או ביותר מהמשתנים הבאים: הגיל שבו האינטליגנציה מגיעה לשיא, קצב ההתפתחות, אורך תקופת היציבות, מועד וקצב הירידה.

מטרת החלק השני של המחקר היתה בדיקת תרומתם של גורמים אקסוגניים (Exogenous variable) סביבתיים - השתתפות בפעילות פנאי - על זיכרון העבודה של נבדקי המחקר החל מגיל 20. על פי תיאוריית הפעילות האקטיבית (Cognitive Activity) (Wilson & Bennett, 2003, 2005) בקרב מבוגרים עם מ"ש, השתתפות בפעילות פנאי קוגניטיבית בבגרות מונעת ירידה קוגניטיבית בגיל המבוגר ומפחיתה סיכון להתפתחות מחלת האלצהיימר (Lifshitz-Vahav et al., 2016).

במחקר השתתפו 123 נבדקים עם מוגבלות שכלית קלה ובינונית, מתוכם 63 נבדקים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית (מ"ש לא"ס) ו- 60 עם תסמונת דאון (ת"ד). הקריטריונים להשתתפות במחקר היו: א. אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית עם וללא תסמונת דאון בגיל כרונולוגי: 16-21, 25-40 ו- 41-55; ב. מנת משכל המתאימה לרמת המוגבלות השכלית הקלה והבינונית בטווח של 43-70; ג. ללא ליקוי חושי (עיוורון או חירשות) וללא התנהגות מאתגרת; ד. מצב בריאותי יציב.

זיכרון העבודה נבדק במחקר הנוכחי על פי שני מודלים: מודל שלושת הערוצים של Baddeley (2000) ומודל רמות העומס של המטלה על פי Cornoldi and Becchi (2003). לפיכך במחקר הנוכחי ערכנו בדיקה בשלוש קבוצות גיל, התבגרות (16-21), בגרות צעירה (25-40) וגיל העמידה (41-55) בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה: הערוץ הפונולוגי, הלוח החזותי-מרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי. בנוסף, בכל אחד מהערוצים נבדקה טקסונומיה של שלוש רמות עומס (קלה, בינונית ומורכבת) שגם להם חלק ברמת הביצוע של נבדקים עם מ"ש מעבר לערוץ (Lifshitz, 2009; Lanfranchi, Jerman et al., 2004; Lanfranchi et al., 2016): שלוש רמות בלולאה הפונולוגית, שלוש רמות בלוח החזותי מרחבי ושלוש רמות במנגנון הבקרה המרכזי באופנות פונולוגית ובאופנות מרחבית. רמות אלו נקבעו על פי רמת העיבוד האקטיבי הנדרש על מנת לתפעל מידע המוחזק מעבר לזכירה (forward word) כלומר סוג המידע, המספר והסוגים של מניפולציות נוספות: בחירה ואינהיביציה (selective word recall task), שינוי סדר (backward word recall), טרנספורמציה של מידע ועד שילוב של זיכרון עבודה דואלי, התייחסות סימולטאנית לשני ממדים (verbal double task). על פי ממצאי הסקירה המדעית האינטגרטיבית של 47 מחקרי זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש (קילברג, 2013; Lifshitz, Kilberg et al., 2016) נמצא שתפקוד זיכרון העבודה אינו

אחיד ומצביעה על המעבד, אופנות ועומס המטלה, כמתווכים המשפיעים על תפקוד זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש בעלי האטיולוגיות השונות.

הדיון יתמקד בארבעה נושאים עיקריים ובזיקה לפרק התוצאות: בחלק הראשון נדון בנתיבי ההתפתחות והשינויים בזיכרון העבודה המילולי מההתבגרות (16-21), לבגרות הצעירה (25-40) ומהבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55). בחלק השני נתייחס לנתיבי התפתחות והשינויים בזיכרון העבודה המרחבי מההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40), ומבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55). בחלק השלישי נדון בהבדלים בהתפתחות זיכרון העבודה בזיקה לאטיולוגיה מ"ש לא"ס ות"ד בכל מדדי המחקר. בחלק הרביעי נדון בתרומת משתנים אנדוגניים (גיל כרונולוגי, אטיולוגיה ואינטליגנציה), ומשתנים אקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ובפעילויות פנאי), מגיל 20 ואילך לניבוי הציונים בזיכרון העבודה.

בשל ריבוי הממצאים, נתייחס בדיון למגמות העיקריות בלבד.

חלק א'- זיכרון עבודה מילולי: נתיבי התפתחות מההתבגרות גילאי 16-21 לבגרות הצעירה גילאי 25-40 ומהבגרות הצעירה לגיל העמידה גילאי 41-55

בחלק זה נבדקו ההבדלים בהישגים של מבחני זיכרון העבודה על פי קבוצות האטיולוגיה והגיל בשני ערוצי זיכרון העבודה: מבחנים בלולאה פונולוגית Digit-span forward, Forward word recall, Non word recall ומבחנים מילוליים במנגנון הבקרה המרכזי Selective span task, Backward digit span, Verbal double task. לצורך בדיקת הבדלים אלו נערך מבחן ניתוח שונות תלת כיווני (2x3x3) מסוג ANOVA עם מדידות חוזרות. המשתנים הבלתי תלויים הינם: קבוצות האטיולוגיה וקבוצות הגיל (בין נבדקים) וערוץ זיכרון העבודה (תוך נבדקי). המשתנה התלוי הינו הציונים במבחנים השונים אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי בשני ערוצי זיכרון העבודה. נבנה לצורך ניתוח זה מדד כללי של סכום הנקודות אותן השיג המשתתף בשלושת המבחנים יחד בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה.

ההשערה הייתה כי התפתחות זיכרון העבודה תהיה על פי הנתיב המתמשך (מפצה) Lifshitz-) (Vahav, 2015) ולפיו הציונים בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד יהיו גבוהים יותר בגילאי 25-40 מאשר בגילאי 16-21, וכי הציונים יהיו גבוהים יותר בגיל העמידה (41-55) מאשר בבגרות הצעירה (25-40) מעבר לערוץ ורמת הבקרה. בדיון שלהלן נתייחס לנתיבי התפתחות של זיכרון העבודה תחילה מההתבגרות לבגרות הצעירה ולאחר מכן מהבגרות הצעירה ועד לגיל העמידה.

נתיבי התפתחות הזיכרון מההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-41): השערת המחקר באשר להתפתחות זיכרון העבודה המילולי על פי הנתיב מתמשך (מפצה) מגיל ההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40), אוששה. ששת מדדי מבחני הזיכרון המילולי הצביעו על עליה מההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40) בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד.

כאמור בפרק המבוא, לא נמצאו מחקרים בקרב אנשים עם מ"ש אשר בדקו את התפתחות זיכרון העבודה מההתבגרות עד לבגרות. לעומת זאת, במחקרינו, לראשונה, נבדק מסלול התפתחות זיכרון העבודה המילולי מההתבגרות (16-21) ועד לגיל העמידה (41-55) בשישה סוגים של מבחנים מילוליים,

שלושה מבחנים ברמת עומס נמוכה אשר מייצגים את הלולאה הפונולוגית: זכירת ספרות, זכירת מילים (בעלות הברה אחת, שתיים ושלוש) וזכירת מילות תפל, ושלושה מבחנים ברמת עומס מורכבת אשר מייצגים את מנגנון הבקרה המרכזי: זכירה מילה ראשונה, זכירת ספרות לאחר ושילוב שתי מטלות (זכירת מילה ראשונה מתוך רצף תוך ביצוע מטלה משנית – זיהוי מילה ספציפית (כדור) והקשה על השולחן בזמן הופעתה. בכל המדדים האלו נמצאה עליה מההתבגרות עד לבגרות הצעירה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד, הציונים בבגרות הצעירה (25-40) היו גבוהים מאלו בגיל ההתבגרות (16-21).

מגמה זו של עליה במדדי זיכרון עבודה מילולי מההתבגרות לבגרות הצעירה שנמצאה במחקרנו מקבילה למגמה שנמצאה במחקרם של Chen et al. (2017) בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס, ושל Bustan and Lifshitz (2018) בקרב אנשים עם ת"ד. במחקרים אלו נבדקה ההתפתחות של אינטליגנציה קריסטלית ואינטליגנציה פלואידית. במדדים אשר בדקו אינטליגנציה קריסטלית (מבחן אוצר מילים וצד שווה) (WISC-IV^{HEB}; 2001; וכסלר, 2010) נמצאה עליה מההתבגרות (CA = 16) לבגרות (CA = 40). במחקרנו, אומנם נבדק זיכרון עבודה הקשור יותר לגורם האינטליגנציה הפלואידית, אך מכיוון שמדובר במדדים המילוליים בזיכרון מילולי המדדים הם כפי הנראה מתנהגים בצורה דומה למדדים מילוליים הניכללים בהאינטליגנציה קריסטלית. על פי Brickman and Stern (2009):

"...As noted, semantic memory refers the recall of general or factual knowledge. Older adults commonly complain of subjective semantic memory problems when, for example, they report difficulty recalling the names of common objects or other well learned information. Yet, despite these subjective complaints, semantic memory is among the more stable memory systems across the adult life span. The construct can be operationally defined by requiring subjects to define words or provide the answers to factual questions (e.g., the capital of a certain country), such as on the Vocabulary and Information subtests of the Wechsler Adult Intelligence Scales. Semantic memory is often included as part of the definition of 'crystallized intelligence,' which reflects an accumulation of information acquired over time and that is relatively impermeable to the effects of normal aging or mild brain disease" (p. 175).

מסקנה זו תואמת לממצאי מחקרם של Chen et al. (2017) שבדק את מסלול ההתפתחות של הזיכרון האפיזודי באמצעות מבחן למידה מילולי (Vakil & Rey AVLT – Auditory Verbal Learning Test; Vakil, Blachstein, & Sheinman, 1998; 1993, 1997) בקרב בעלי התפתחות תקינה ואוכלוסייה עם מ"ש לא"ס בגילאי 10-40. במטרה לבדוק מה תרומתם של מדדי האינטליגנציה הקריסטלית והפלואידית להסבר השונות במדדי מבחן Rey – זכירה לטווח ארוך ויכולת הלמידה נערכו ניתוחי רגרסיה היררכית. בקרב נבדקים עם מ"ש שני מדדי האינטליגנציה תרמו בצורה מובהקת להסבר השונות כאשר תרומתו של מדד האינטליגנציה הקריסטלית גדול בהרבה מתרומת מדד האינטליגנציה הפלואידית. לעומת זאת, בקרב בעלי התפתחות תקינה נמצאה תרומה רק למדד האינטליגנציה הפלואידית. כלומר, ממצא זה הפוך למה שנמצא בקרב אנשים עם מ"ש. נראה שבקרב אוכלוסייה עם מ"ש בולטת התרומה של האינטליגנציה הקריסטלית להשגים במדד יכולת הלמידה המילולית והזכירה לטווח ארוך ואילו בקרב

בעלי התפתחות תקינה בולטת התרומה של האינטליגנציה הפלואידית להישגים במדד יכולת הלמידה והלמידה לטווח ארוך. על פי Mogle, Lovett, Stawski, and Sliwinski (2008) נמצא קשר בין הזכירה האפיוזית לאינטליגנציה פלואידית הנובע מכך שהן במטלות זכירה אפיוזית והן במטלות בהן נבדקת האינטליגנציה הפלואידית יש צורך באחזור ובחיפוש יעיל של מידע בזיכרון לטווח ארוך.

McGrew (2005, 2009) הגדיר אינטליגנציה קריסטלית כרוחב ועומק הידע הנרכש בתחומי שפה, ידע ומושגים של תרבות ספציפית של הפרט. אינטליגנציה קריסטלית (Gc-Crystallized intelligence) מתייחסת לידע מילולי ומיומנויות נרכשות והיא מושפעת מחשיפה לתרבות ולמידה. השם קריסטלית, כיוון שהיא מתגבשת במהלך החיים על ידי חינוך, השכלה ואימון (Cattell, 1963). גם Kaufman (1993) ציין גם כן שאינטליגנציה קריסטלית מושפעת מהשכלה פורמאלית. אימון, חשיפה לתרבות (קריאת ספרים, עיתונים) ובכלל השפעת הסביבה ומתנאים סוציו-אקונומיים. אינטליגנציה זו באה לידי ביטוי בחשבון, באוצר מילים, בהבנת הוראות, בידע כללי, בהכרת מושגי תרבות ובהגדרת בעיות (Beauducel, Brocke, & Liepmann, 2001) והיא נבדקת במבחנים המילוליים שבמבחן האינטליגנציה של וכסלר (WAIS-III^{HEB}; וכסלר 2001). מחקרי הדמיה מוחית (Nisbett et al., 2012) אישרו את הקשר בין פעילות קליפת המוח הקדם חזיתי (Prefrontal cortex – PFC) וביצועים של תפקודים ניהוליים, מטלות חשיבה וזיכרון עבודה. באוכלוסייה הכללית הוכח כי הבשלת המוח הכוללת את הקורטקס הפרהפונטלי, מגיעה לשיאה בהתבגרות המאוחרת. פעילות המוח שנבדקה (Hudspeth & Pribram, 1990) במטלות ממבחן פיאז'ה מילדות לבגרות, מספקת תמיכה משמעותית למסקנה כי הבשלת המוח מציגה התפתחות על פי השלבים של Piaget (1970) וכי במקביל להתפתחות הקוגניטיבית של השלב הפורמאלי – הבשלת המוח מגיעה לשיאה בגילאי ההתבגרות המאוחרת (בסביבות גיל 21), ולאחר מכן ניכרת יציבות. כפי הנראה תהליך ההבשלה המוחית בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית הנו איטי מזה של אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ועל כן תפקודי האינטליגנציה שלהם מגיעים לשיאם בגיל מאוחר יותר. יש לנקוט משנה זהירות בהתייחס למסקנה זו ולבצע מחקרי EEG ו-FMRI בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית ות"ד, על מנת לתמוך בהנחה זו.

ממצאי מחקרנו, המצביעים על עליה במדדי זיכרון עבודה מילולי מגיל ההתבגרות לבגרות הצעירה מאוששים את תיאוריית הגיל המפצה (CAT- Compensation Age Theory; ליפשיץ-והב, 2011), לפיה לעיכוב בהתפתחות הקוגניטיבית של אוכלוסייה עם מ"ש לא"ס ות"ד יש פיצוי בשנים מאוחרות יותר כך שתקופת ההתפתחות שלהם ארוכה מזו של אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ויכולה להימשך עד שנות ה-40 או ה-50 לחייהם. יש לציין כי במשמעות המושג 'פיצוי', אין הכוונה כי תפקודי אוכלוסייה עם מ"ש לא"ס ות"ד מגיעים לרמת תפקודי האוכלוסייה הכללית, אלא שהשיא התפקודי שלהם, חל בגיל מאוחר יותר. בסדרת מחקרים מצאה ליפשיץ ושות' (Lifshitz & Tzuriel, 2004; Lifshitz, 1999; Lifshitz & Rand, 2011; Tzuriel & Weiss, 2005; Lifshitz et al., 2011) כי בעקבות התערבויות מפצות (Compensation training) שנועדו לשפר תפקודים ספציפיים בהם חלה ירידה עם העלייה בגיל, חל שיפור גדול יותר בביצועי האינטליגנציה של מבוגרים עם מ"ש ביחס לגילאים הצעירים יותר. בעוד שבמחקרים אלה השיפור חל בעקבות התערבות, הרי שהשיפור אשר נמצא במחקרנו חל מעצם העלייה בגיל, ולא בעקבות התערבות. כלומר, הבשלות, ניסיון החיים, ההנעה ללמידה והמודעות לחשיבות הלמידה מסייעים לאוכלוסייה עם

מ"ש לא"ס ות"ד לפתח את תפקודי האינטליגנציה הקריסטלית והפלואידית בבגרות, וגם תפקודי זיכרון עבודה באופנות מילולית.

כאמור, על פי תיאוריית הגיל המפצה (Lifshitz-Vahav, 2015) כפי הנראה גם אנשים עם מ"ש מפתחים רזרבות קוגניטיביות, אולם יש לבחון את רמת הרזרבות שלהם בהשוואה לאוכלוסיית המוגבלים בשכלם עצמה ולא בהשוואה עם אוכלוסייה הרגילה. כמו כן, גם פעילות שדורשות רמה בסיסית של תהליך מידע (כמו צפייה בטלוויזיה, כתיבה, קריאה, משחקים) יכולות לשמש כגירוי קוגניטיבי המגן מפני ביטוי של ירידה קוגניטיבית בגיל המבוגר (Wilson & Bennett, 2005). בהתאם לכך, יתכן שהעליה בציונים בקרב מבוגרים עם מ"ש, מעידה על כך שהם מפתחים רזרבות קוגניטיביות המהוות 'חוסן קוגניטיבי' מפני ביטוי של ירידה ביכולת הזכירה.

מחקרים נוירו-ביולוגיים שנערכו בקרב מבוגרים עם ת"ד (Head et al., 2007) מציגים הוכחה נוספת לקיום מנגנוני "פיצוי" בגיל המבוגר. במחקרים אלה נמצא כי הגנים בעלי נוכחות היתר בת"ד (DSCAM, MNB/DYRK1A, & RCAN1) יוצרים פרוטאינים קריטיים להתפתחות ולתחזוקת נוירונים וסינפסות. Head et al. (2007) משערים כי גנים אלה, העלולים להוביל להתפתחות ליקויים קוגניטיביים בילדות, עשויים באופן פרדוקסאלי עם העלייה בגיל, להשתתף בתהליך מולקולרי התומך בפיצוי הנוירונים ואף לשמש גורמים מפצים בעצירת הירידה. אוכלוסייה עם ת"ד חשופה למחלת האלצהיימר עקב נוכחותו של הגן β PPA (Amyloid, β , Protein, Precursor) בגן מספר 21, גן האחראי לייצור החומר ההרסני β PPA. ההשערה היא כי מוחם של אנשים עם ת"ד מסוגל תגובה מפצה המאפשרת לנוירונים לפעול באופן תקין, למרות המחלה. ממצאים אלו יכולים להסביר את ממצאי מחקרנו, בו חלה עלייה במדדי זיכרון העבודה המילולי הן בערוץ הפנוולוגי והן בתפקודים נהוליים וורבליים מההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40).

מחקרנו מעלה דילמה נוספת הקשורה לאופן הלמידה של אוכלוסייה עם מ"ש: על פי Feuerstein (2003) קיימות שתי צורות למידה: למידה ישירה היוצרת בפרט שינוי קוגניטיבי בעקבות חשיפה ישירה לגירויי הסביבה (Direct exposure to stimuli) ולמידה מתווכת (Mediated learning experience) שבה מבוגר משמעותי מתווך לפרט למידה אשר יוצרת בו שינוי בעקבות ארגון גירויים מהסביבה, כמו גם ארגון של חוויות עבר ועתיד. קיים מיתוס לפיו אוכלוסייה עם מ"ש ות"ד, עשויה להפיק תועלת רק מלמידה מתווכת וכי היא מתקשה להפיק תועלת מחשיפה ישירה לגירויים (Feuerstein & Rand, 1974; Tzuriel, 2013). במחקר שערכו Lifshitz and Katz (2009) נבדקה תפיסת הדת בקרב מתבגרים (CA = 13-21) בהשוואה לזו של מבוגרים (CA = 30-60) עם מ"ש (IQ = 40-69) בהתייחס למרכיבים קוגניטיביים, התנהגותיים ורגשיים. נמצא שהמתבגרים קיימו יותר מצוות מאשר המבוגרים אולם המבוגרים הציגו מניעים בוגרים יותר לקיום המצוות ורמה גבוהה יותר בהבנת מושגים קוגניטיביים מאשר מתבגרים.

כאמור, השיפור עם העלייה בגיל, שנמצא במחקרנו ובמחקרן של Chen et al. (2017) בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ושל Bustan and Lifshitz (2018) בקרב אנשים עם ת"ד, חל כתוצאה מלמידה מניסיון ולמידה אקראית ולא בעקבות התערבות. ממצאינו מראים כי גם אוכלוסייה עם מ"ש לא"ס ות"ד עשויה להפיק תועלת מלמידה ישירה המתרחשת כתוצאה מחשיפה בלתי אמצעית לגירויי הסביבה כאשר

לבשלות, לבגרות, לניסיון החיים ולהנעה ללמידה, יש משמעות רבה בשיפור התפקוד, במיוחד בתקופת הבגרות.

התפתחות זיכרון העבודה המילולי מהבגרות הצעירה (25-40) לגיל העמידה (41-55): השערת המחקר באשר להתפתחות זיכרון העבודה המילולי מהבגרות הצעירה (25-40) לגיל העמידה (41-55) לא אוששה. ששת ממדי מבחני הזיכרון המילולי הצביעו על ירידה מהבגרות הצעירה לגיל העמידה. לשם הדגמה נציג כמה דוגמאות בבגרות הצעירה (גילאי 25-40):

במטלה Digit span forward, זכירת ספרות מילולי קדימה, על הנבדק היה לחזור על רצף מספרים שהקריא הבוחן ובמטלת Digit span backward זכירת ספרות לאחור, היה עליו לחזור על סדרת המספרים בסדר הפוך מסדר ההקראה.

במבחן זכירת ספרות מילולי קדימה, טווח התשובות המקסימלי בבגרות הצעירה היה פריט מספר 6 (מתוך 8), עם זאת רוב הנבדקים הצליחו לבצע בהצלחה עד פריט, 3 זכירת של 4 ספרות ברצף (כדוגמת: 9-3-4-6).

במבחן זכירת ספרות מילולי אחורה, הפריט הגבוה ביותר שבוצע בהצלחה היה פריט 4 (מתוך 7) הכולל רשימת 5 ספרות ברצף. כאן עליה היה על הנבדקים לחזור בסדר הפוך מסדר ההקראה. רק חלק מהנבדקים הצליחו לבצע את הפריט הראשון, הכולל זכירת של 2 ספרות ברצף הפוך (כדוגמת: 5-7 - 7-5) ונבדקים בודדים הצליחו לבצע את פריט מספר 2.

במטלה Forward word span זיכרון מילים מוכרות בעלות הברה אחת עד 3 הברות, על הנבדק לחזור על רצף מילים שהקריא הבוחן. טווח התשובות המקסימלי היה פריט מספר 4 (מתוך 6), אך רב הנבדקים הצליחו לבצע בהצלחה עד פריט מספר 2, זכירת שלוש מילים (כדוגמת: מפית, רגל, ארון; מחשב, בובה, אמא).

במטלה Non word recall זכירת מילות תפל, על הנבדק לחזור על רצף של מילות תפל באותו סדר שהקריא הבוחן. טווח התשובות המקסימלי היה זכירת 3 מילות תפל פריט מספר 4 (מתוך 6). אך רב הנבדקים הצליחו לבצע פריט מספר 1, זכירת 2 מילות תפל ברצף (כדוגמת: אק, סול; תול, יצג).

במטלה Verbal double task על הנבדק לזכור רצף מילים תוך ביצוע מטלה משנית, נקשה על השולחן בכל פעם שנשמעת המילה "כדור". טווח התשובות המקסימלי היה זכירת 6 מילים תוך ביצוע מטלה משנית על ידי נבדק אחד, אם זאת, רב הנבדקים הצליחו לבצע עד פריט 1 (זיכרון שתי מילים כדוגמת: עציץ, כדור; שדה, ואף חלקם לא הצליחו לבצע אף פריט זה).

להלן נתייחס למחקרים שבדקו נתיבי התפתחות של זיכרון עבודה של מבוגרים עם התפתחות תקינה ולאחר מכן למחקרים בקרב מבוגרים עם מ"ש:

במחקרים שבדקו נתיבי התפתחות של זיכרון עבודה באוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה נמצא שבמהלך הבגרות חלה **ירידה הדוגתית** ביכולת זיכרון העבודה המילולי. עם זאת נמצאו ממצאים שונים לגבי הגיל בו חלה הירידה המשמעותית ובמידת השפעת רמת העומס של המטלה על קצב הירידה. בחלק

מהמחקרים (Johnson et al., 2010; Lee et al., 2008; Myerson et al., 2003) נמצאה עליה בזיכרון העבודה המילולי עד אמצע וסוף העשור הרביעי ובחלק מהמחקרים (Hale et al., 2011; Monaco et al., 2013; Park et al., 2002) נמצאה ירידה החל מגיל 20. השונות בתוצאות נובעות משוני ממדדי ותחומי הבדיקה. להלן נציג מספר מחקרים.

Lee et al. (2008) בדקו במחקר רחב את מסלולי ההתפתחות האינטליגנציה וזיכרון העבודה בקרב בעלי התפתחות תקינה בגילאי 16-89 (474 גברים ו-631 נשים). תפקוד זיכרון העבודה המילולי נבדק בשלושה מבחנים מתוך מבחן WAIS-III Canadian normative data (Wechsler, 2001): Digit span (זיכרון רצף מספרים), Letter-number sequencing (זיכרון רצף של אותיות ומספרים מוצגים לנבדק באופן מילולי והוא מתבקש לחזור עליו בסדר אלפביתי ובסדר מספרי), ותת מבחן Arithmetic (נשאלות שאלות חשבוניות המוצגות באופן מילולי). נמצא בתפקוד זיכרון העבודה המילולי על פי תת מבחן Digit span הציון המקסימלי התקבל בגיל 16 ומאז חלה ירידה לאורך החיים, בתת מבחן Letter-Number Sequencing Scale הציון המקסימלי התקבל בגיל 31 ובתת המבחן Arithmetic הציון המקסימלי התקבל בגיל 41. ממצאים אלו מצביעים על התפתחות דיפרנציאלית במטלות הדורשות רמת עיבוד גבוהה יותר. על פי Lee et al. (2008) הציונים עלו במטלות הדורשות רמת עיבוד גבוהה (המייצגות את מנגנון הבקרה המרכזי) הנתרמות עם הגיל לאור חשיפה ולמידה. כמו כן, ממצאי המחקר של Lee et al. הראו שממדי האינטליגנציה הקריסטאלית כפי שנבדקו על ידי מדדי סולמות של הבנה מילולית, הגיל המקסימלי של ההתפתחות בתחומים אלו הוא בגילאי ה-30 המאוחרות.

במחקר רחב בדק Hale et al. (2011) את השפעת הגיל על תפקוד זיכרון העבודה המילולי והחזותי-מרחבי בקרב מבוגרים בעלי התפתחות תקינה בגילאי 20-89 בחמש קבוצות גיל -20-31, 32-46, 47-61, 62-76, 77-89 ($N = 388$). זיכרון העבודה המילולי נבדק במטלות בעלות רמת עומס קלה (Digit Span, Letter Span, Word Span) וברמת עומס מורכבת (Reading span, Counting span, Operation span), הגירוי המילולי הוצג חזותי. נמצאה דעיכה בתפקוד זיכרון העבודה כפונקציה של גיל החל מגיל 20, לא נמצאו הבדלים בקצב הירידה במדדים במטלות ברמת עומס קלה ורמת עומס מורכבת.

Johnson et al. (2010) בדקו האם קיימים הבדלים בהתפתחו זיכרון עבודה מילולי והחזותי-מרחבי באוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה ($CA = 18-90$, $N = 95,000$). זיכרון העבודה המילולי (זיכרון מילולי לטווח קצר) בלולאה הפונולוגית נבדק ע"י זכירת ספרות שהוצגו חזותית (Digit span) וזיכרון עבודה מילולי (זיכרון מילולי מורכב) במנגנון הבקרה המרכזי נבדק ע"י שיפוט האם המשפט שהוצג נכון וזכירה המילה האחרונה שלו (Working Memory Span – Baddeley et al., 1985; Duff & Logie, 2001). בזיכרון המילולי בלולאה הפונולוגית נמצאה עליה עד אמצע שנות ה-40 ואילו, בזיכרון עבודה מילולי במנגנון הבקרה המרכזי חלה ירידה משמעותית רק מגיל 50.

במחקר אחר (Myerson et al., 2003) נבדקה השפעת הגיל על הזיכרון בקרב בעלי התפתחות תקינה ($CA = 20-89$, $N = 1050$) בביצוע במטלות זכירת ספרות קדימה ואחורה ובמטלה Letter-sequencing (WMS-III; Wechsler, 1997b). נמצאה ירידה בביצוע המטלות מגיל 50 ללא הבדל בשיעור הירידה בין זכירה לקדימה ואחורה (השפעה ליניארית), במטלה Letter-sequencing רמת עומס מורכבת יותר, הירידה

עם הגיל הייתה חדה יותר (השפעה curvilinear). יחד, הממצאים הנוכחיים מצביעים על כך שלפחות שני מנגנונים מעורבים בהבדלים הקשורים להשפעת הגיל על טווח הזיכרון. מנגנון אחד, הקשור לירידה לינארית יחסית בתוחלת הזיכרון כפונקציה של גיל, עשוי להשפיע באופן מהותי על האחסון של סוגים שונים של מידע (למשל, רצפים של ספרות לעומת מיקומים מרחביים – נמצאה ירידה חדה יותר בזיכרון המרחבי כפי שנבדק במטלה Spatial span forward and backward נצפתה ירידה מגיל 30). המנגנון האחר, המתבטא במגמה ה-curvilinear של ציוני רצף אותיות, ניתן לייחס לירידה בהיבטים הניהוליים של הזיכרון העבודה, ההולכת ומתגברת עם הגיל. מחברים אחרים פירשו כי מהירות העיבוד עשויה להיות גורם קריטי בירידה הקשורה לגיל במטלה Digit span forward (Salthouse, 1996). אבל, ירידה כללית במהירות העיבוד עם ההזדקנות עשויה להיות קשורה לירידה בשיעור הארטיקולציה (articulation rate) וכפי שצינו Phillips and Hamilton (2001). הקשר הזה עדיין לא נחקר במלואו בקשישים.

במחקר של Monaco et al. (2013) אשר מטרתו הייתה לספק סטנדרטיזציה ונתונים נורמטיביים עבור הגרסאות של Digit span forward and backward ו-Corsi span forward and backward, נאספו נתונים מתפקוד במטלות אלו בקרב 362 אנשים בריאים ממוצא איטלקי בגילאי 20 ועד 90 שנה. הממצאים הראו השפעה גוברת של הגיל על הביצועים בכל המשימות והשפעה של החינוך בכל המשימות למעט Corsi בגרסה לאחור. השפעת הגיל הייתה גדולה יותר על המטלות שדרשו זכירה לאחור לעומת הזכירה לקדימה. אחד ההסברים של Monaco et al. לירידה זו מוסברת על ידי התמעטות בתמיכה של מנגנון הבקרה המרכזי כפי שנצפה באונה הפרונטאלית ובמחלות דגנרטיביות (Serino et al., 2006; Carlesimo et al., 1994).

במחקרים שנערכו באוכלוסייה רגילה (Cabeza, Dolcos, Graham, & Nyberg, 2002; Phillips & Andrés, 2010) נמצא שאצל אנשים מבוגרים בעת ביצוע מטלה קוגניטיבית יש פעילות יתר באונה הפרונטאלית בהשוואה לאנשים בגילאים צעירים יותר. פעילות יתר זו הוסברה כהסתגלות של המוח (ניו-רופלסטיות) להידרדרות שחלה באונה הפרונטאלית, המוח מפצה על הפגיעה על ידי יצירת רשתות פיצוי וארגון מחדש של המבנה והקשרים בקליפת המוח. היכולת לשמר תפקודים קוגניטיביים באמצעות מנגנון זה תלויה ברמת הרזרבות הקוגניטיביות של הפרט (Kim & Kim, 2014) רמת הרזרבות הקוגניטיביות של הפרט מושפעת מגורמים מולדים כמו רמת אינטליגנציה וכן גורמים סביבתיים כמו השכלה, התנסות מקצועית ופעילות מאתגרת בשעות הפנאי (Stern, 2013). על פי תיאורית ההשתנות הקוגניטיבית Structural Cognitive Modifiability Theory (Feurstein, 2013; Feuerstein & Falik, 2010;) גם בקרב אוכלוסייה עם מ"ש, גורמים אחרים הקיימים בשלבים מאוחרים יותר של ההתפתחות, כגון ידע והתנסות מצטברת, מודעות לצרכים, מוטיבציה, שיתוף פעולה באינטראקציה תיווכית, מהווים גורמים מפצים היכולים להפוך את גורם הגיל דווקא למסייע ביכולת ההשתנות. עמדה זו נתמכת ע"י Lufting (1987) שטען שהבשלות ונסיון החיים של מבוגרים עם מ"ש מסייעים להם ללמוד ולרכוש מיומנויות קוגניטיביות חדשות שלא היו קודם ברפרטואר.

ממצאי המחקרים בקרב בעלי התפתחות תקינה עולות מגמות שונות ואף מנוגדות, חלקם כאמור מצביעים על ירידה בזיכרון עבודה מילולי החל מגיל 20, חלקם מצביעים על עלייה עד גיל 50 וחלקם על התפתחות דיפרנציאלית במטלות הדורשות רמת עיבוד גבוהה יותר. גם כאשר נעשה שימוש באותם המטלות נמצאו הבדלים בתוצאות. כל מחקר השתמש במדד אחר או בגרסה אחרת של אותו מדד לבדיקת

זיכרון העבודה, ברובם לא נעשה שימוש בזיכרון למילים ומילות תפל, טווחי הגיל היו שונים ובאף מחקר לא התייחס למסלול התפתחות זיכרון העבודה מההתבגרות עד לגיל העמידה. לפיכך קשה להסיק מסקנות ממחקרים אלו.

במחקרנו, השערת המחקר בדבר מסלול התפתחות זיכרון העבודה מהבגרות הצעירה לגיל העמידה לא אוששה. הציונים בבגרות הצעירה (25-40) היו גבוהים מאשר בגיל העמידה (41-55). מסלול זה תואם להתפתחות זיכרון העבודה במילולי בקרב בעלי התפתחות תקינה לפיו בגיל העמידה חלה ירידה הדרגתית בתפקוד זיכרון העבודה בהשפעת הגיל (Cansino et al., 2013; Monaco et al., 2013). נראה כי בתקופת גיל זו זיכרון העבודה המילולי של אנשים עם מ"ש מתנהג כמו הזכרון באוכלוסייה עם הפתחות תקינה.

לסיכום: כאמור בפרק המבוא, לא נמצאו מחקרים בקרב אוכלוסייה עם מ"ש אשר בדקו את התפתחות זיכרון העבודה מגיל ההתבגרות (16-21) לגיל העמידה (41-55). לעומת זאת, במחקרנו, לראשונה נבדק מסלול התפתחות זיכרון העבודה המילולי מההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40), ומהבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55) בשישה סוגים של מבחנים מילוליים אשר מייצגים את הלולאה הפונולוגית ואת מנגנון הבקרה המרכזי. בכל המדדים נמצאה עליה מגיל ההתבגרות (16-21) לגיל הבגרות הצעירה (25-40) וירידה מהבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55) בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד.

התבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40): הציונים בבגרות הצעירה (25-40) היו גבוהים יותר מאשר בהתבגרות (16-21) מסלול התואם את התפתחות האינטליגנציה הקריסטלית בקרב בעלי התפתחות תקינה ואנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד ותואמים את המסלול "המפצה" באוכלוסייה עם מ"ש.

בגרות צעירה (25-40) לגיל העמידה (41-55): הציונים היו גבוהים יותר בבגרות הצעירה (25-41) מאלו בגיל העמידה (41-55). מסלול זה תואם להתפתחות זיכרון העבודה המילולי בקרב בעלי התפתחות תקינה לפיו בגיל העמידה חלה ירידה הדרגתית בתפקוד בהשפעת הגיל (Cansino et al., 2013; Monaco et al., 2013).

חלק ב' - זיכרון עבודה חזותי-מרחבי: נתיבי התפתחות מההתבגרות גילאי 16-21 לבגרות הצעירה גילאי 25-40, ומהבגרות הצעירה לגיל העמידה גילאי 41-55

בחלק זה נבדקו ההבדלים בהישגים של מבחני זיכרון העבודה החזותי-מרחבי על פי קבוצות האטיולוגיה והגיל בשני ערוצי זיכרון העבודה. שלושה מבחנים ברמת עומס נמוכה אשר ייצגו את הלוח החזותי-מרחבי: Visual span task זכירה חזותית של צורות, Corsi זכירת מיקום מרחבי בשלוש רמות עומס (מטריצה 3x3 ללא מרחק בין הקוביות, מטריצה 4x4 ללא מרחק בין הקוביות ומטריצה 4x4 מרחק בין הקוביות), Matrix זכירה סימולטנית של מיקום קוביות על מטריצה 4x4, ושלושה מבחנים ברמת עומס גבוהה אשר מייצגים את מנגנון הבקרה המרכזי: Starting position selection זכירה מיקום ראשון,

Backward spatial span זכירת מיקום לאחר ו- Visual spatial double task שילוב שתי מטלות (זכירת מיקום ראשון מתוך רצף תוך ביצוע מטלה משנית – זיהוי קוביה אדומה והקשה על השולחן בזמן הופעתה). לצורך בדיקת הבדלים אלו נערך מבחן ניתוח שונות תלת כיווני (2X3X3) מסוג ANOVA עם מדידות חוזרות. המשתנים הבלתי תלויים הינם: קבוצות האטיולוגיה וקבוצות הגיל (בין נבדקים) וערוץ זיכרון העבודה (תוך נבדקי). המשתנה התלוי הינו הציונים במבחנים השונים אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי בשני ערוצי זיכרון העבודה. נבנה לצורך ניתוח זה מדד כללי של סכום הנקודות אותן השיג המשתתף בשלושת המבחנים יחד בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה.

בדומה לזיכרון העבודה המילולי, ההשערה הייתה כי התפתחות זיכרון העבודה החזותי-מרחבי תהיה על פי הנתבי המתמשך (מפצה) (Lifshitz-Vahav, 2015) ולפיו הציונים בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד יהיו גבוהים יותר בבגרות הצעירה גילאי 25-40 מאשר בהתבגרות גילאי 16-21, וכי הציונים יהיו גבוהים יותר בגיל העמידה גילאי 41-55 מאשר בבגרות הצעירה גילאי 25-40, מעבר לערוץ ורמת הבקרה. השערת המחקר הנוכחי באשר להתפתחות זיכרון העבודה החזותי-מרחבי על פי הנתבי המתמשך (מפצה), **לא אוששה**. בניגוד למגמות שנמצאו בהתפתחות זיכרון עבודה מילולי, מדדי זיכרון העבודה המרחבי הצביעו על מגמה שונה ובה נמצאה מגמה של ירידה מתונה שאיננה מובהקת סטטיסטית (סה"כ יציב) מההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40), ומגמה של ירידה מתונה שאיננה מובהקת סטטיסטית (סה"כ יציב) מהבגרות הצעירה (25-40) לגיל העמידה (41-55). עם זאת, הירידה המובהקת באה לידי ביטוי בגיל העמידה שבה הציונים נמצאו נמוכים במובהק מהציונים בגיל ההתבגרות.

השאלה כיצד ניתן להסביר את הירידה המתונה שחלה בזיכרון המרחבי חזותי כבר מההתבגרות לבגרות לעומת הזיכרון הפונולוגי. כדי לענות על שאלה זו יש לבדוק את מהותו של הזיכרון המרחבי.

מהותו של הזיכרון המרחבי מעסיק את הספרות המקצועית החל מסוף שנות ה-70. Hasher and Zacks (1979) טוענים שהזיכרון המרחבי הינו תהליך אוטומטי. הם הציגו שישה קריטריונים לעיבוד אוטומטי, וטוענים שהזיכרון מרחבי אינו מושפע ממתווכים שונים הקשורים למטלה או לנבדקים, כגון: גיל כרונולוגי של הנבדקים ורמת האינטליגנציה וכן ממתווכים הקשורים לדרישות המטלה כגון: התרגול, המשוב, מודעות או כוונה (intention). לעומת זאת, הממצאים של Naveh-Benjamin (1987, 1988) עומדים בסתירה לאלה של Hasher and Zacks ולפיהם, קידוד המידע של מיקום מרחבי מושפע ממתווכים שצוינו לעיל ולכן הזיכרון המרחבי מהווה לדעתם, תהליך הכרוך במאמץ. במחקרים שערכו עולה כי זיכרון מרחבי מושפע מכל אותם גורמים שהוזכרו לעיל. Naveh-Benjamin (1987, 1988) בדק תפקוד הזיכרון המרחבי (במטלה spatial location recall) ב-4 מצבים שונים (להלן מחקרים). במחקר הראשון נבדקה השפעת הגיל והכוונה (intention) על תפקוד זיכרון מרחבי בקרב בעלי התפתחות תקינה (N = 34, CA = 19-32; N = 34, CA = 65+). המטלה הוצגה עם הסבר מקדים מותאם למטלה ועם הסבר אשר לא תרם להבנת מוקדמת של המטלה. נמצא שהתפקוד בקרב הקבוצה הצעירה והקבוצה שקיבלה הסבר מותאם היה טוב יותר מאשר בקרב הקבוצה הבוגרת ובקרב הקבוצה שלא קיבלה הסבר מותאם. נמצאה השפעה מובהקת של הגיל והכוונה על תפקוד הזיכרון המרחבי. המחקר השני, היה ביצוע סימולטאני של שתי המטלות. במחקר הוצג לנבדקים סטודנטים באוניברסיטה (N = 48) מטלת זיכרון מרחבי תוך ביצוע מטלה משנית (מטלת ספירה) בעלת עומס קוגניטיבי שונה. נמצא שככל שרמת העומס הקוגניטיבי של המטלה המשנית הייתה גבוהה

יותר כך הזיכרון של המיקום המרחבי היה נמוך יותר. ניתן להסביר את השפעה של רמת עומס המטלה המשנית על הזיכרון המרחבי כתוצאה של ירידה זמנית ביכולת לבצע קידוד מרחבי או לאסטרטגיות פחות אפקטיביות כאשר קיימות דרישות גבוהות יותר. המחקר שלישי היה בדיקת השפעת התרגול (practice) על הזיכרון העבודה בקרב 21 סטודנטים באוניברסיטה. לסטודנטים הוצגו מטלות של זיכרון מרחבי עם וללא תרגול מוקדם. נמצאה השפעה מובהקת של התרגול על הזיכרון המרחבי. במחקר הרביעי נמצאה השפעה של הבדלים אינדיבידואליים על זיכרון העבודה המרחבי, התפקוד בקרב סטודנטים בעלי כישורים קוגניטיביים יותר גבוהים (התקבלו במחלקות אשר דרישות הקבלה היו גבוהות) היה טוב יותר מאשר בקרב סטודנטים בעלי כישורים קוגניטיביים טובים פחות. כלומר זיכרון העבודה המרחבי מושפע ממאפייני הנבדקים: גיל ואינטליגנציה (תפקוד הזיכרון המרחבי יורד עם העלייה בגיל ועולה עם העלייה ברמת האינטליגנציה) ומושפע מאפייני המטלה: היכרות, מודעות (intention) ועומס הקוגניטיבי של המטלה (התפקוד של הזיכרון המרחבי עולה ככל שעומס המטלה נמוך יותר, ורמת ההיכרות והמודעות גבוהה יותר).

ממצאי מחקרנו מאוששים את ממצאיו של Naveh-Benjamin (1987, 1988) לגבי טיבו של זיכרון העבודה המרחבי באוכלוסייה עם מ"ש. ממצאנו מעלים כי זיכרון העבודה באוכלוסייה זו מושפע מגיל הנבדקים. מתקופת ההתבגרות (16-21) חלה ירידה מתונה לבגרות הצעירה (25-40), וכי חלה ירידה מתונה מהבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55) וירידה מובהקת בין גיל ההתבגרות וגיל העמידה. כמו כן, ממצאי מחקרנו עולה כי בלוח החזותי-מרחבי, התפקוד במטלות ברמת עומס מורכבת היה נמוך במובהק בכל קבוצות הגיל מהתפקוד במטלות ברמה קלה ובינונית, ובמנגנון הבקרה המרכזי באופנות מרחביות, התפקוד במטלה ברמה נמוכה היה גבוה במובהק מהתפקוד במטלות ברמה בינונית וגבוהה.

במחקרים שבדקו נתיבי התפתחות של זיכרון עבודה המרחבי באוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה נמצאו מגמות סותרות. בחלק מהמחקרים מצביעים על יציבות או ירידה החל מגיל 20 (Cowan, 2010;) בחלק מהמחקרים נמצאה ירידה בזיכרון העבודה החזותי-מרחבי החל מהעשור החמישי (Cansino et al., 2013). השונות בתוצאות נובעות משוני ממדדי, תחומי הבדיקה וטווח הגילאים. להלן נציג מספר מחקרים.

Park et al. (2002) בדקו את השינויים בזיכרון העבודה בקרב בעלי התפתחות תקינה בגילאי 20-92. לבדיקת זיכרון העבודה החזותי מרחבי הועברו המטלות Corsi block קדימה ואחורה (WMS-III; Wechsler, 1997b), מטלת זכירה של מיקום של צורות (Line span – Morrell & Park, 1993) וזכירת זווית שבה הוצגו האותיות (Letter rotation – Shah & Miyake, 1996). נמצאה ירידה ליניארית בציונים עם העלייה בגיל החל מגיל 20, הירידה במטלת Corsi block קדימה ואחורה (זיכרון לטווח קצר) הייתה פי שתיים פחות תלולה מאשר בשתי המטלות ברמת עומס קוגניטיבי גבוהה יותר (Line span, Letter rotation).

Myerson et al. (2003) בדקו השפעת הגיל (20-89) בקרב בעלי התפתחות תקינה על ביצוע מטלות זיכרון עבודה חזותי-מרחבי במטלות של זכירת טווח חזותי קדימה ואחורה (WMS-III; Wechsler, 1997b) נמצאה ירידה בציונים במטלות אלו החל מגיל 30. ממצאים אלו תואמים גם את מחקרם של Hester et al. (2004). הם בדקו את השפעת הגיל (CA = 16-89) על ביצוע במטלות בזכירה טווח מילולי וחזותי קדימה

ואחורה (WAIS-III; Wechsler, 1997a; WMS-III; Wechsler, 1997b) נמצאה ירידה ביכולת זכירת טווח חזותי מרחבי מגיל 30. לא נמצא הבדל בין זכירה מרחבית טווח קדימה (38-). לבין טווח זכירת לאחור (40-). מהלך תקופה זו. מחקרים מראים כי בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה חלה עלייה בילדות ובהתבגרות בזיכרון העבודה (Cowan, 2010) בעקבות התפתחות יכולת האחסון ומיומנויות תפקודי המעבד המרכזי, כגון היכולת להתייחס בו-זמנית למספר מקורות מידע והיכולת להשתמש באסטרטגיות ארגון. בבגרות נצפית יציבות או ירידה הדרגתית ברכיב זה עקב ירידה בתפקוד המעבד המרכזי, ובמהירות התיחלוד (Sander et al., 2011).

במחקר אחר, Cansino et al. (2013), בדקו את השפעת הגיל על זיכרון העבודה החזותי-מרחבי בקרב בעלי התפתחות תקינה (CA = 21-80). הועברו מטלות בהן נדרשה מעורבות שונה של מנגנון הבקרה המרכזי (1-Back task and 2-Back task) זכירה האם הדגם המופיע בכרטיסיה הוצג בכרטיסיה הקודמת לה או בכרטיסיה שהוצגה שתי כרטיסיות קודם. נמצא שהירידה ביכולת לבצע את המטלה המורכבת (Back-2) היתה בגיל מוקדם מאשר במטלה הפשוטה (Back-1). במטלה הפשוטה יכולת הזכירה בעשור החמישי ומעלה היתה נמוכה מאשר בעשור השני ואילו במטלה המורכבת מהעשור השלישי חלה ירידה ביכולת הזכירה. כמו כן, Cansino et al. (2013) מצאה הבדל בתפקוד התפתחות זיכרון העבודה המרחבי בקרב נשים וגברים, בקרב נשים הירידה בתפקוד חלה בגיל 31 לעומת הגברים בגיל 41.

Monaco et al. (2013) טוען שמידת הירידה הדיפרנציאלי בזיכרון העבודה בהשפעת הגיל על מטלות בגרסה קדימה ואחורה ב-Digit span ובמטלה Corsi task בממוצע הייתה גבוהה משמעותית במטלת ה-Digit לעומת ה-Corsi (-0.76 ± 1.17 vs. -1.36 ± 1.04). זאת כתוצאה דרך הפעולה של כל אחד ממעבדי זיכרון העבודה באחסון זמני של מידע מילולי ומידע חזותי-מרחבי. בהתאם ל-Baddeley (1986) ו-Baddeley and Wilson (2002) הלולאה הפונולוגית מחזיקה את המידע המילולי על ידי articulatory rehearsal של המידע של הלולאה הפונולוגית. מכניזם זה עובד כאשר נדרשים להחזיק מידע מילולי ולהפיק את המידע באותו סדר שהוצג (Digit forward). לעומת זאת, כאשר נדרשים לעבד את המידע המילולי ולהפיק אותו לאחר הצגתו בסדר הפוך, הביצוע יורד באופן משמעותי. מכניזם בו הלוח החזותי-מרחבי מאחסן את המידע המרחבי לזמן קצר פחות מוכר, אבל יתכן שהוא קשור לתהליכי קשב attentional processes מעבר לערוץ (Awh & Jonides, 2001). אי לכך, קל יותר ללוח החזותי-מרחבי לשחזר מידע מרחבי בסדר הופעה הפוך מזה שהוצג, ולכן פער 'הירידה בין המטלה קדימה ואחורה קטנה יותר במטלה Corsi task. כמו כן, במחקר זה, נמצאה השפעה של מין הנבדקים רק על מטלת Corsi Backward כאשר ביצוע הגברים הייתה גבוהה בהרבה (1.07 ± 4.83) מהביצוע שך הנשים (4.19 ± 1.17).

ממצאי המחקרים שהוצגו עד כה עולות מגמות שונות ואף מנוגדות, חלקם כאמור מצביעים על ירידה או יציבות בזיכרון עבודה המרחבי החל מגיל 20, חלקם מצביעים ירידה החל מהעשור החמישי וחלקם על התפתחות דיפרנציאלית במטלות הדורשות רמת עיבוד גבוהה יותר וגם כאן התוצאות היו שונות. גם כאשר נעשה שימוש באותם המטלות נמצאו הבדלים בתוצאות. אי לכך קשה להסיק מסקנות ממחקרים אלו מן הסיבות הבאות: כל מחקר השתמש במדד אחר או בגרסה אחרת של אותו מדד לבדיקת זיכרון העבודה, טווחי הגיל היו שונים ולא נמצא מחקר שהתייחס למסלול התפתחות זיכרון העבודה מההתבגרות עד לבגרות.

ממצאי מחקרנו, באשר למסלול ההתפתחות של זיכרון העבודה החזותי-מרחבי, אושו חלקית במחקרים קודמים אשר נערכו בקרב אוכלוסייה עם מ"ש, במחקר של Chen et al. (2017) בקרב נבדקים עם מ"ש לא"ס (CA = 10-16,17-21,23-29,31-40, N = 102) וכן במחקר של Bustan and Lifshitz (2018) בקרב נבדקים עם ת"ד (CA = 16-21,30-45,45-50,60-69, N = 80). במחקרים אלו נבדקה ההתפתחות של זיכרון עבודה חזותי-מרחבי במטלה אחת בלבד, זכירת טווח מרחבי קדימה ולאחור (WMS-III; Wechsler, 1997b). מההתבגרות לבגרות, במחקר של Chen et al. (2017) בקרב נבדקים עם מ"ש לא"ס, לא נמצאו הבדלים בגילאי 10-40 ברכיב הלוח החזותי-מרחבי ובמנגנון הבקרה המרכזי באופנות חזותית-מרחבית.

מהבגרות (30-45) לגיל העמידה (46-59), במחקר של Bustan and Lifshitz (2018) בקרב נבדקים עם ת"ד, נמצא כי חלה ירידה מתונה מגיל הבגרות (30-45), ואילו ירידה מובהקת באה לידי ביטוי מגיל העמידה (46-59) ואילך. נמצא כי ציוני קבוצת גיל העמידה (46-59) היו נמוכים מציוני גיל הבגרות (30-45).

ממצאי מחקרנו תואמים לממצאי הסקירה האינטגרטיבית של מחקרי זיכרון עבודה חזותי-מרחבי בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Lifshitz, Kilberg et al., 2016). בסקירה זו נמצא כי זיכרון עבודה חזותי-מרחבי מושפע מגורמים הקשורים למשתני הרקע של הנבדקים גיל, אטיולוגיה ואינטליגנציה, ומגורמים הקשורים למאפייני המטלה: סוג המעבד ודרישות המטלה. תוצאות הסקירה המדעית מצביעות על פער בתפקודי זיכרון עבודה של אנשים עם מ"ש בהשוואה לבעלי תקינה בעלי גיל כרוולוגי זהה. כמו כן, תפקודי זיכרון העבודה נמצאו בקשר הדוק לרמת האינטליגנציה, ונמצאו שמורים חלקית בקרב אנשים עם מוגבלות שכלית גבולית אך לקויים בקרב מוגבלות שכלית קלה (Henry, 2001; Schuchardt et al., 2010; Schuchardt, Mäehler, & Hasselhorn, 2011). עם זאת, ממצאי הסקירה המדעית הראו כי גם כאשר ההתאמה בין נבדקים עם מ"ש ובעלי התפתחות תקינה היתה על בסיס גיל שכלי, זיכרון העבודה המרחבי נמצא שמור ככל שרמת הבקרה היתה נמוכה יותר. מתוצאות הסקירה המדעית עולה כי אנשים עם ת"ד הראו תפקוד שמור במטלות הדורשות עיבוד סדרתי ואילו לקוי במטלות הדורשות עיבוד סימולטני (Lanfranchi, Carretti et al., 2009; Vicari et al., 2006) (בזיכרון הסימולטני יותר מגירוי מרחבי אחד צריך לעבור עיבוד באותו זמן). גם הממצאים במחקרם של Visu-Petra, Benga, Tincas, and Miclea (2007) הראו רמת תפקוד כפונקציה של רמת הבקרה הנדרשת על ידי המטלה. התפקוד נמצא שמור יחסי בזיכרון עבודה מרחבי בילדים עם ת"ד, אך ככל שרמת העומס על הזיכרון עולה במטלות זיהוי וככל שמשלבים דרישות הן בתחום החזותי והן בתחום המרחבי, רמת הבקרה עולה והתפקוד של ילדים עם ת"ד יורד. כמו כן, זיכרון עבודה מרחבי נמצא שמור או לקוי בקרב אנשים עם מ"ש בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה בהתאם לרמת הקושי של פרוצדורת העברת המבחן. מחקרים שבדקו זיכרון העבודה החזותי-מרחבי Block Recall מתוך מבחן WMTB-C (Pickering & Gathercole, 2001) התפקוד היה שמור (Henry & MacLean, 2002, 2003). במחקרים אלה ניתנו לנבדקים רק שתי רשימות באותה רמת קושי בכל שלב במטלה, ואילו במחקרים בהם התפקוד נמצא לקוי ניתנו ארבע רשימות בעלות אותה רמת קושי בכל שלב התפקוד נמצא לקוי (Van der Molen et al., 2009; Van der Molen, Van Luit, Van der Molen, & Jongmans, 2010). בשל התהליך אשר נמשך זמן ארוך יותר, יתכן שתפקוד הזיכרון הושפע מהרמה המוטיבציונית וברמת הקשב המבדילות בין שתי הקבוצות (Merighi, Edison, & Zigler, 1990).

מחקרינו מאושש את ממצאי הסקירה המדעית האינטגרטיבית של מחקרי זיכרון עבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Lifshitz, Kilberg et al., 2016) התפקוד של זיכרון העבודה המרחבי במנגנון הבקרה המרכזי נמצא נמוך במובהק מהתפקוד בלוח החזותי-מרחבי. כמו כן, בלוח החזותי המרחבי, התפקוד במטלה הסימולטנית (רמה מורכבת) היה נמוך במובהק מהתפקוד במטלה הסדרתיות (רמה קלה ובינונית). במנגנון הבקרה המרכזי, התפקוד במטלות ברמה בינונית ומורכבת היה נמוך במובהק מהתפקוד ברמה הקלה.

לסיכום: כאמור בפרק המבוא, לא נמצאו מחקרים בקרב אנשים עם מ"ש אשר בדקו את התפתחות זיכרון העבודה מגיל ההתבגרות (16-21) לגיל העמידה (41-55). לעומת זאת, במחקרינו, לראשונה נבדק מסלול התפתחות זיכרון העבודה החזותי-מרחבי מההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40), ומהבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55) בשישה סוגים של מבחנים חזותיים-מרחביים אשר מייצגים את הלוח החזותי-מרחבי ואת מנגנון הבקרה המרכזי. ממצאי מחקרנו במדדי זיכרון עבודה החזותי-מרחבי בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד, מלמדים כי בכל המדדים נמצאה ירידה מתונה (לא מובהקת) מגיל ההתבגרות (16-21) לגיל בגרות הצעירה (25-40) ירידה מתונה (לא מובהקת) מהבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55) ואילו ירידה מובהקת נמצאה מגיל ההתבגרות לגיל העמידה. מהממצאים במחקרנו ניתן להסיק כי נתיב ההתפתחות של זיכרון העבודה המרחבי דומה למסלול ההתפתחות בקרב בעלי התפתחות תקינה (Myerson et al., 2003; Monaco et al., 2013; Cansino et al., 2013), ירידה מתונה עם העלייה בגיל עד תקופת גיל העמידה (41-55) וירידה מובהקת בהשוואה לגיל ההתבגרות.

חלק ג' – הבדלים בין אטיולוגיות (אנשים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית ואנשים עם תסמונת דאון) בשלושת ערוצי זיכרון העבודה בזיקה לעומס הקוגניטיבי של המטלה

בחלק זה, נציג את ההבדלים בהישגים של מבחני זיכרון העבודה בין קבוצות האטיולוגיה, קבוצות הגיל ורמת העומס הקוגניטיבית בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה. לצורך בדיקת הבדלים בהישגים במבחני של זיכרון עבודה בזיקה לאטיולוגיה, גיל ורמת עומס קוגניטיבית, נערכו ארבעה מבחני ניתוח שונות מסוג ANOVA תלת כיוונים עם מדידות חוזרות. המשתנים הבלתי תלויים הינם: קבוצות האטיולוגיה וקבוצות הגיל (בין נבדקים) ורמת העומס הקוגניטיבית על זיכרון העבודה (תוך נבדקי). המשתנה התלוי הינו הציונים במבחנים השונים אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי בכל אחד מהערוצים של זיכרון העבודה. נערכו ארבעה ניתוחים כאלו: האחד, על הערוץ הפונולוגי של זיכרון עבודה. השני, על הערוץ המרחבי של זיכרון העבודה. השלישי, על הערוץ של לוח הבקרה המרכזי – הפונולוגי והאחרון על הערוץ של לוח הבקרה המרכזי – מרחבי.

תחילה נציין כי נתיבי ההתפתחות של זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד מגיל ההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40), ובין הבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55) נמצאו דומים בשתי האטיולוגיות. למרות שמדובר על שני פנוטיפים קוגניטיביים שונים נמצא כי דפוס התפתחות

זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד מגיל ההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40), ובין הבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55) זהה (ראה חלקים א' ובי').

יחד עם זאת ממצאי המחקר עולה כי נמצאו **הבדלים** בין האטיולוגיות ביחס למוצעי הביצוע בזיקה לערוצי זיכרון העבודה ולעומס המטלה. מפאת גודש הנתונים נתייחס לממצאים המרכזיים: א. הבדלים בין האטיולוגיות בשלושת ערוצי זיכרון העבודה ב. הבדלים בין האטיולוגיות בזיקה לעומס המטלה בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה.

א. **הבדלים בין אטיולוגיות בשלוש ערוצי זיכרון העבודה:** מתוצאות מחקרנו עולים ממצאים דומים ושונים בין שתי האטיולוגיות. מניתוח השונות עולה כי קיימת אינטרקציה בין האטיולוגיה וזיכרון העבודה ולא ניתן לנתק את ההבדלים בערוצי זיכרון העבודה לבין ההבדלים שבין הפנוטיפ של אנשים עם מ"ש לא"ס ועם ת"ד. להלן הממצאים המרכזיים:

נמצא כי קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות האטיולוגיה, כאשר **הישגיהם של קבוצת האנשים עם המ"ש לא"ס גבוהים מהישגיהם של קבוצת האנשים עם הת"ד**. כאשר בחנו את ההבדלים בין הערוצים עצמם בקרב נבדקים עם מ"ש לא"ס ות"ד, נמצא שהציונים של הנבדקים עם ת"ד היו נמוכים בהשוואה לנבדקים עם מ"ש לא"ס בכל הערוצים לאורך כל תקופות הגיל. אם זאת, הציונים של הנבדקים עם מ"ש לא"ס במטלות שבדקו את זיכרון העבודה בלולאה הפונולוגית היו גבוהים במובהק מציוניהם של הנבדקים עם ת"ד. במטלות שבדקו זיכרון עבודה בלוח החזותי-מרחבי, לא נמצא הבדל מובהק בין הנבדקים עם מ"ש לא"ס ות"ד. כאשר נבדקו תפקודי זיכרון עבודה בלוח הבקרה המרכזי, כאשר נכללו המדדים של מטלות בשתי אופנויות פונולוגית ומרחבית, לא נמצא הבדל מובהק בין הנבדקים עם מ"ש לא"ס ות"ד, אך כאשר נבדקו השגי זיכרון העבודה בשתי האופנויות בנפרד, באופנות הפונולוגית נמצא הבדל מובהק, הישגי הנבדקים עם מ"ש לא"ס היו גבוהים במובהק מהישגי הנבדקים עם ת"ד. בו בזמן, השגי זיכרון העבודה בלוח הבקרה המרכזי באופנות מרחבית לא היו שונים במובהק בין הנבדקים עם מ"ש לא"ס ו הנבדקים עם ת"ד.

כמו כן, נמצאה **היררכיה ביצועית** של הערוצים השונים מעבר לקבוצות הגיל בשתי האטיולוגיות. בשתי הקבוצות הישגי הנבדקים בלוח החזותי-מרחבי ובלולאה הפונולוגית בכל אחד מהם בנפרד של זיכרון העבודה גבוהים במובהק מאשר במנגנון הבקרה המרכזי. ההבדל בין שתי קבוצות האטיולוגיה מתבטא בכך שבעוד שבקרב קבוצת הנבדקים עם מ"ש לא"ס לא קיימים הבדלים בין ההישגים בלולאה הפונולוגית לבין ההישגים בלוח המרחבי, בקרב קבוצת הנבדקים עם ת"ד ההישגים בלוח החזותי-מרחבי גבוהים במובהק מההישגים בערוץ הפונולוגי.

תוצאות אלו תואמות את ממצאי המחקר של קילברג (2013) ו- Lifshitz, Kilberg et al. (2016) שהוזכרה לעיל. בסקירה המדעית האינטגרטיבית של 47 מחקרים משנת 1990 עד לשנת 2014 על תפקוד זיכרון העבודה בקרב בעלי אטיולוגיות שונות (מ"ש לא"ס, ת"ד ותסמונת וויליאמס) בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה, על פי המודל של Baddeley (2007) נמצאה היררכיה ביצועית שונה בין הערוצים בכל אחת מהאטיולוגיות (בבדיקה תוך אטיולוגיה).

כאמור, יכולת זיכרון עבודה בלולאה הפונולוגית נבדקה באמצעות שלושה מבחנים: מבחן Digit-span forward (זכירת רצף ספרות) מבחן Forward word span (זכירת רצף מילים בשלוש רמות עומס) ומבחן מילות תפל Non word recall (זכירת רצף מילות תפל). תפקוד זיכרון העבודה במנגנון הבקרה המרכזי באופנות הפונולוגית נבדק בשלושה מבחנים: Backward digit span (זכירת רצף ספרות בהיפוך) מבחן Selective span task (זכירת מילה ראשונה מתוך רצף מילים) ומבחן Verbal double task (זכירת רצף מילים תוך ביצוע מטלה משנית – הקשה על השולחן עם השמעת המילה כדור).

ממצאי מחקרנו מאוששים את מאפייני הפנוטיפ הקוגניטיבי של אוכלוסייה עם מ"ש לא"ס ועם ת"ד ולפיהם בזיכרון עבודה מילולי ההישגים של מבוגרים עם ת"ד נמוך מההישגים של מבוגרים עם מ"ש לא"ס, אך בזיכרון העבודה החזותי מרחבי לא נמצאו הבדלים בין שתי האטיולוגיות. לשם הדגמה נציג מספר מחקרים: Numminen et al. (2001) בדקו הבדלים במבנה זיכרון העבודה (Baddeley & Hitch, 1974) של מבוגרים עם ת"ד (CA = 38-48) לעומת מבוגרים עם מ"ש לא"ס (CA = 43-59). לבחינת הלולאה הפונולוגית נעשה שימוש במטלות חזרה מידית על צמד 'לא מילים' Finish non word repetition (Čeponienė, Kurjenluoma, Cheour, & Nääätänen, 1999) וטווח 'לא מילים' Finish non word span (Service, 1998) וטווח מספרים לפני Forward digit span (Wechsler, 1981) לבחינת הלוח החזותי-מרחבי נעשה במבחן Corsi blocks (Milner, 1971) ובווריאציה מותאמת למבחן החזותי-מרחבי (Visuospatial test) (Wilson et al., 1987). לבחינת מנגנון הבקרה המרכזי נעשה שימוש במטלת Digit span backward (Wechsler, 1981) ובווריאציה מותאמת למבחן הטווח המורכב Complex span (Daneman & Carpenter, 1980). נמצא כי מבוגרים עם מ"ש לא"ס תפקדו טוב יותר ממבוגרים עם ת"ד במטלות הלולאה הפונולוגית. הקבוצות לא נבדלו ביניהן בערוצים הנוספים בזיכרון העבודה (לוח חזותי מרחבי ומנגנון בקרה מרכזי). החוקרים הסיקו על ליקויים בלולאה הפונולוגית אצל אנשים עם תסמונת דאון גדולים יותר מאשר אצל אנשים עם מ"ש לא"ס, וזאת על אף חוסר ההתאמה בגילאי המשתתפים בין שתי קבוצות המחקר.

במחקר נוסף בדקו Kittler et al. (2004) הבדלים בזיכרון העבודה המילולי בקרב מבוגרים עם מ"ש לא"ס ועם ת"ד. ההבדלים נבדקו ביחס לגיל (מעל ומתחת לגיל 50) וביחס לאפקטים הידועים כמשפיעים על זיכרון העבודה המילולי (אורך מילה ודמיון סמנטי). מטרות המחקר נבדקו באמצעות חמש רשימות מילים המחולקות לקטגוריות הבאות: דמיון פונולוגי, חוסר דמיון פונולוגי, מילים רב הברתיות (ארוכות), הפכים ומילים בעלות דמיון סמנטי. היזכרות נמוכה נמצאה במילים רב הברתיות (ארוכות) בעלות דמיון פונולוגי וסמנטי בהשוואה למילים קצרות וחסרות דמיון בשתי האטיולוגיות. היזכרות נמוכה נמצאה אצל מבוגרים עם ת"ד (MA = 44.8) בהשוואה לאנשים עם מ"ש לא"ס (MA = 46.6) בכל הקטגוריות פרט לדמיון פונולוגי. כלומר, Kittler et al. (2004) מצאו עליונות של מבוגרים עם מ"ש לא"ס בזיכרון העבודה המילולי בהשוואה למבוגרים עם ת"ד.

גם תוצאות הסקירה המדעית האינטגרטיבית של 47 מחקרים משנת 1990 עד לשנת 2014 על תפקוד זיכרון העבודה בקרב בעלי אטיולוגיות שונות בקרב אנשים עם ת"ד, מ"ש לא"ס ותסמונת ויליאמס בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה (Lifshitz, Kilberg et al., 2016) מצביעות על הליקוי בתפקוד הזיכרון בלולאה הפונולוגית בקרב בעלי ת"ד. יש לציין כי הליקוי בזיכרון העבודה הפונולוגי הוא תוצאה ישירה של הליקוי הפונולוגי של אוכלוסייה עם ת"ד.

תוצאות אלו ניתנות להסבר על ידי הליקוי של אנשים עם ת"ד בתהליך ההגייה המפקחת subvocal rehearsal, תהליך זה ממלא תפקיד מרכזי באחזקה הפעילה של ייצוגים פונולוגיים בזיכרון לטווח קצר ומונע שכחה מהירה. עם זאת, מחקרים מראים שאנשים עם ת"ד עשויים להראות שיפור בזכירה אם יידרשו להפעיל אסטרטגיה של שינון (Gathercole & Alloway, 2006). אולם לדעת (Lanfranchi, Jerman et al., 2009) וכן לדעת (Jarrold, Baddeley, and Hewes, 2000), גורם זה לא מסביר את הבדלים בין אנשים עם ת"ד ובעלי התפתחות תקינה, שכן בעלי ההתפתחות התקינה אליהם הושוו אנשים עם ת"ד, הם מתחת גיל שבע, ובגילאים אלו עדיין לא מבצעים תהליך של הגייה מפקחת. לדעתם של (Jarrold et al., 1999, 2000), הליקוי בזיכרון הפונולוגי בקרב אנשים עם ת"ד, נובע מהקושי באחסון המידע בזיכרון לטווח קצר וממהירות השכחה. ממצאים אלו תומכים בהשערה שהלולאה הפונולוגית היא מרכזית בלמידה של מבנה צלילים של מילים חדשות, ונראה שאנשים עם ת"ד מתקשים ברכישת אוצר מילים חדש התואם ליכולות הקוגניטיביות הכלליות (Lanfranchi, Jerman et al., 2009). בנוסף, תפקוד הזיכרון העבודה הפונולוגי באטיולוגיה זו תלוי במידת רמת העומס הנדרשת במטלה. (Lanfranchi, Jerman et al., 2009) טוענים כי זיכרון העבודה הפונולוגי בקרב אוכלוסייה עם ת"ד נמוך, אך ככל שדרישות ועומס המטלה היו יותר נמוכות, ההבדלים בין אנשים עם ת"ד לבין אנשים עם התפתחות תקינה היו פחות מודגשים ולהיפך. כאמור, בפרק 6 ההתפתחות השפתית בקרב אנשים עם ת"ד נמצאה לקויה: קשיים בזיכרון, בהמשגה, בהכללה, בהפשטה, פגיעה בזיכרון העבודה האודיטורי וברכישת אסטרטגיות למידה חדשות (Buckley, 1985). במחקרים, אשר בדקו את ההתפתחות השפתית בקרב אנשים עם ת"ד שנמצאה לקויה, נמצאו הבדלים בין יכולות מילולית ולא מילולית (לטובת הלא מילולית) (Byrne et al., 1995; Chapman, 1995; Hesketh & Chapman, 1998). רכישת השפה נוטה להתעכב יחסית לעומת כישורים קוגניטיביים שאינם מילוליים (Gunn & Crombie, 1996) הקשיים בשפה מתבטאים בפער בין שפה פסיבית לאקטיבית, אוצר מילים דל, קושי בתחביר ובדקדוק (Charman et al., 2003; Fowler, 1990; Miller, 1992). מחקרים השוו את המבנים הדקדוקיים שבהם משתמשים צעירים עם ת"ד, ומצאו שלמרות השימוש בתחביר מורכב, אנשים עם ת"ד מתקשים בלימוד התחביר וברכישת כללי דקדוק (Bless, Swift, & Rosen, 1985; Hodapp & Ziegler, 1990). מבנה המשפט שלהם מוגבל ורמתו נמוכה בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה כמו כן, ילדים עם ת"ד מתקשים ברכישת מיומנויות הקריאה והכתיבה. חוקרים מייחסים קשיים אלו לפגיעה בזיכרון העבודה האודיטורי (phonological loop), קושי בזכירת רצפי מילים, מודעות פונולוגית לקויה, קושי בהבחנה בין צלילים דומים ואותיות דומות ובתכלול חזותי-שמיעתי המתבטא בקושי לתרגם את הסמל הגרפי של האות לצליל (Buckley, 1985; Carr, 1995; Levy & Hermon, 2003). זאת הסיבה לליקוי בזיכרון הפונולוגי באוכלוסייה עם ת.ד.

לעומת זאת, נמצא תפקוד שמור יחסית בקרב אוכלוסייה עם ת"ד במטלות זיכרון עבודה חזותי-מרחבי בהשוואה לביצוע במטלות זיכרון עבודה פונולוגי (קילברג, 2013; Marcell & Armstrong, 1982) בהשוואה לאנשים עם התפתחות תקינה בגיל שכלי זהה. נמצא שתפקוד זיכרון העבודה הפונולוגי נמוך הרבה מעבר למוגבלות הקוגניטיבית לעומת התפקוד זיכרון העבודה החזותי-מרחבי (Godfrey & Lee, 2018). אם זאת, נמצאו תוצאות מעורבות במחקרים שונים בנוגע לתפקוד זיכרון העבודה החזותי-מרחבי. בחלקם הביצוע של אנשים עם ת"ד נמצא לקוי בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה (Numminen et al., 2001), ובחלקם שמור יחסית (Belacchi et al., 2014; Trezise & Reeve, 2014; Vicari et al., 2006).

Pennington et al., 2003; Purser & Jarrold, 2005; Visu-Petra et al., 2007) בנוסף, נמצא תפקוד זהה יחסית או גבוה בהשוואה לקבוצות שונות עם מ"ש (Edgin, Pennington, & Mervis, 2010; Numminen et al., 2001) (ראה סקירה מדעית אינטגרטיבית של תפקודי זיכרון וזיכרון עבודה, Godfrey & Lee, 2018).

כאמור, ההבדלים בתוצאות המחקרים מוסברים על ידי מתווכי המטלה (מאפייני ודרישות המטלה). מתוצאות הסקירה המדעית האינטגרטיבית של מחקרי זיכרון עבודה חזותי-מרחבי בקרב אנשים עם ת"ד בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה (קילברג, 2013) עולה כי אנשים עם ת"ד הראו תפקוד שמור במטלות הדורשות עיבוד סדרתי ואילו לקוי במטלות הדורשות עיבוד סימולטני (Lanfranchi, Carretti et al., 2006; Vicari et al., 2009). בזיכרון הסימולטני יותר מגירוי מרחבי אחד צריך לעבור עיבוד באותו זמן. כפי הנראה אנשים עם ת"ד מתקשים במשימה זו. Baddeley (1986, 1990), וכן Vicari et al. (1995) טוענים כי עיבוד סדרתי של מידע ניתן לטיפול יעיל על ידי המעבד (Slave System) ואילו, עיבוד סימולטני של מידע בו זמני (Multiple information) דורש מעורבות ישירה של מנגנון הבקרה המרכזי. כפי שנראה להלן, אנשים עם ת"ד הפגינו קושי בתחום זה:

“For the DS group, performance on a high-control WM task required a big proportion of the general capacity related to intelligence; consequently, only a few resources were available for storage and, therefore, the performance on these tasks was low. For the TD group, performance on high-control tasks was more automatized and required fewer general resources” (Lanfranchi, Jerman et al., 2009, p. 412).

בנוסף, נמצא שהזיכרון העבודה המרחבי בקרב אוכלוסייה עם ת"ד שמור יותר מזיכרון העבודה החזותי (קילברג, 2013). ההבדל בין הזיכרון החזותי למרחבי נעוץ גם במבנה המוחי האנטומי. Wisniewski (1990) מצאה הקטנת הנפח באזורים פרונטאליים וטמפוראליים של המוח הקשורים לביצוע הנמוך במטלות לזיכרון חזותי, ו-Pinter, Eliez, Schmitt, Capone, and Reiss (2001) מצאו נפח שמור יחסית של הערוץ הדורסאלי (dorsal stream) הקשור לתפקוד השמור של זיכרון העבודה המרחבי.

ממצאי מחקרנו מאוששים את הפרופיל הקוגניטיבי המאפיין את הפנוטיפ של אנשים עם ת"ד. כמו כן, ממצאים אלו אששו את ההשערה על פיה תפקוד זיכרון העבודה בערוצים השונים יהיה דיפרנציאלי בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד.

להלן נתייחס להבדלים הבדלים בין האטיולוגיות בזיקה לעומס המטלה בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה.

ב. רמות העומס הקוגניטיבי (עומס המטלה) בזיקה לאטיולוגיה ולגיל בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה: כאשר בדקנו את ההבדלים בין רמות העומס הקוגניטיבי (הציונים במבחנים השונים אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי ברמת עומס קלה, בינונית ומורכבת) בכל אחד מהערוצים של זיכרון העבודה: הערוץ הפונולוגי, הלוח החזותי-המרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי הפונולוגי והמרחבי על פי קבוצות האטיולוגיה והגיל, נמצאו הבדלים בזיכרון העבודה על פי רמת עומס המטלה בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה. **אוששה** ההשערה לפיה ציוני זיכרון העבודה בשתי האטיולוגיות בכל קבוצות הגיל בכל אחד

ממעבדי זיכרון העבודה יהיו תלויים ברמת העומס הקוגניטיבי של המטלה. להלן נסביר את הבדלים בתפקוד זיכרון העבודה על פי רמת עומס המטלה בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה שנמצאו במחקרינו. הממצאים מוצגים בלוח 11.

לוח 11: זיכרון העבודה בזיקה לאטיולוגיה, הערוץ ועומס המטלה

מדרג	ערוץ פונולוגי	לוח חזותי-מרחבי	מנגנון בקרה מרכזי באופנות מילולית	מנגנון בקרה מרכזי באופנות מרחבית
	א=ב < ג	א=ב < ג	א < ב=ג	א < ב=ג
קלה (א)	לא"ס < ת"ד	לא"ס=ת"ד	לא"ס < ת"ד	לא"ס=ת"ד
בינונית (ב)	לא"ס < ת"ד	לא"ס=ת"ד	לא"ס < ת"ד	לא"ס=ת"ד
מורכבת (ג)	לא"ס = ת"ד	לא"ס=ת"ד	לא"ס < ת"ד	לא"ס=ת"ד

הערה: א= מטלה ברמת עומס קלה, ב= מטלה ברמת עומס בינונית, ג= מטלה ברמת עומס מורכבת

הערוץ הפונולוגי נמצא אפקט עיקרי מובהק לרמת העומס הקוגניטיבית. מהממצאים עולה כי ההישגים של שתי קבוצות האטיולוגיה ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת של זיכרון העבודה נמוכים במובהק מהישגיהם ברמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה והבינונית. לא נמצאו הבדלים בהישגי הנבדקים בין רמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה לבינונית. במטלות ברמה המורכבת אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד התמודדו עם אותם האתגרים של אחזקת ועיבוד המידע. הביצוע בזיכרון לספרות (רמה נמוכה) digit span forward ולמילים (רמה בינונית) Word span forward היה שווה, אך הביצוע ירד כאשר הנבדקים נדרשו לזכור מילות תפל Non word recall (רמה מורכבת).

להלן נתייחס להבדלים בהישגים בין רמות העומס השונות

רמת עומס קלה: מטלת זכירת ספרות קדימה Digit span forward, על הנבדק היה לחזור על רצף מספרים שהקריא הבוחן, באותו סדר ההקראה. במטלה, 8 פריטים כאשר בכל פריט 2 ניסיונות, המדורגים בסדר קושי עולה (מ-2 עד 9 ספרות). התפקוד טוב היחסי לספרות ניתן להסבר על פי שלבי ההתפתחותית הקוגניטיבית. לפי Piaget (1970) בהתפתחות התקינה זכירת מספרים נרכשת בגיל צעיר מאד והיא קודמת לזכירת מילים. הפעוטות זוכרים את העשרת הראשונה כבר מגיל שלוש. ספרות בעשרת הראשונה הן בעלות ספרה אחת בלבד ואינן משתנות. הזכירה הראשונית מלווה לעיתים בתנועה ריתמית קצבית ובתנועה מוטורית של האצבעות. לכן זכירת ספרות קלה יותר גם באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית.

רמת עומס בינונית: זכירת מילים Forward word span, על הנבדק היה לחזור על רצף מילים מוכרות מחיי היום יום שהקריא הבוחן, באותו סדר ההקראה. בכל אחת מהמטלות, 6 פריטים כאשר בכל פריט 2 ניסיונות, המדורגים בסדר קושי עולה (מ-2 עד 7 מילים). התפקוד הטוב היחסי למילים ניתן להסבר בכך שזכירת מילים מושפעות ממידת ההיכרות (familiarity) עם המילים, מידת השכיחות שבה

הנבדק פוגש את המילים ומידת המורכבות הפונולוגית של המילה. מתוצאות הסקירה המדעית האינטגרטיבית של זיכרון עבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש (Lifshitz, Kilberg et al., 2016) נמצא שתפקוד הזיכרון בקרב אנשים עם מ"ש נמצא שמור בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה במטלות שרמת ההיכרות עם הגירוי המוצג במטלה היה יותר גבוהה (Carretti et al., 2010; Lanfranchi et al., 2002). לדוגמה, כאשר נבדק הזיכרון הפונולוגי למילים בקרב אוכלוסייה עם ת"ד באמצעות המטלה Forward word recall הזיכרון נמצא שמור כאשר המטלה כללה מילים מוחשיות ומוכרות לילדים מחיי יום יום, כגון: "אמא, אבא, תפוח, חתול, כלב, בית" (Lanfranchi et al., 2002) ונמצא לקוי במטלות שכללו מילים נדירות יותר (Hulme & Mackenzie, 1992). מתוצאות המחקר עולה כי לא רק הרמה הפונולוגית של הגירוי המילולי משפיעה על קיבולת הזיכרון, אלא גם הרמה הלכסיקאלית. רמה גבוהה של היכרות עם הגירוי השפתי משפר את הזיכרון. מידע זה, מדגיש שהנבדקים מערבים קידוד לקסיקאלי-סמנטי של המילים בביצוע מטלה של זיכרון פונולוגי ורמת ההיכרות עם המילים מסייעת בביצוע המטלה (Vicari et al., 2006).

רמת עומס מורכבת: זכירת מילות תפל Non word recall, על הנבדק היה לחזור על רצף מילות תפל שהקריא הבוחן באותו סדר ההקראה. במטלה, 6 פריטים כאשר בכל פריט 2 ניסיונות, המדורגים בסדר קושי עולה (מ- 2 עד 7 מילות תפל). זיכרון רצף מילות תפל היא משימה קשה יותר לאוכלוסיית המחקר הנוכחי שכן אין באפשרות הנבדק לקבל תמיכה מהיכרות מוקדמת עם המילים המוצגות המטלה, או תמיכה חזותית או סמנטית (Baddeley, 2003; Gathercole & Alloway, 2008; Van der Molen et al., 2009). במחקר אחר (Numminen et al., 2002) בדקו את הקשר בין אינטליגנציה פלואידית וידע בקרב מבוגרים עם מ"ש לא"ס ($N = 24$, $CA = 49.88$) ובקרב ילדים בעלי התפתחות תקינה ($N = 24$, $CA = 5.5$) התפקוד נמצא שמור במטלות הבודקות זיכרון פונולוגי לספרות, ואילו לקוי בזיכרון פונולוגי למילות תפל. לדעת Numminen et al. (2002) בעת ביצוע המטלות השונות, המבוגרים עם מ"ש לא"ס השתמשו בידע מאוכסן בזיכרון לטווח ארוך, ובעלי התפתחות תקינה השתמשו יותר בתהליכי עיבוד בזיכרון עבודה. אנשים עם מ"ש לא"ס הראו תפקוד שמור במטלות זיכרון עבודה המבוססות על כישורים, ידע קיים ומידע סמנטי (Digit span forward). ממצאים דומים נמצאו במחקר שנערך לבדיקת רכיבי זיכרון עבודה בקרב מתבגרים עם מ"ש גבולית וקלה ($CA = 10-15$), בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה בעלי גיל שכלי זהה ($MCA = 7$) (Schuchardt et al., 2010). הועברו מטלות לבדיקת הלולאה הפונולוגית זכירת טווח מספרים Digit span ומילים ללא משמעות One-syllable non words span, Non-word repetition span (Hasselhorn & Korner, 1997). במטלת זכירת מילים ללא משמעות (לולאה פונולוגית) ציוני הנבדקים עם המ"ש היו נמוכים מאלו של בעלי ההתפתחות התקינה בעלי גיל שכלי זהה, לדעת החוקרים הקושי בביצוע מטלה זו מעיד על קושי באכסון.

לסיכום: רמת העומס הקוגניטיבי של המטלה בערוץ הפונולוגי משפיעה על השגי הנבדקים בשתי האטיולוגיות. אך, בעוד שלא קיימים הבדלים מובהקים סטטיסטית בהישגים של הנבדקים משתי קבוצות האטיולוגיה ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת, נמצאו הבדלים בין שתי האטיולוגיות בהישגים ברמת העומס הקוגניטיבית הקלה והבינונית. נמצא כי הישגיהם של נבדקים עם מ"ש לא"ס ברמת עומס הנמוכה והבינונית גבוהים במובהק מהישגיהם של נבדקים עם ת"ד.

הערוץ החזותי-מרחבי נמצא אפקט עיקרי מובהק לרמת העומס הקוגניטיבית, מתוך הממצאים עולה כי ההישגים של שתי קבוצות האטיולוגיה ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת של זיכרון העבודה נמוכים במובהק מההישגים ברמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה והבינונית. לא נמצאו הבדלים בהישגיהם של הנבדקים בין רמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה והבינונית בלוח החזותי-מרחבי. אנשים עם המ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד התמודדו עם אותם האתגרים של אחזקת ועיבוד המידע במטלות ברמה מורכבת.

להלן נתייחס להבדלים בהישגים בין רמות העומס השונות:

רמת עומס קלה: זיכרון חזותי סדרתי Visual span, במטלה זו שתי צורות גיאומטריות מורכבות לא מוגדרות מילולית ובצבעים מנוגדים (אדום-ירוק) המוצגות לשתי שניות זו אחר זו. מיד לאחר מכן מוצגות שתי הצורות ביחד. הנבדק מתבקש להצביע באיזה סדר הופיעו הצורות. למבחן 6 פריטים, בכל פריט 2 ניסיונות המדורגים בסדר קושי עולה (מ-2 עד 7 צורות).

רמת עומס בינונית: זיכרון מרחבי סדרתי Corsi, במטלה זו לנבדק מוצג ל-2 שניות על מסך מחשב, לוח שחמט (3x3, 4x4), על הלוח מופיעים ריבועים אדומים ברצף, אחד אחרי השני. על הנבדק להצביע על מיקום הריבועים האדומים על לוח שחמט ריק באותו רצף שהוצגו. בכל מטלה, 6 פריטים, בכל פריט 2 ניסיונות המדורגים בסדר קושי עולה עולה (מ-2 עד 7 ריבועים). שני המבחנים, ברמה הקלה והבינונית, דורשים זיכרון סדרתי (spatial-sequential).

רמת עומס מורכבת: זיכרון מרחבי סימולטני מטריצה Matrix לנבדק מוצגים ל-10 שניות דגמים של ריבועים שחורים ולבנים על מטריצה של 4x4 על לוח מחשב. מיד אחרי הצגת הדגם על הנבדק לשחזר את הדגם על מטריצה ריקה המוצגת במחשב. למטלה 6 פריטים, ובכל פריט 2 ניסיונות המדורגים בסדר קושי עולה (מ-2 עד 7 ריבועים). מטלה זו דורשת זיכרון מרחבי סימולטני (spatial-simultaneous).

על פי תוצאות המחקר הנוכחי, נמצא שההישגים של אנשים עם מ"ש במטלות הדורשות זיכרון חזותי-מרחבי סדרתי (רמה נמוכה ובינונית) היו גבוהים מההישגים המטלה המרחבית הדורשת זיכרון סימולטני (רמה מורכבת).

תוצאות דומות התקבלו בסקירה המדעית האינטגרטיבית של זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש (Lifshitz, Kilberg et al., 2016). מתוך הסקירה עולה כי אנשים עם ת"ד הראו ביצוע שמור במטלות הדורשות עיבוד סדרתי ואילו לקוי במטלות הדורשות עיבוד סימולטני (Lanfranchi, Carretti et al., 2009; Vicari et al., 2006; Lanfranchi, Jerman et al., 2009). בזיכרון הסימולטני, יותר מגירוי מרחבי אחד צריך לעבור עיבוד באותו זמן. כפי הנראה אנשים עם ת"ד מתקשים במשימה זו. Baddeley (1986, 1990) טוען כי עיבוד סדרתי של מידע ניתן לטיפול יעיל על ידי המעבד (Slave System) ואילו, עיבוד סימולטני של מידע בו זמני (Multiple information) דורש מעורבות ישירה של מנגנון הבקרה המרכזי (Vicari et al., 1995). כפי שנראה להלן, אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד הפגינו קושי בתחום זה. הסבר לתפקוד נמוך בזיכרון המרחבי הסימולטני בהשוואה לזיכרון המרחבי הסדרתי ייתכן שנועץ בקשיים של אנשים עם מ"ש, כאשר יותר מגירוי מרחבי אחד צריך לעבור עיבוד באותו זמן. הזיכרון המרחבי הסימולטני גדל באופן משמעותי בקרב בעלי התפתחות תקינה (Pickering & Gathercole, 2001) אבל לא בקרב אנשים עם מ"ש. ייתכן שהסיבה

לכך היא היכולת הגוברת בקרב בעלי התפתחות תקינה לטפל בחלקים השונים של מידע מרחבי, והודות לתמיכה של תהליך העיבוד על ידי אסטרטגיות מתאימות (Lanfranchi, Jerman et al., 2009). כהסבר נוסף יכולה לשמש התיאוריה ההתפתחותית-הקוגניטיבית של Piaget (1970), על פיה מיון חד מימדי מתבצע בתקופה הפרה-אופרציונלית, ואילו המיון הרב מימדי מתבצע בתקופה האופרציונלית-קונקרטית. כלומר, מיון רב מימדי הדורש התייחסות למספר מקורות מידע, בעת ובעונה אחת - קשה לאוכלוסייה עם מ"ש.

לא נמצאו הבדלים בין שתי קבוצות האטיולוגיה בהישגים בכל רמות העומס הקוגניטיבי (קלה, בינונית, מורכבת). נמצא כי הישגיהם של נבדקים עם מ"ש לא"ס בכל רמות העומס אינם גבוהים במובהק מהישגיהם של נבדקים עם ת"ד. כלומר זכרון מרחבי קשה לשתי האטיולוגיות.

מנגנון הבקרה המרכזי הפונולוגי והמרחבי נמצא אפקט עיקרי מובהק לרמת העומס הקוגניטיבית. מתוך הממצאים עולה כי הישגי הנבדקים עם מ"ש לא"ס ות"ד ברמת העומס הקוגניטיבית המורכבת על זיכרון העבודה נמוכים במובהק מהישגיהם ברמת העומס הקוגניטיבית הנמוכה, אך אינה שונה במובהק מהישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית. הישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית של זיכרון העבודה נמוכים במובהק מהישגיהם ברמת העומס הקוגניטיבית הקלה כלומר, הישגי הנבדקים ברמת העומס הקוגניטיבית הקלה הינם גבוהים במובהק מההישגים ברמת העומס הקוגניטיבית הבינונית והמורכבת. אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד התמודדו עם אותם האתגרים של אחזקת ועיבוד המידע במטלות ברמות בינונית ומורכבת.

א. המנגנון הבקרה הפונולוגי:

להלן נתייחס להבדלים בהישגים בין רמות העומס השונות:

רמת עומס קלה: Selective span task, לאחר הצגה (פונולוגית) של רשימה אחת, שתיים או שלוש של מילים, הנבדק מתבקש לחזור על המילה הראשונה בכל רשימה. למשימה שש דרגות קושי עולה, והיא תלויה במספר הרשימות (אחת עד שלוש) ובמספר המילים בכל רשימה (שתיים או ארבע מילים). במטלה 6 פריטים בסדר קושי עולה (מרשימה אחת בעלת 2 מילים לשלוש רשימות בעלות 4 מילים) בכל פריט שני ניסיונות. במטלה זו נדרש זכירת פריט ראשון בלבד על ידי פעולה של אינהיביציה.

רמת עומס בינונית: זכירת ספרות לאחר Backward digit span, על הנבדק היה לחזור על רצף מספרים שהקריא הבוחן בסדר הפוך. בכל אחת מהמטלות, 7 פריטים כאשר בכל פריט 2 ניסיונות, המדורגים בסדר קושי עולה (מ-2 עד 8 ספרות). במטלה זו נדרש אחסון זמני של מידע תוך ביצוע סידור מחדש על ידי ייצוג מנטאלי.

רמת עומס מורכבת: זיכרון פונולוגי דואלי Verbal double-task, לנבדק מוצגת רשימה של שתיים עד שבע מילים, והוא מתבקש לזכור את המילה הראשונה ברשימה, ובו זמנית להקיש על השולחן כאשר שומע את המילה כדור. ההקשה על השולחן משמשת מטלה משנית. המילה כדור מופיעה פעם אחת בכל רשימה במיקומים שונים. למטלה 6 פריטים בסדר קושי עולה (מ-2 ל-7 מילים) בכל שלב 2 ניסיונות. במטלה זו נדרש אחסון זמני של מידע תוך התייחסות סימולטאנית לשני ממדים.

ההישגים במטלה ברמה קלה היו גבוהים במובהק מההישגים במבחנים ברמה בינונית ומורכבת. ממצאים דומים נמצאו במחקר אורך לחמש שנים (Danielsson et al., 2010) שנערך לבדיקת המעבד המרכזי של זיכרון העבודה בקרב נבדקים עם מ"ש ($N = 47$) בהשוואה לנבדקים בעלי התפתחות תקינה ($N = 92$) בגילאי 35-80. הועברו המטלות Word recall – dual task version (זיכרון מילים תוך כדי ביצוע משימה משנית – מיון קלפים אדומים וצהובים) ומטלה Tower of Hanoi. נמצאו הבדלים מובהקים בין אוכלוסייה עם מ"ש ובעלי התפתחות תקינה במטלה המילולית הדואלית אך לא נמצאו הבדלים בביצוע המטלה Tower of Hanoi. על פי Danielsson et al. (2010) תוצאות אלו ניתנות להסבר על ידי הקשיים של אנשים עם מ"ש במהירות הגישה לגירויים מילוליים והקשיים בזיכרון העבודה הקשורים לתפקודים הניהוליים הכוללים העתקת הקשב ממטלה למטלה. אם זאת לא נמצאו בהכרח קשיים בתחום האינהיביציה. תוצאות דומות נמצאו גם בסקירה המדעית האינטגרטיבית של מחקרי זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש (Lifshitz, Kilberg et al., 2016) התוצאות בקרב אנשים עם מ"ש נמצאו שמורות בתפקודי אינהיביציה במטלה digit generation (Van der Molen et al., 2007) מטלה ברמת עומס נמוכה. לעומת זאת, התוצאות נמצאו נמוכות במטלות ברמה מורכבת, כגון: זיכרון פונולוגי מורכב למילים (יכולת סמנטית) Listening Span המטלה דורשת להתייחס לשני מימדים סימולטנית, גם לעשות שיפוט סמנטי אם המשפט הגיוני וגם לזכור את הרצף (Van der Molen et al., 2009; Van der Molen, Van Luit, Van der Molen, & Jongmans, 2010) ובמטלות דואליות סדרתיות Dual request task הדורשות ביצוע של מטלה שניה מקבילה, כאשר מוצג גירוי בעל תכונות מסוימות (Carretti et al., 2010).

לסיכום: רמת עומס המטלה משפיעה על הישגי הנבדקים במנגנון הבקרה הפונולוגי. כמו כן, נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית בהישגים של הנבדקים משתי קבוצות האטיולוגיה ברמות העומס הקוגניטיבית הנמוכה, הבינונית והמורכבת. נמצא כי הישגיהם של נבדקים עם מ"ש לא"ס גבוהים במובהק מההישגיהם של נבדקים עם ת"ד.

ב. המנגנון הבקרה המרחבי:

להלן נתייחס להבדלים בהישגים בין רמות העומס השונות:

רמת עומס נמוכה: Starting position selection (Lanfranchi et al., 2004) במטלה על הנבדק לזכור את המקום ההתחלתי של המסלול. במטלה זו מראים לנבדק מסלול של צפרדע על לוח של 4×4 במסלול של שניים או ארבעה צעדים עם צפרדע אחת, שתיים או שלושה. על הנבדק לזכור את המיקום ההתחלתי של המסלול. למטלה 6 פריטים בסדר קושי עולה, 2 ניסיונות בכל (מצפרדע אחת עם שני צעדים עד שלוש צפרדעים עם ארבעה צעדים).

רמת עומס בינונית: Backward spatial span (Wechsler,) WMS-III – Wechsler Memory Scale; בגרסה ממוחשבת (Lanfranchi et al., 2004; Lanfranchi, Jerman et al., 2009) לנבדק מוצג על מסך המחשב לוח שחמט 3×3 . על הלוח מוצג ל-2 שניות רצף ריבועים שחורים במיקום שונה. הנבדק נדרש

להצביע מיד עם הסתרת הלוח, על מיקום הריבועים השחורים ברצף הפוך מזה שהופיע על מסך המחשב. למטלה 6 פריטים מדורגים בסדר קושי עולה (מ- 2 ריבועים ל- 7 ריבועים).

רמת עומס מורכבת: Visuo-spatial double task (Lanfranchi et al., 2004) במטלה זו, בתוספת למטלה Starting position selection משבצת אחת בלוח (בן 16 ריבועים) צבועה באדום, ועל הנבדק להקיש על השולחן כאשר הצפרדע קופצת על המשבצת האדומה. בכל ניסיון הצפרדע עוברת פעם אחת על המשבצת האדומה. למטלה 6 פריטים בסדר קושי עולה, 2 ניסיונות בכל פריט (מ- 2 ל- 7 צעדים).

כאמור, ההישגים במטלה ברמה הנמוכה היו גבוהים במובהק מההישגים במטלות ברמה בינונית ומורכבת. תוצאות דומות נמצאו במחקרים אשר בדקו תפקוד זיכרון עבודה מרחבי בקרב אנשים עם ת"ד בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה. בקרב אנשים עם ת"ד הזיכרון היה שמור בשני תתי-מחקרים שבדקו זיכרון חזותי מרחבי במטלות Self Ordered Test (Visu-Petra et al., 2007) והמטלה Starting Position Selection (Lanfranchi, Jerman et al., 2009), מבחנים הדורשים בחירה ואנהיביציה, התפקוד היה שמור בהשוואה לבעלי גיל שכלי שפתי זהה. במחקר של Visu-Petra et al. (2007) נבדק הזיכרון החזותי מרחבי בקרב אנשים עם ת"ד (CA = 8-21, MA = 5.9) בהשוואה ל- 25 בעלי התפתחות תקינה באותו גיל שכלי (MCA = 5.9). נעשה שימוש ב- 4 תתי מבחנים מתוך מבחן Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (Fray & Robbins, 1996). שני תתי מבחנים בדקו את זיכרון העבודה בלוח החזותי-מרחבי במטלה מקבילה ל- Corsi blocks (Milner, 1971) ולבדיקת זיכרון העבודה החזותי מרחבי בלוח הבקרה המרכזי נעשה שימוש במטלה מקבילה ל- Self ordering pointing task (Petrides & Milner, 1982). במטלה זו על הנבדק למצוא אסימונים במספר עולה של קופסאות 3-8. לא נמצאו הבדלים בין אנשים עם ת"ד ובעלי התפתחות תקינה במטלה Corsi blocks ובמטלה Self ordering point עד החיפוש ב- 4 קופסאות. Visu-Petra et al. (2007) מצאו שרמת הביצוע הנה פונקציה של רמת הבקרה הנדרשת על ידי המטלה. הביצוע נמצא שמור יחסי בזיכרון עבודה מרחבי בילדים עם ת"ד, אך ככל שרמת העומס על הזיכרון עולה במטלות זיהוי וככל שמשלבים דרישות הן בתחום החזותי והן בתחום המרחבי, רמת הבקרה עולה והתפקוד של ילדים עם ת"ד יורד.

גם מניתוח המחקרים שערכנו בסקירה המדעית האינטגרטיבית (Lifshitz, Kilberg et al., 2016) עולה כי תפקוד זיכרון העבודה נמצא שמור או לקוי כפונקציה של רמת הבקרה הנדרשת במטלה, כלומר של דרגת העומס הקוגניטיבי של המטלה מעבר לאופנות: מילולי, חזותי. בהלימה לתוצאות המחקרים של זיכרון עבודה. התוצאות היו שמורות בקרב אוכלוסייה עם מ"ש בהשוואה לבעלי התפתחות תקינה בגיל שכלי זהה במטלות חזותיות ברמת עומס נמוכה במנגנון הבקרה המרכזי במטלות אשר בדקו תכנון חזותי ותפקודי אינהיביציה כגון Starting position selection, Odd one out, TOH, WISC-R subtest mazes (Henry & Winfiels, 2010; Lanfranchi, Jerman et al., 2009). לעומת זאת, התוצאות נמצאו נמוכות במטלות הדורשות רמת עומס גבוהה, כגון במטלה הדורשת זיכרון מידע מרחבי בסדר הפוך Backward Corsi Blocks (Lanfranchi et al., 2004; Vicari et al., 1995) ובמטלה הדורשת להתייחס לשני מימדים סימולטנית Visuo-spatial dual task (Lanfranchi, Carretti et al., 2009; Lanfranchi et al., 2010; Carretti et al., 2010; al., 2002; Lanfranchi et al., 2010).

הדוגמאות שהבאנו מדגימות כיצד עומס המטלה משפיע על תפקוד זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש מעבר לאופנות. כלומר, התפקוד של אנשים עם מ"ש נקבע על פי דרישות המטלה והקושי מעבר לאופנות.

כנאמר ברקע התיאורטי, מנגנון הבקרה המרכזי, הינו מערכת מוגבלת של בקרת קשב (Attentional control system) הכוללת תפקודי זיכרון עבודה ותפקודים ניהוליים. תפקוד זיכרון העבודה מתייחס לאחסון זמני של מידע בזיכרון ובעיבודו, על מנת להתאים לדרישות הקוגניטיביות הספציפיות של המטלה (Baddeley, 2007). על פי Baddeley (1996) מנגנון הבקרה המרכזי כולל ארבעה מרכיבים של תהליכים תפקודיים: היכולת למקד את הקשב, היכולת לפצל את הקשב בין שתי מטלות הניתנות בו זמנית, היכולת להעתיק את הקשב ממטלה אחת לשנייה והיכולת ליצור קשר בין זיכרון העבודה לזיכרון לטווח הארוך. גם מטלות אלה מחולקות על פי האופנות: מילולית וחזותית.

נשאלת השאלה כיצד ניתן להסביר הבדלים בתוצאות במטלות ברמת עומס שונה בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה. מתוצאות המחקר הנוכחי, עולה כי תפקוד זיכרון העבודה נקבע על פי רמת הבקרה הנדרשת במטלה וכי רמת עומס הקוגניטיבי משפיעה על תפקוד זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש מעבר לאופנות. כלומר, התפקוד של אנשים עם מ"ש נקבע על פי דרישות המטלה והקושי מעבר לאופנות. אחד המודלים המוצעים להסבר תפקוד זיכרון עבודה הוא זה של Cornoldi, Rigoni, Venneri, and Vecchi (2000) ושל Cornoldi and Vecchi (2003) וניתן לכנות מודל זה 'מודל אנכי-אופקי' לעומת מודל האופנות של Baddeley. לדעת Cornoldi, המודל הטריאדי של Baddeley אינו מספק הסבר מתאים למאפייני הביצוע במטלות הבודקות זיכרון עבודה, בעיקר בקרב ילדים עם לקויים התפתחותיים. על פי המודל של Cornoldi, ניתן לחלק את מאפייני זיכרון עבודה לשני רצפים: 1. רצף אופקי - Horizontal continuum - רצף זה דומה למודל של Baddeley והוא מתייחס לאופנות; 2. רצף אנכי - Vertical continuum - המתייחס לרמת הבקרה הנדרשת על ידי המטלה מעבר לאופנות. רמת הבקרה מוגדרת על ידי Cornoldi and Vecchi (2003) על בסיס: א. רמת העיבוד האקטיבי הנדרשת על מנת לתפעל מידע המוחזק במעבד הזיכרון הזמני; ב. הטקסונומיה של המטלה (חלק מהמטלות דורשות מהמשתתפים לחזור מיידית על חומר שהוצג ללא כל שינוי ובחלק מהמטלות, המשתתפים נדרשים לשינוי הסדר, בחירה, אינהיביציה, טרנספורמציה של מידע ועד שילוב של זיכרון עבודה דואלי). המודל האנכי של עומס קוגניטיבי או רמת הבקרה המוצע ע"י Cornoldi and Vecchi (2003) מקביל למושג של רמת הקשב במודל TBRBS (Time Based Resources-Sharing) המוצע ע"י Camos and Barrouillet (2014). רמת הבקרה מוגדרת במודל TBRBS של Camos and Barrouillet (2014) כעומס קוגניטיבי (CL) המוגדר כזמן הקשב המופנה מחולק לסך הזמן המוקדש לביצוע המטלה. Cornoldi and Vecchi (2003) טוענים, שישנן מטלות הבודקות זיכרון עבודה בלולאה הפונולוגית או בלוח החזותי-מרחבי, והן דורשות מהנבדק לזכור מידע כפי שהוא מוצג, ולכן מחייבות בקרה נמוכה. לעומת זאת, קבוצת המטלות השניה, גם כן, בודקת זיכרון עבודה בלולאה הפונולוגית או בלוח החזותי-מרחבי, אך דורשת רמת בקרה גבוהה מאוד. לדעת Cornoldi and Vecchi רק אינטראקציה בין הרצף האופקי לאנכי (ובעיקר הרצף האנכי) הוא זה שקובע את תפקוד זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש.

על פי התיאוריה הקוגניטיבית-התפתחותית של Case (1985) ככל שטווח הזיכרון עולה, הדרישה לשימוש במרכיבי זיכרון עבודה יורד לצורך ביצוע אותן מטלות הזיכרון, וככל שהדרישות יורדות מתפנים

משאבים לביצוע תפקודים קוגניטיביים אחרים, לכן ככל שהמטלה דורשת יותר מעורבות של מנגנון הבקרה המרכזי בקרב אוכלוסייה עם מ"ש, המשאבים הפנויים לצורך אחסון - יורדים, וכך גם התפקוד במטלה יורד.

לאור התפקוד השונה שנמצא בזיכרון העבודה המילולי והחזותי, מודל נוסף מייצב בצורה מיטבית את ממצאי המחקר הנוכחי באשר לתפקודי זיכרון העבודה במנגנון הבקרה המרכזי. המודל כולל שני רכיבים: רכיב לתפקודים ניהוליים מילוליים ורכיב לתפקודים ניהוליים חזותיים-מרחביים (Hale et al., 2007; Unsworth & Engle, 2011) ולא רכיב אחיד (מנגנון הבקרה המרכזי) כפי שמוצע ע"י Baddeley (1986). על פי Hale et al. (2011):

"...the best-fitting models did not include domain-general theoretical constructs, and instead involved separate domain-specific verbal and spatial constructs. Whereas Baddeley (1986) argued that storage was domain-specific, the present results suggest that executive abilities may also be domain-specific. Instead the existence of domain-specific verbal and spatial working memory abilities raises the possibility that other domains need to be considered as well in future models." (p. 107)

ממצאי מחקרנו עולה שמודל שלושת המעבדים (Baddeley, 2007) הכולל מעבד פונולוגי, חזותי-מרחבי ומנגנון בקרה מרכזי, יכול להסביר חלקית את תפקוד זיכרון העבודה באוכלוסייה עם מ"ש. נמצא מדרג שונה בזיכרון העבודה בשלושת המעבדים בבעלי שתי האטיולוגיות. כמו כן, הביצוע בכל אחד מהמעבדים תלוי, כאמור, במידת העומס (הדרישות והמניפולציות השכליות הנדרשות במטלה מעבר לזיכרון). בכך מאושש מחקרנו גם את המודל של Cornoldi and Vecchi (2003) ו-Lanfranchi, Jerman et al. (2009), התפקוד נקבע על פי רמת הבקרה הנדרשת במטלה מעבר לתחום ולאופנות.

לסיכום: ממצאי מחקרנו עולה כי מסלולי ההתפתחות של זיכרון העבודה, מעבר לערוץ, היו זהים בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד. מדדי זיכרון עבודה מילולי נמצא עליה בתפקוד מגיל ההתבגרות (16-21) ועד גיל הבגרות הצעירה (25-40) והראו ירידה בין הבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55). מדדי זיכרון עבודה החזותי-מרחבי, הראו ירידה מתונה (לא מובהקת) מגיל ההתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40) וירידה מתונה (לא מובהקת) מהבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55), ואילו ירידה מובהקת בין גיל ההתבגרות לגיל העמידה. אם זאת, נמצא שהציונים של נבדקים עם ת"ד היו נמוכים בהשוואה לנבדקים עם מ"ש לא"ס בכל הערוצים לאורך כל תקופות הגיל והציונים של אנשים עם מ"ש לא"ס במטלות שבדקו את זיכרון העבודה מילולי בלולאה הפונולוגית ובמנגנון הבקרה המרכזי היו גבוהים במובהק מציוניהם של אנשים עם ת"ד.

נמצאה היררכיה ביצועית של המעבדים המאפיינת את הפנוטיפ של האטיולוגיות.

בכל אחד מהערוצים, נמצאה אינטרקציה בין עומס הקוגניטיבי של המטלה לבין ההישגים של הנבדקים עם המ"ש. נמצאו הבדלים מובהקים בביצוע מטלות ברמות עומס קוגניטיבית קלה, בינונית ומורכבת: בערוץ הפונולוגי ובלוח החזותי-מרחבי, במטלות ברמת עומס קוגניטיבי מורכבת הביצוע היה נמוך במובהק מאשר במטלות ברמת עומס בינונית וקלה. בלוח הבקרה המרכזי הן באופנות מילולית והן

באופנות חזותית-מרחבית הביצוע ברמות העומס הבינונית והמורכבת היה נמוך במובהק מאשר במטלות ברמת עומס קלה.

על פי ממצאי המחקר הנוכחי, תפקוד זיכרון העבודה של בעלי האטיולוגיות השונות נקבע הן על ידי הדומיננטיות של המעבדים על פי הפנוטיפ של האטיולוגיה (ת"ד והשוואה למ"ש לא"ס) וגם על ידי רמת העומס הקוגניטיבי בכל אחד מהמעבדים. כמו כן, גם לגיל השפעה על תפקוד זיכרון העבודה בערוצים השונים.

חלק ד' - תרומת משתנים אנדוגניים (גיל כרונולוגי ואטיולוגיה) ומשתנים אקסוגניים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ובפעילויות פנאי) מגיל 20 לניבוי הציונים במבחני זיכרון עבודה

מטרת החלק הזה היתה בדיקת תרומתם של משתני הרקע (השתייכות לקבוצת האטיולוגיה, מגדר, גיל כרונולוגי, ורמה קוגניטיבית) והמשתנים (האקסוגניים) (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי) בקרב נבדקי המחקר.

Lifshitz, Nissim et al. (2016) בדקו את השפעת העיסוק בשעות הפנאי על התפקוד הקוגניטיבי בקרב מבוגרים (CA = 25-55) עם מ"ש. במחקרן, הסתמכו החוקרות על הנחת תיאוריית הפעילות הקוגניטיבית (CAT - Cognitive Activity Theory; Wilson & Bennett, 2003) לפיה להשתתפות בפעילויות קוגניטיביות במהלך החיים יש השפעה לטווח הקצר והארוך. ההשפעה לטווח הקצר הנה על התפקוד הקוגניטיבי בהווה וההשפעה לטווח הארוך קשורה להפחתת הסיכון לירידה קוגניטיבית ולתחלואה באלצהיימר, בגיל המבוגר (Wilson & Bennett, 2003; Wilson et al., 2002). המחקר לא כלל התערבות וצויינו בו פעילויות הפנאי ותדירות ההשתתפות בפעילויות בהן הנבדקים נטלו חלק. בניתוחי הרגרסיה בהם נבדקו מדדים קריסטליים ופלואידיים, נמצא קשר בין השתתפות בפעילויות פנאי הכוללות מרכיב קוגניטיבי (כדוגמת משחקי מחשב, פעילות במחשב, קריאה), לבין היכולת הקריסטלית והפלואידיית של הנבדקים. מסקנת החוקרים היתה שלא רק לגורמים אנדוגניים (גורמים תלויים בפרט כגיל ומגדר), אלא אף לגורמים אקסוגניים (גורמים חיצוניים לפרט כהשתתפות בפעילויות פנאי), השפעה על התפקוד הקוגניטיבי של מבוגרים עם מ"ש. בהסתמך על ממצא זה וכן על תיאוריית ה-CAT (Lifshitz-Vahav, 2015) הנחנו כי בדומה לאוכלוסייה הכללית, תתקיים השפעה של גורמים אקסוגניים כדוגמת התנסויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי יום יומיות על התפתחות מדדי זיכרון עבודה, אף בקרב מבוגרים עם מ"ש לא"ס ות"ד. למיטב ידיעתנו, במחקר הנוכחי נבדקה לראשונה, תרומת ההשתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי של מבוגרים עם מ"ש עם ובלי ת"ד, במדדים שבדקו זיכרון עבודה החל מגיל 20 ועד גיל 55.

לצורך בדיקת השפעת פעילויות הפנאי על מדדי ז"ע נערכו ארבע סדרות של רגרסיות היררכיות על כל אחד מ-12 המבחנים (12x4). בסדרה הראשונה הוכנס מדד המשכל הכללי כמדד לבדיקת הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים. בסדרה השנייה והשלישית הוכנסו מדדים קריסטליים: אוצר מילים וצד שווה

כמדדים לבדיקת הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים . בצעד רביעי הוכנס מבחן סידור קוביות לבדיקת הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים.

ראשית נתייחס להשפעת הגיל הכרונולוגי האטיולוגיה ולאחר מכן לתרומת פעילויות הפנאי בכל אחת מן הסדרות הנ"ל.

באשר למשתנה הגיל הכרונולוגי , מתוצאות המחקר עולה כי תרומת הגיל על כל אחד ממבחני זכרון עבודה הייתה שונה בהתאם למדד ששימש לבדיקת הרמה הקוגניטיבית הבסיסית של הנבדקים. כאשר הוכנס מדד רמת המשכל הכללי, מבחן אוצר מילים וסידור קוביות נמצאה תרומה מובהקת של הגיל לניבוי הציונים בשלושה המבחנים: Backward digit span, Forward digit span, Non word. הקשרים השליליים מראים כי ככל שהגיל הכרונולוגי של הנבדק גבוה יותר, כך הישגיו במבחנים אלו נמוכים יותר. כאשר הוכנס מדד מבחן צד שווה לא נמצאה תרומה מובהקת של הגיל הכרונולוגי על מבחני זכרון עבודה.

באשר לתרומת האטיולוגיה על כל אחד ממבחני זכרון העבודה נמצאה גם כן, תוצאה שונה בהתאם למדד ששימש לבדיקת הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים. כאשר הוכנס מדד המשכל הכללי ומבחן סידור קוביות, נמצאה תרומה מובהקת של משתנה זה לניבוי הציונים בשלושת המבחנים Forward digit span, Forward word span, ובמבחן Selective span task, מבחנים הבודקים זיכרון עבודה מילולי. במתאמי פירסון נמצא כי הקשרים המובהקים מראים כי הישגיהם של נבדקים עם מ"ש לא"ס במבחנים אלו גבוהים מהישגיהם של הנבדקים עם ת"ד. כאשר הוכנס מדד מבחן אוצר מילים נמצאה תרומה מובהקת של משתנה האטיולוגיה לניבוי הציונים רק במבחן אחד Forward digit span. כאשר הוכנס מדד מבחן צד שווה נמצאה תרומה מובהקת בכל המבחנים למעט ארבעה Forward digit span, Forward word span, Selective span, Visuo-spatial double span.

באשר לתרומה המובהקת של השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי על מדדי זיכרון העבודה, מתוצאות המחקר עולה כי תרומת פעילויות הפנאי לכל אחד ממבחני ז"ע הייתה שונה בהתאם למדד ששימש לבדיקת הרמה הקוגניטיבית הבסיסית של הנבדקים. כאשר הוכנס מדד רמת המשכל הכללי תרומת הפנאי באה לידי ביטוי רק במבחן אחד Backward digit span. כלומר משתנה הרקע הנוספים כמו גיל ובעיקר הרמה הקוגניטיבית הבסיסית של הנבדקים תרמו תרומה עיקרית להסברת התפקוד בז"ע.

תוצאה זוהי נמצאה כאשר מבחן סידור קוביות הוכנס כמדד הבודק את הרמה הקוגניטיבית הבסיסית של הנבדקים. במצב זה פעילויות הפנאי תרמו להסבר השונות רק למבחן Backward digit span. כידוע מבחן סידור קוביות מייצג את האינטליגנציה הפלואידית gf והוא קשור גם כן לגורם ה-G של האינטליגנציה (Daneman & Merikle, 1996; Engle, Tuholski, Langhlin, & Conway, 1999).

כלומר, ממצא זה מתקשר עם הטענה שז"ע קשור לאינטליגנציה הפלואידית (Engle, Tuholski, & Conway, 1999) - מדד ה-G (general intelligence). ניתן לומר, שהמשתנה האנדוגני של האינטליגנציה הכללית חזק דיו. במצב זה לגיל היתה תרומה שלילית מובהקת על המבחנים והוא מנטרל את השפעתם של גורמים אקסוגנים סגנון חיים של הנבדקים – פעילויות הפנאי – על מדדי ז"ע.

לעומת זאת כאשר הוכנסו שני ממדיים קריסטלים (מילוליים) כמדדים המשקפים את הרמה הקוגניטיבית הבסיסית של הנבדקים, תרומת פעילויות הפנאי באה לידי ביטוי בשלושה מבחנים של זי"ע והם Visual spatial span, Backward digit span, Selective span task. יש לציין שהמבחנים של אינטליגנציה קריסטלית מושפעת מהסביבה ותלויה בנסיון החיים והחשיפה לגירויים קוגניטיביים אותם חוו הנבדקים. במצב שבו שימשו המבחנים הקריסטלים כמבחנים לבדיקת הרמה הקוגניטיבית של הנבחנים, תרומת הגורמים האקסוגניים – פעילויות הפנאי – הייתה בולטת יותר ובאה לידי ביטוי בשלושה מבחנים: Visual spatial span, Backward digit span, Selective span task. בבמקרים אלה השפעת גיל היתה מתונה יותר ובאה לידי ביטוי רק בשלושה מבחנים Forward and Backward digit span, Non word. כאשר הממד היה מבחן אוצר מילים ולא נמצאה השפעת הגיל על מבחני זכרון עבודה כאשר הממד היה מבחן צד שווה.

ניתן לומר שתרומת פעילות הפנאי באה לידי ביטוי בהתאם למשתנה האנדוגני של הרמה הקוגניטיבית הבסיסית של הנבדקים. כאשר הוכנס מדד המשכל הכללי ומבחן סידור קוביות כמבחנים הבודקים את הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים, תרומת הפנאי התבטאה רק במבחן אחד. ממצאים אלו מעידים שמדד המשכל הכללי, גורם ה-G באינטליגנציה, הוא זה שתורם לתפקוד הנבדק בזי"ע. לעומת זאת, כאשר כמשתנים אנדוגניים הוכנסו מדדי האינטליגנציה הקריסטלית (אוצר מילים וצד שווה) תרומת המשתנים האקסוגניים – פעילויות הפנאי – באה לידי ביטוי בשלושה מבחנים. כלומר המשתנה האקסוגני, סגנון חיים, תלוי בסוג המשתנים האנדוגניים – מדד המשתנה לבדיקת הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים.

ממצאים דומים נמצאו במחקר של Bustan and Lifshitz (2018). במחקר זה נבדקה תרומת ההשתתפות בפעילות קוגניטיבית ופעילות פנאי בקרב אנשים עם ת"ד במהלך הבגרות (30+60) במדדי זיכרון עבודה מילולי ומרחבי כפי שנמדדו במטלות זכירת ספרות קדימה ואחורה וזכירה מרחבית קדימה ואחורה. נמצא כי קיימים קשרים חיוביים מובהקים בין הציונים של מידת ההשתתפות בפעילויות הקוגניטיביות ופעילויות הפנאי לבין הציונים של יכולת זיכרון העבודה המילולי (זכירת ספרות קדימה, זכירת ספרות אחורה) וזיכרון עבודה מרחבי (זיכרון מרחבי קדימה ואחורה), כלומר, ככל שמידת ההשתתפות בפעילויות הקוגניטיביות ופעילויות הפנאי היתה גבוהה, כך הציונים במבחנים שבדקו זיכרון עבודה מילולי ומרחבי היו גבוהים יותר.

ממצאים אלה, עשויים להעיד על קיומם של מנגנוני פיצוי. ליקויים בתפקודים קוגניטיביים מסדר גבוה כדוגמת מטה קוגניציה, היסק, זיכרון עבודה ופתרון בעיות, מיוחסים לרוב לשינויים באונה הפרונטאלית במוח, המתרחשים כתוצאה מהעליה בגיל או בעקבות פתולוגיה מוחית (Kim & Kim, 2014). במחקרים מתחום הגרונטולוגיה שנערכו בקרב האוכלוסייה הכללית (Cabeza et al., 2002; Phillips & Andrés, 2010), נמצא כי בקרב אנשים מבוגרים המבצעים מטלות קוגניטיביות, מתקיימת פעילות יתר באונה הפרונטאלית ביחס לביצוע מטלות אלה בקרב אנשים צעירים יותר. פעילות זו מוסברת כנוירו-פלסטיות (Cramer et al., 2012), כלומר הסתגלות של המוח להידרדרות שהתרחשה בתפקוד באונה הפרונטאלית. הסתגלות זו מתבטאת ביכולת של מערכת העצבים להגיב לגירויים פנימיים וחיצוניים על ידי ארגון מחדש של המבנה, התפקוד וההקשר בקליפת המוח, כפיצוי על הפגיעה. היכולת לשמר תפקודים קוגניטיביים באמצעות מנגנון זה, תלויה ברמת הרזרבות הקוגניטיביות של הפרט (Kim & Kim, 2014).

רמת הרזרבות הקוגניטיביות מושפעת מגורמים מולדים כאינטליגנציה, ומגורמים סביבתיים כחינוך, השכלה, התנסות מקצועית ופעילות מאתגרת בשעות הפנאי (Stern, 2013). על פי תיאוריית הפעילות האקטיבית (Wilson & Bennett, 2003) גם בקרב אוכלוסייה עם מ"ש מתפתחות רזרבות קוגניטיביות אך יש לבחון את רמתן ביחס לאוכלוסייה עם מ"ש ולא ביחס לאוכלוסייה הכללית (Lifshitz-Vahav et al., 2016). על פי Kim and Kim (2014) כאשר מבוגרים עם מ"ש עוסקים בפעילויות פנאי, הם לא רק נהנים ורוכשים מיומנויות, אלא אף מתייחסים למרכיבים הקוגניטיביים הכלולים בפעילויות אלה. גם פעילויות הדורשות רמה בסיסית של תהליך מידע כדוגמת צפייה בטלוויזיה, קריאה, כתיבה, משחקים, עשויות לשמש כגירוי קוגניטיבי אשר עשוי אף להגן מפני ביטויי ירידה קוגניטיבית, בגיל המבוגר (Wilson & Bennett, 2005).

על פי ממצאי מחקרם של Nithianantharajah and Hannan (2006), העשרה סביבתית תורמת מבחינה ביולוגית, לחיזוק הסינפסות והדנדריטים, הארכתם, צפיפותם, כושר עמידותם ובנייתם מחדש. מבחינה התנהגותית היא משפיעה על הלמידה, הזכרון, והחשיבה הגבוהה. היא מפחיתה חרדה ומגבירה את ההתנהגות החקרנית. ממצאים אלו נמצאו בעכברי מודל עם ת"ד, תסמונת ה"איקס השביר" ותסמונת רט. על פי Head et al. (2007) ו- Head et al. (2012) הגנים בעלי נוכחות היתר בת"ד DSCAM, MNB/DYRK1A, & RCAN1 יוצרים פרוטאינים קריטיים להתפתחות ולתחזוקת נוירונים וסינפסות. על אף שבילדות גנים אלה עלולים להוביל להתפתחות ליקויים קוגניטיביים, עם העלייה בגיל, הם עשויים להשתתף בתהליך מוליקולרי התומך בפיצוי הנוירונים ואף לשמש גורמים מפצים למיתון הירידה או לעצירתה. המשמעות היא, כי מרכיבים קוגניטיביים מגוונים גם כדוגמת אלה השלובים בפעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי שונות, בחיי היום יום, הנם בעלי ערך משמעותי לטיפול ולשימור תפקודים קוגניטיביים.

על פי תיאוריית הגיל המפצה של Lifshitz-Vahav (2015) לאוכלוסייה עם מ"ש ות"ד קיים פיצוי על העיכוב בהתפתחות בשנים הראשונות בשנים מאוחרות יותר, כך שפרטיה ממשיכים להתפתח אף בשנות הבגרות בזכות ניסיון חיים, בשלות, מודעות לחשיבות הלמידה והנעה ללמידה. ה"נתיב המפצה" נשען על מספר מחקרים, ולפיהם לא רק שהיכולות הקוגניטיביות אינן יורדות בעקבות העלייה בגיל, אלא אף אפשר לשפרן בגילים המבוגרים (Lifshitz & Katz, 2009). ממצאים נוספים תומכים בטענה שבשלות וניסיון חיים מסייעים למבוגרים עם מ"ש ללמוד ולרכוש ידע בהתנהגות מסתגלת (Gunzburg, 1968) ובתחום הקוגניטיבי והמטה-קוגניטיבי (Lufting, 1987).

מתוך ממצאי המחקר הנוכחי ניתן להסיק כי לפעילויות פנאי וקוגניציה של מבוגרים עם מ"ש לא"ס ות"ד, קיים ערך משמעותי ביותר העשוי לשמר מרכיבים קוגניטיביים חיוניים לאיכות החיים, ואף למתן את הירידה עם תהליך ההתבגרות והזקנה. על כן קיימת חשיבות רבה לקיום פעילויות פנאי מגוונות לאוכלוסייה עם מ"ש בפרט בגיל המבוגר, תוך טיפוח סביבה הכוללת פעילויות קוגניטיביות ופעילויות פנאי.

סיכום ומסקנות

מטרתו העיקרית של המחקר הייתה בדיקת נתיבי ההתפתחות (מסלולים) של זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מוגבלות שכלית ללא אטיולוגיה ספציפית (מ"ש לא"ס) ואנשים עם תסמונת דאון (ת"ד) בשלוש תקופות גיל: התבגרות (גילאי 16-21), בגרות צעירה (גילאי 25-40), גיל העמידה (גילאי 41-55). נתיבי ההתפתחות נבדקו לאור שלושה מסלולים אפשריים של התפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי באוכלוסייה עם מוגבלות שכלית (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz-Vahav, 2015): הנתיב הלקוי – IT (Impaired Trajectory), הנתיב היציב (ST- Stable Trajectory) והנתיב המתמשך (מפצה) – CT (Compensatory Trajectory). שלושת הנתיבים נבדלים מהתפתחות האינטליגנציה של אוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה באחד או ביותר מהמשתנים הבאים: הגיל שבו האינטליגנציה מגיעה לשיא, קצב ההתפתחות, אורך תקופת היציבות, מועד וקצב הירידה. זיכרון העבודה נבדק על פי שני מודלים: מודל שלושת הערוצים של Baddeley (Baddeley, 2007; Baddeley & Hitch, 1974) הכולל את הערוץ הפונולוגי, הלוח החזותי-מרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי והמודל האנכי-אופקי (Cornoldi & Vecchi, 2003) על פיו תפקוד זיכרון העבודה נקבע על ידי רמת הבקרה, כלומר הדרישה והעומס הקוגניטיבי של המטלה (CL - Cognitive Load) מעבר לאופנות.

בהתייחס למסלול ההתפתחות של זיכרון העבודה מגיל התבגרות (16-21) לגיל העמידה (41-55) נמצא מסלול דומה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד. אם זאת נמצא מסלול התפתחות דיפרנציאלי בזיכרון עבודה מילולי וזיכרון עבודה מרחבי: בערוץ הפונולוגי ובמנגנון הבקרה הפונולוגי חלה עליה בהשגת זיכרון העבודה מהתבגרות (16-21) לבגרות הצעירה (25-40) וירידה מהתבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55). בלוח החזותי-מרחבי ובמנגנון הבקרה המרכזי במטלות באופנות חזותית נמצאה ירידה מתונה מגיל התבגרות (16-21) לבגרות הצעירה, וירידה מתונה מהתבגרות הצעירה לגיל העמידה (41-55), הירידה המובהקת באה לידי ביטוי בין ההתבגרות לגיל העמידה. מההמצאים הנ"ל ניתן להסיק מספר מסקנות באשר להתפתחות זיכרון העבודה של אוכלוסיית עם מ"ש לא"ס ות"ד מגיל התבגרות (16) ועד גיל העמידה (55):

ראשית, בהתאם להנחת תיאוריית הגיל המפצה (Lifshitz-Vahav, 2015) ניכר כי מעבר לגיל השכלי אשר לו משקל מכריע בקביעת היכולת הקוגניטיבית של אוכלוסייה עם מ"ש לא"ס ות"ד, גם לגיל הכרונולוגי תפקיד משמעותי ביותר בקביעת יכולת זו. יכולת ההשתנות הקוגניטיבית של מבוגרים עם מ"ש ות"ד נמצאה במחקרים אשר רובם היו מחקרי התערבות (Lifshitz & Rand, 1999; Lifshitz & Tzuriel, 2004; Lifshitz et al., 2005; Lifshitz et al., 2011). במחקרים אלה, השינוי הקוגניטיבי חל בעקבות התערבות. מסקנה העולה מהממצאים היא קיומו של הנתיב המפצה בזיכרון העבודה המילולי מגיל התבגרות לגיל הבגרות הצעירה. המחקר הנוכחי מצביע על המשך התפתחות היכולת הקוגניטיבית של אוכלוסייה עם מ"ש, גם ללא התערבות ישירה או למידה המכוונת להתפתחות זו. כפי הנראה, ניסיון החיים והבשלות מסייעים למבוגרים עם מ"ש, לרכוש מיומנויות קוגניטיביות חדשות שלא היו קיימות קודם לכן ברפרטואר ההתנהגותי-תפקודי שלהם ובכך לפתח את יכולותיהם גם בגיל המבוגר (Lifshitz-Vahav, 2015). במחקרנו, אומנם נבדק זיכרון עבודה מילולי הקשור יותר לגורם האינטליגנציה הפלואידית, אך מכיוון שמדובר במדדים מילוליים בזיכרון מילולי המדדים הם כפי הנראה מתנהגים כבצורה דומה

למדדים מילוליים לא מתוך הזיכרון, אלא שמייצגים של האינטליגנציה קריסטלית המתייחסת לידע מילולי ומיומנויות נרכשות והיא מושפעת מחשיפה לתרבות ולמידה (Cattell, 1963).

מסקנה נוספת העולה מהממצאים מתייחסת לקיומו של נתיב יציב בקרב אוכלוסייה עם מ"ש, במדדי זיכרון העבודה חזותי-מרחבי. ממצאים אלה תואמים את דפוס ההתפתחות באוכלוסייה הכללית ומציינים כי כישורים אלה מבשילים בגיל הילדות וההתבגרות (Cowan, 2010) ובמהלך הבגרות חלה יציבות או ירידה ביכולת הזכירה. מהממצאים במחקרנו, ירידה מתונה עם העלייה בגיל עד תקופת גיל העמידה (41-55) וירידה מובהקת בהשוואה לגיל ההתבגרות, ניתן להסיק כי למרות המוגבלות הנגזרת מאפיוני המוגבלות השכלית בהיבטים קוגניטיביים שונים, מהלך התפתחות של זיכרון העבודה המרחבי של מבוגרים עם מ"ש לא"ס ות"ד דומה לזו של אוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Cansino et al., 2013; Monaco et al., 2013; Myerson et al., 2003).

בהתייחס להבדלי זיכרון העבודה בזיקה לערוצי זיכרון העבודה ובזיקה לאטיולוגיה נמצא: א.

ההשגים בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס נמצאו גבוהים במובהק מהשגי האנשים עם ת"ד בזיכרון העבודה המילולי ב. נמצא מדרג בהשגי זיכרון עבודה בערוצים השונים (היררכיה ביצועית), בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד. השגי זיכרון העבודה במנגנון הבקרה המרכזי היו נמוכים במובהק מההשגים בבערוץ הפונולוגי ובערוץ החזותי-מרחבי, אך בעוד שלא נמצא הבדל מובהק בהשגים בלולאה הפונולוגית ובלוח החזותי-מרחבי בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס, בקרב אנשים עם ת"ד ההשגים בלולאה הפונולוגית היו נמוכים במובהק מההשגים בלוח החזותי-מרחבי. ממצאי מחקרנו מאוששים את הפרופיל הקוגניטיבי המאפיין את הפנוטיפ של אוכלוסייה עם ת"ד.

בהתייחס להשפעת רמת העומס של המטלה בכל אחד מערוצי זיכרון העבודה ולאטיולוגיה,

נמצאה השפעה דומה של עומס המטלה על ההשגים מההתבגרות (16-21) לגיל העמידה (41-55) בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ובאנשים עם ת"ד: בלולאה הפונולוגית ובלוח החזותי מרחבי ההשגים ברמת עומס מורכבת היו נמוכים במובהק מההשגים ברמת עומס נמוכה ובינונית. במנגנון הבקרה המרכזי המילולי והמרחבי ההשגים ברמת עומס הנמוכה היו גבוהים במובהק מההשגים ברמות עומס בינונית ומורכבת.

מסקנה שעולה מממצאי הנ"ל הנה שמודל שלושת המעבדים (Baddeley, 2007) הכולל לולאה פונולוגית, לוח חזותי-מרחבי ומנגנון בקרה מרכזי, יכול להסביר את תפקוד זיכרון העבודה באוכלוסייה עם מ"ש. נמצא מדרג בזיכרון העבודה בשלושת המעבדים. כמו כן, הביצוע בכל אחד מהמעבדים תלוי, כאמור, במידת העומס הקוגניטיבי של המטלה (הדרישות והמניפולציות השכליות הנדרשות במטלה מעבר לזיכרון). ממצאי מחקרנו תומכים במודל האנכי של Cornoldi and Vecchi (2003). מודל זה משקף את רמת הבקרה הנדרשת (עומס קוגניטיבי CL - Cognitive load). על פי ממצאי המחקרנו, אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד מצליחים להתמודד טוב יותר עם אותן המטלות הדורשות רמת בקרה נמוכה יותר בתהליכי האחסון והעיבוד. אם זאת, מציגים קשיים בולטים יותר במטלות הדורשות בקרה גבוהה. העובדה שהתפקוד של אנשים עם מ"ש לא"ס ות"ד תלוי בעומס הקוגניטיבי של המטלה, מצביע על כך שזיכרון העבודה אינו מושפע רק מאופנות המטלה או האטיולוגיה (Lanfranchi et al., 2004; Lanfranchi, Carretti et al., 2009; Lanfranchi, Jerman et al., 2009).

מטרת החלק השני של המחקר הייתה בדיקת יישומה תיאוריית הפעילות האקטיבית (Cognitive

Activity) (Wilson & Bennett, 2003, 2005)

בהתייחס לתרומתם של גורמים אנדוגניים (גיל, אטיולוגיה ורמה קוגניטיבית) ושל גורמים אקסוגניים סביבתיים (השתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופנאי) - על זיכרון העבודה של נבדקי המחקר בגילאים המבוגרים החל מגיל 20 נמצא: א. תרומת מובהקת שלילית של הגיל על תפקוד זיכרון העבודה בשלושה מבחנים Non word task, Forward digit span, Backward digit span, כלומר ככל שהגיל עלה הציונים במבחנים אלו ירדו. ב. תרומתה מובהקת של האטיולוגיה על תפקוד זיכרון העבודה על שלושה מבחני זיכרון עבודה מילולי Forward digit span, Forward word span, Selective span task. כאשר הוכנס מדד המשכל הכללי ומבחן סידור קוביות ג. תרומת מדדי השתתפות בפעילות פנאי באה לידי ביטוי התאם למשתנה האנדוגני של הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים. כאשר הוכנס מדד המשכל הכללי ומבחן סידור קוביות נמצאה תרומת מובהקת של מדדי ההשתתפות בפעילויות קוגניטיביות ופנאי לניבוי הציונים של זיכרון עבודה במבחן אחד Backward digit span. כאשר הוכנסו שני מדדים קריסטליים (מילוליים) כמדדים המשקפים את הרמה הקוגניטיבית הבסיסית של הנבדקים, תרומה מובהקת של פעילויות הפנאי באה לידי ביטוי בשלושה מבחנים של זיכרון Visual spatial span, Backward digit span, Selective span task. כלומר, ככל שמידת ההשתתפות בפעילויות הקוגניטיביות ופנאי היתה גבוהה, הציונים בשני מבחני זיכרון העבודה המילולי ובמבחן אחד בזיכרון עבודה החזותי-מרחבי, היו גבוהים יותר בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד. ניתן לומר כי ההשפעה של ההשתתפות בפעילות קוגניטיבית ופעילויות פנאי ממתנת את ההשפעה של הגורמים האנדוגניים כדוגמת הגיל וזאת בהתאם למדד האנדוגני של הרמה הקוגניטיבית של הנבדקים.

מסקנה העולה ממצאי הנ"ל הנה יישומה של תיאוריית הפעילות האקטיבית Cognitive Activity (Wilson & Bennett, 2003, 2005) על מדדי זיכרון עבודה בטווח המידי. על פי תיאוריית הפעילות האקטיבית גם פעילויות הדורשות רמה בסיסית של תהליך מידע כדוגמת צפייה בטלוויזיה, קריאה, כתיבה, משחקים, הינן בעלות השפעה לטווח המידי (Kim & Kim, 2014; Wilson & Bennett, 2005). ניתן לומר כי ההשפעה של ההשתתפות בפעילות קוגניטיבית ופנאי בגיל מבוגר תורמות לתפקוד הקוגניטיבי העכשווי וממתנת את ההשפעה של הגורמים האנדוגניים כדוגמת הגיל.

תרומת המחקר

תרומה תיאורטית: המחקר הנוכחי שופך אור על נתיבי ההתפתחות של זיכרון העבודה בערוצי השונים, בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס בהשוואה לאנשים עם ת"ד, בהתייחס לשלושה מדדים עיקריים: הגיל שבו מגיעה ההתפתחות לשיאה, השפעת הגיל על כל אחד מערוצי הזיכרון, מידת ההשפעה של רמת העיבוד של המטלה על ההתפתחות זיכרון עבודה ומידת ההשפעה של השתתפות בפעילות פנאי על תפקוד זיכרון עבודה. ממצאי המחקר מסייעים בהבנה מקיפה ורחבה של מורכבות תהליכי ההתפתחות של זיכרון העבודה בקרב אוכלוסייה עם מ"ש, עם ובלי ת"ד.

תרומה קלינית : המידע על נתיבי ההתפתחות ועל השפעת ההשתתפות בפעילות קוגניטיבית ופנאי מסייעת בקביעת ההשקעה הכדאית בתחום החינוך והרווחה (באילו ערוצי זיכרון עבודה רצוי להשקיע בפרקי הגיל השונים, וביצירת תכניות התערבות קוגניטיביות ופנאי), להשגת התפתחות מיטבית ושיפור איכות חיי אוכלוסייה עם מ"ש מתקופת ההתבגרות ועד לגיל העמידה. לבדיקה זו השלכות גם על עולם התעסוקה של אנשים עם מ"ש. שכן ככל שטווח הביצוע של זיכרון העבודה גבוה יותר כך אנשים עם המ"ש יכלו לבצע עבודות תעסוקתיות מורכבות יותר.

מגבלות המחקר

במחקר הנוכחי נבדקו לראשונה נתיבי התפתחות של זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש לא"ס בהשוואה לאנשים עם ת"ד מהגיל הצעיר (גיל 16) לגיל העמידה (גיל 55). למחקר מספר מגבלות המתייחסות למדגם ולכלי ההערכה.

א. מחקר רוחב – מחקרנו הוא מחקר רוחב (Cross-sectional study), שבו נערכה השוואה במדדי זיכרון עבודה בקרב נבדקים שונים בקבוצות גיל שונות. מקובל להשתמש במחקר רוחב כדי לבדוק שינויים הקשורים בגיל ביכולת הקוגניטיבית (Facon, 2008; Li et al., 2004). יתרונה של מתודולוגיה זו הוא בצמצום הסיכון לנשירה של הנבדקים בשל חוסר שיתוף פעולה שלהם, איבוד עניין, איבוד הנעה או תמותה. עם זאת, כיון שבמחקר רוחב נעשית השוואה בין קבוצות שונות של נבדקים, יש ליטול זאת בחשבון בפירוש הממצאים.

ב. גודל המגדם – בשתי קבוצות המחקר (אנשים עם מ"ש לא"ס ואנשים עם ת"ד) השתתפו 123 נבדקים, הנבדקים בכל קבוצה חולקו לשלוש קבוצות גיל. כתוצאה מכך מספר הנבדקים בכל קבוצה הוא המספר המינימאלי להשוואה בין קבוצות. יש לציין כי גודל המחקר נקבע בהתאם לאילוצי הזמן של מסגרת המחקר ובשל מורכבות רבה באיתור אוכלוסייה ספציפית מגיל ההתבגרות ועד גיל העמידה העונה על דרישות המחקר.

ג. כלי הערכה - המטלות שנכללו במסגרת המחקר המייצגות את תפקודי זיכרון העבודה בערוצים השונים של זיכרון העבודה (לולאה פונולוגית, לוח חזותי מרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי) ברמות עומס קלה, בינונית וגבוהה (Cornoldi & Vecchi, 2003; Lanfranchi, Jerman et al., 2009). מטלות אלו שהיו השימוש בקרב אוכלוסייה עם מ"ש. אם זאת, קיימות מטלות רבות נוספות, ברמות עומס שונות בכל אחד מערוצי הזיכרון, בעלות מאפייני שונים ודורשות מיומנויות אחרות (כגון זיהוי יוצא דופן וזכירת מיקום (Odd one out), שיפוט סמנטי וזכירת רצף (Listenning span), ותפקודים ניהוליים נוספים כגון תכנון חזותי (TOH), שליפה ועיבוד מידע פונולוגי (Verbal fluency) ועוד.

המלצות למחקרי המשך והמלצות מעשיות

כאמור מחקר זה הוא מחקר חלוץ, לאור הממצאים ומגבלות המחקר שהוצגו לעיל, ניתן להמליץ על מספר מחקרי המשך שיחזקו את תוקף הממצאים ויסייעו בהבנתם. להלן הצעות למחקרי המשך והמלצות הקשורות ליישום ממצאי המחקר.

המלצות למחקרי המשך

- א. מחקר אורך – המחקר הנוכחי הנו מחקר רוחב ומגבלותיו צוינו לעיל. מומלץ לתקף את ממצאי המחקר באמצעות מחקר אורך (Longitudinal study) לשם מעקב אחר ההתפתחות הקוגניטיבית של אותם נבדקים במדדים השונים, מגיל ההתבגרות ועד גיל העמידה.
- ב. הגדלת המדגם - על מנת להתגבר על מגבלת גודל המדגם, רצוי במחקרי המשך עתידיים לכלול מספר נבדקים גדול יותר בכל קבוצת גיל.
- ג. כלי הערכה - במחקר הנוכחי נבדקה אוכלוסייה עם מ"ש עם וללא ת"ד ועם מוגבלות שכלית קלה ובינונית במדדי זיכרון עבודה בשלוש ערוצי זיכרון העבודה בשלוש רמות עומס המטלה בכל אחד מהערוצי הזיכרון. על מנת להרחיב את מסד הידע וההבנה אודות תפקוד זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש וקביעת מוקדי טיפול יישומיים לשיפור איכות חייהם, מומלץ לבצע מחקרי המשך לבדיקת מדדי זיכרון עבודה נוספים כגון זיהוי יוצא דופן וזכירת מיקום (Odd one out), שיפוט סמנטי וזכירת רצף (Listening span) ותפקודים ניהוליים נוספים כגון תכנון חזותי (TOH), שליפה ועיבוד מידע פונולוגי (Verbal fluency) ועוד.
- ד. הכללת קבוצות גיל נוספות – במחקר הנוכחי נבדקו נתיבי התפתחות של זיכרון עבודה באוכלוסייה עם מ"ש לא"ס ות"ד מגיל ההתבגרות (16) עד גיל העמידה (55). על מנת להרחיב את ההבנה לגבי נתיבי ההתפתחות של זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש מומלץ כי מחקרים עתידיים יכללו קבוצות גיל נוספות: ילדות וזקנה.
- ה. הכללת אטיולוגיות נוספות - במחקר הנוכחי נבדקו נתיבי ההתפתחות זיכרון עבודה של אוכלוסייה עם מ"ש לא"ס ות"ד. כיון שבמחקרים (Silverman et al., 2013; Zigman et al., 2007) נמצאו שינויים בהתפתחות מדדים קוגניטיביים בקרב אוכלוסיות מאטיולוגיות ספציפיות, מומלץ כי מחקרים עתידיים יבדקו התפתחות נתיבים אלה בקרב אוכלוסיות מאטיולוגיות ספציפיות אחרות כגון תסמונת וויליאמס ו-Cornelia de Lange syndrome. בנוסף, במחקר הנוכחי נבדקו נתיבי ההתפתחות של זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש בלבד. לאור זאת, לא ניתן היה לקיים השוואה ולציין מאפיינים ייחודיים לאוכלוסיות עם מ"ש לעומת בעלי התפתחות תקינה. במחקר עתידי מומלץ להרחיב גם לאוכלוסייה בעלת התפתחות תקינה.

נ. תוכניות התערבות - לאור חשיבות תפקודי זיכרון העבודה לתפקוד ביום יום, הלמידה והחשיבה ולאור התרומה של תוכניות התערבות לפיתוח ושיפור יכולות אלו בקרב צעירים ומבוגרים בעלי התפתחות תקינה כולל הרחבה לתפקודים קוגניטיביים נוספים, מדדי אינטליגנציה וכישורי שפה (Alloway, Bibile, & Lau, 2013; Brehmer, Westerberg, & Bäckman, 2012; Kroesbergen, van't Noordende and Kolkman, 2014; Melby-Lervåg & Hulme, 2013; Melby-Van der Molen, Van Luit, Van der Lervåg, Redick, & Hulme, 2016; Molen, Klugkist, & Jongans, 2010), יש מקום לבצע מחקרי התערבות בתחום זה בקרב אנשים עם מ"ש. Danielsson, Zottarel, Palmqvist, and Lanfranchi (2015) ערך מטה-אנליזה של מחקרי התערבות לשיפור זיכרון עבודה בקרב אנשים עם מ"ש, נמצאו מחקרים בודדים והמחקרים הצביעו על פיתוח ושיפור זיכרון העבודה בעקבות ההתערבות.

ז. מחקרי מוח - זיכרון העבודה מפעיל איזורים מוחיים נרחבים כולל אזורים פרונטליים ופריאטלים רבים (ראה סקירה של Wager and Smith, 2003). האזור עשוי להשתנות בהתאם למאפייני המטלה. למשל, מטלות הדורשות אחסון וזיכרון סדרתי ערבו אזורים the dorsolateral prefrontal cortex and the superior frontal sulcus, בזמן שמטלות עיבוד ערבו אזורים ventral and anterior prefrontal cortex. אי לכך, על מנת להבין טוב יותר את תפקודי זיכרון העבודה ותפקודי המוח אנו ממליצים על מחקרים עתידיים שיערכו הדמיה מוחית בזמן ביצוע מטלות הבודקות זיכרון עבודה בקרב בעלי התפתחות תקינה ואנשים עם מ"ש.

המלצות מעשיות

א. תוכניות התערבות - במחקר הנוכחי נמצא כי תפקוד זיכרון העבודה המילולי ממשיך להתפתח עד הבגרות הצעירה ואף במהלכה, וכי תפקוד זיכרון העבודה החזותי-מרחבי שומר על יציבות עד גיל העמידה. ממצאים אלו מדגישים את החשיבות הרבה בפיתוח תוכניות התערבות מותאמות לכל קבוצות גיל ובמיוחד בתקופת גיל הבגרות הצעירה (25-40) ובגיל העמידה (41-55) להמשך התפתחות ו/או שימור תפקודים אלו. כמו כן, לאור ממצאי המחקר המעידים על ירידה בזיכרון העבודה החל מגיל העמידה, מומלץ לשים דגש מיוחד בתוכניות העשרה והתערבות מגיל העמידה (גיל 41) לזקנה (+70).

ב. העשרת סביבת החיים - מתוצאות המחקר עולה כי אוכלוסייה עם מ"ש נתרמת ומפיקה תועלת ולמידה מעצם החשיפה הישירה לגירויים בסביבה. על כן, יש חשיבות רבה להעשרת סביבת החיים של אוכלוסייה זו במגוון ערוצי התפקוד: תרבות, תעסוקה, למידה והעשרה בפעילויות קוגניציה ופנאי מגוונות. חשיפה זו יכולה לשפר את היכולת שלהם להתמודד עם מטלות שונות הקשורות לתפקודי יום יום.

ג. מדרג במטלות - בהסתמך על המחקר הנוכחי, מומלץ בבניית תוכניות הלימוד והעשרה לקחת בחשבון את רמת הבקרה והקשב הנדרשים לביצוע המטלות, ליצור מדרג, בהתחלה מטלות קלות ולאחר מכן

מטלות מורכבות יותר, על מנת לבסס את הלמידה. אחת הדרכים המוצעות, על מנת להוריד את דרישות המטלה היא לחזק את הידע המאוחסן או את הזיכרון לטווח הארוך (Henry, 2000; Baddeley, 2002; MacLean, 2002).

ד. תוכניות לפיתוח מיומנויות זיכרון העבודה - התרומה הייחודית של הסוגים השונים של זיכרון העבודה לכישורים אקדמיים שונים עשויים להוות בסיס לתכנון הטיפול ולתוכניות התערבות. נמצא קשר בין זיכרון פונולוגי ללימוד שפה וקשר בין זיכרון חזותי-מרחבי ותפקודי מנגנון הבקרה המרכזי וכישורי מתמטיקה. בגלל החשיבות של זיכרון העבודה לתחומי הלמידה והתפקוד, כדאי לבנות תוכנית לשיפור יכולת זו. כמו כן, מומלץ להעלות את המודעות לחשיבות פיתוח מיומנויות זיכרון העבודה בקרב אנשים עם מ"ש במסגרת בתי הספר ומסגרות ההמשך לאוכלוסייה עם מ"ש.

רשימת אנשי מקצוע/שטח להם ארצה להציג את תוצאות המחקר:

- חוקרים בתחום המוגבלות השכלית ההתפתחותית, חוקרי מוח וחוקרי זיכרון
- קובעי מדיניות במשרד החינוך, משרד הרווחה והביטוח הלאומי
- עמותות המפעילות תוכניות/דיור לאנשים עם מוגבלות שכלית התפתחותית
- חברות המפתחות משחקים ותוכנות מחשב

ביבליוגרפיה

- וכסלר, ד' (2001). *WAIS-III^{HEB}, מדריך העברה וצינון* (מהדורה שלישית). ירושלים: סייקטק.
- וכסלר, ד' (2010). *WAIS-VI^{HEB}, מדריך העברה וצינון* (מהדורה רביעית). ירושלים: סייקטק.
- ליפשיץ-והב, ח' (2011). תיאורית "הגיל המפצה" באוכלוסייה בעלת מוגבלות שכלית. פרסום פנימי, בית-הספר לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן, רמת גן.
- עמינדב, ח' (1983). הגדרת הפיגור השכלי. פרסום פנימי, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- קילברג, א' (2013). זיכרון עבודה בקרב בעלי מוגבלות שכלית (ללא אטיולוגיה ספציפית, בעלי תסמונת וויליאמס ובעלי תסמונת דאון): סקירה מדעית אינטגרטיבית. פרסום פנימי, אוניברסיטת בר-אילן, בית הספר לחינוך, רמת-גן.
- Alloway, T. P. (2007). *Automated working memory assessment*. London, UK: Harcourt Assessment.
- Alloway, T. P. (2010). Working memory and executive function profiles of individuals with borderline intellectual functioning. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(5), 448-456. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01281.x
- Alloway, T. P., Bibile, V., & Lau, G. (2013). Computerized working memory training: Can it lead to gains in cognitive skills in students?. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 632-638. doi:10.1016/j.chb.2012.10.023
- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorder: DSM-IV* (4th ed.). Washington, DC: Author.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorder: DSM-5* (5th ed.). Washington, DC: Author.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1971). The control of short term memory. *Scientific American*, 225(2), 82-90. doi:10.1038/scientificamerican0871-82
- Awh, E., & Jonides, J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(3), 119-126. doi:10.1016/S1364-6613(00)01593-X
- Azaiza, F., Rimmerman, A., Croitoru, T., & Naon, D. (2011). Participation in leisure activities by Arab adults with intellectual disabilities living in the community. *International Journal of Social Welfare*, 20(1), 97-103. doi:10.1111/j.1468-2397.2009.00703.x
- Baddeley, A. D. (1966). The capacity for generating information by randomization. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18(2), 119-129. doi:10.1080/14640746608400019
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford, UK: Clarendon.

- Baddeley, A. D. (1990). The development of the concept of working memory: Implications and contributions of neuropsychology. In G. Vallar & T. Shallice (Eds.), *Neuropsychological impairments of short-term memory* (pp. 54-73). New York, NY: Cambridge University Press.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 49(1), 5-28. doi:10.1080/713755608
- Baddeley, A. D. (1999). *Essentials of human memory*. Hove, UK: Psychology.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829-839. doi:10.1038/nrn1201
- Baddeley, A. D. (2007). *Working memory, thought and action*. New York, NY: Oxford University Press.
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1-29. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100422
- Baddeley, A. D., Allen, R. J., & Hitch, G. J. (2011). Binding in visual working memory: The role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, 49(6), 1393–1400. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.042
- Baddeley, A., Della Sala, S., Gray, C., Papagno, C., & Spinnler, H. (1997). Testing central executive functioning with a pencil-and-paper test. In P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of frontal and executive function*. Hove, UK: Psychology.
- Baddeley, A. D., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105(1), 158-173. doi:10.1037/0033-295X.105.1.158
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89. doi:10.1016/S0079-7421(08)60452-1
- Baddeley, A. D., & Jarrold, C. (2007). Working memory and Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 51(12), 925-931. doi:10.1111/j.1365-2788.2007.00979.x
- Baddeley, A. D., Lewis, V. J., & Vallar, G. (1984). Exploring the articulatory loop. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 36(2), 233-252. doi:10.1080/14640748408402157
- Baddeley, A. D., Logie, R. H., Nimmo-Smith, I., & Brereton, N. (1985). Components of fluent reading. *Journal of Memory and Language*, 24(1), 119-131. doi:10.1016/0749-596X(85)90019-1

- Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14(6), 575-589. doi:10.1016/S0022-5371(75)80045-4
- Baddeley, A., & Wilson, B. A. (2002). Prose recall and amnesia: Implications for the structure of working memory. *Neuropsychologia*, 40(10), 1737-1743. doi:10.1016/S0028-3932(01)00146-4
- Baker, S. C., Rogers, R. D., Owen, A. M., Frith, C. D., Dolan, R. J., Frackowiak, R. S., & Robbins, T. W. (1996). Neural systems engaged by planning: A PET study of the Tower of London task. *Neuropsychologia*, 34(3), 515-526. doi:10.1016/0028-3932(95)00133-6
- Beauducel, A., Brocke, B., & Liepmann, D. (2001). Perspectives on fluid and crystallized intelligence: Facets for verbal, numerical, and figural intelligence. *Personality and Individual Differences*, 30(6), 977-994. doi:10.1016/S0191-8869(00)00087-8
- Belacchi, C., Passolunghi, M. C., Brentan, E., Dante, A., Persi, L., & Cornoldi, C. (2014). Approximate additions and working memory in individuals with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 35(5), 1027-1035. doi:10.1016/j.ridd.2014.01.036
- Bellugi, U., Lichtenderger, L., Mills, D., Galaburda, A., & Korenberg, J. R. (1999). Bridging cognition, the brain, and molecular genetics: Evidence from Williams syndrome. *Trends in Neurosciences*, 22(5), 197-207. doi:10.1016/S0166-2236(99)01397-1
- Black, M. M., & Rollins, H. A., Jr. (1982). The effects of instructional variables on young children's organization and free recall. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33(1), 1-19. doi:10.1016/0022-0965(82)90002-9
- Bless, D., Swift, E., & Rosen, M. (1985). *Communication profiles of children with Down's syndrome*. Madison, WI: Waisman Center on Mental Retardation and Human Development, University of Wisconsin.
- Bloom, B. S. (1964). *Stability and change in human characteristics*. New York, NY: Wiley.
- Bopp, L. K. & Verhaeghen, P. (2007). Age related differences in control processes in verbal and visuospatial working memory: Storage, transformation, supervision and coordination. *Journals of Gerontology: Series B. Psychological Sciences and Social Sciences*, 62(5), 239-246.
- Borella, E., Carretti, B., & De Beni, R. (2008). Working memory and inhibition across the adult life-span. *Acta Psychologica*, 128(1), 33-44. doi:10.1016/j.actpsy.2007.09.008
- Borkowski, J. G., Carr, M., & Pressley, M. (1987). 'Spontaneous' strategy use: Perspectives from metacognitive theory. *Intelligence*, 11(1), 61-75. Doi:10.1016/0160-2896(87)90027-4

- Brehmer, Y., Westerberg, H., & Bäckman, L. (2012). Working-memory training in younger and older adults: training gains, transfer, and maintenance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6. doi:10.3389/fnhum.2012.00063
- Brickman, A. M., & Stern, Y. (2009). Aging and memory in humans. In L. R. Squire (Eds.), *Encyclopedia of neuroscience* (Vol. 1, pp. 175-180). London, UK: Academic Elsevier.
- Brockmole, J. R., Parra, M. A., Della Sala, S., & Logie, R. H. (2008). Do binding deficits account for age-related decline in visual working memory?. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15(3), 543-547. doi:10.3758/PBR.15.3.543
- Buckley, S. (1985). Attaining basic educational skills: Reading, writing and number. In D. Lane & B. Stratford (Eds.), *Current approaches to Down syndrome* (pp. 315-343). London, UK: Holt, Rinehart & Winston.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, task switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293. doi:10.1207/S15326942DN1903_3
- Bustan, N., & Lifshitz, H. (2018). *Endogenous and exogenous factors as predictors of crystallized and fluid intelligence among adolescents and adults with Down syndrome*. Manuscript submitted for publication.
- Byrne, A., Buckley, S., MacDonald, J., & Bird, G. (1995). Investigating the literacy, language, and memory skills of children with Down's syndrome. *Down's Syndrome: Research and Practice*, 3(2), 53-58. doi:10.3104/reports.51
- Cabeza, R., Dolcos, F., Graham, R., & Nyberg, L. (2002). Similarities and differences in the neural correlates of episodic memory retrieval and working memory. *Neuroimage*, 16(2), 317-330. doi:10.1006/nimg.2002.1063
- Cain, K., Oakhill, J., & Bryant, P. (2004). Children's reading comprehension ability: Concurrent prediction by working memory, verbal ability, and component skills. *Journal of Educational Psychology*, 96(1), 31-42. doi:10.1037/0022-0663.96.1.31
- Camos, V., & Barrouillet, P. (2014). Attentional and non-attentional systems in the maintenance of verbal information in working memory: The executive and phonological loops. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. doi:10.3389/fnhum.2014.00900.
- Campione, J. C., & Brown, A. L. (1984). Learning ability and transfer propensity as sources of individual differences in intelligence. In P. H. Brooks, R. Sperber, & C. McCauley (Eds.), *Learning and cognition in the mentally retarded* (pp. 265-293). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Canivez, G. L., Konold, T. R., Collins, J. M., & Wilson, G. (2009). Construct validity of the Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence and Wide Range Intelligence Test: Convergent and structural validity. *School Psychology Quarterly*, 24(4), 252–265. doi:10.1037/a0018030
- Cansino, S., Hernández-Ramos, E., Estrada-Manilla, C., Torres-Trejo, F., Martínez-Galindo, J. G., Ayala-Hernández, M., ... Rodríguez-Ortiz, M. D. (2013). The decline of verbal and visuospatial working memory across the adult life span. *Age*, 35(6), 2283-2302. doi:10.1007/s11357-013-9531-1.
- Carlesimo, G. A., Fadda, L., Lorusso, S., & Caltagirone, G. (1994). Verbal and spatial memory spans in Alzheimer's and multi-infarct dementia. *Acta Neurologica Scandinavica*, 89(2), 132–138. doi:10.1111/j.1600-0404.1994.tb01648.x
- Carlesimo, G. A., Marotta, L., & Vicari, S. (1997). Long-term memory in mental retardation: Evidence for a specific impairment in subjects with Down's syndrome. *Neuropsychologia*, 35(1), 71-79. doi:10.1016/S0028-3932(96)00055-3
- Carr, J. H. (1995). *Down's syndrome: Children growing up*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Carr, J. (2005). Stability and change in cognitive ability over the life span: A comparison of populations with and without Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 49(12), 915-928. doi:10.1111/j.1365-2788.2005.00735.x
- Carretti, B., Belacchi, C., & Cornoldi, C. (2010). Difficulties in working memory updating in individuals with intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(4), 337-345. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01267.x
- Case, R. (1985). *Intellectual development: A systematic reinterpretation*. New York, NY: Academic.
- Cattell, R. B. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Educational Psychology*, 54(1), 1-22. doi:10.1037/h0046743
- Čeponienė, R., Kurjenluoma, S., Cheour, M., & Näätänen, R. (1999). Children's performance on pseudoword repetition depends on auditory trace quality: Evidence from event-related potentials. *Developmental Psychology*, 35(3), 709-720. doi:10.1037/0012-1649.35.3.709
- Chapman, R. S. (1995). Language development in children and adolescents with Down syndrome. In P. Fletcher & B. MacWhinney (Eds.), *Handbook of child language* (pp. 641-663). Oxford, UK: Blackwell.
- Charman, T., Drew, A., Baird, C., & Baird, G. (2003). Measuring early language development in preschool children with autism spectrum disorder using the MacArthur Communicative

- Development Inventory (Infant Form). *Journal of Child Language*, 30(1), 213-236. doi:10.1017/S0305000902005482
- Chen, I., Lifshitz, H., & Vakil, E. (2017). Crystallized and fluid intelligence of adolescents and adults with intellectual disability and with typical development: Impaired, stable or compensatory trajectories? *Psychiatry*, 2(5), 104-115.
- Cohen, N. J., & Squire, L. R. (1980). Preserved learning and retention of pattern analyzing skill in amnesia: Dissociation of knowing how and knowing that. *Science*, 210(4466), 207-209. doi:10.1126/science.7414331
- Colle, H. A., & Welsh, A. (1976). Acoustic masking in primary memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15(1), 17-31. doi:10.1016/S0022-5371(76)90003-7
- Conklin, H. M., Luciana, M., Hooper, C. J., & Yarger, R. S. (2007). Working memory performance in typically developing children and adolescents: Behavioral evidence of protracted frontal lobe development. *Developmental Neuropsychology*, 31(1), 103-128. doi:10.1080/87565640709336889
- Connors, F. A., Carr, M. D., & Willis, S. (1998). Is the phonological loop responsible for intelligence-related differences in forward digit span. *American Journal of Mental Retardation*, 103(1), 1-11. doi:10.1352/0895-8017(1998)103<0001:ITPLRF>2.0.CO;2
- Conrad, R., & Hull, A. J. (1964). Information, acoustic confusion, and memory span. *British Journal of Psychology*, 55(4), 429-432. doi:10.1111/j.2044-8295.1964.tb00928.x
- Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. B. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30(2), 163-183. doi:10.1016/S0160-2896(01)00096-4
- Coppus, A. M. W. (2013). People with intellectual disability: What do we know about adulthood and life expectancy? *Developmental Disabilities Research Reviews*, 18(1), 6-16. doi:10.1002/ddrr.1123
- Cornoldi, C., Rigoni, F., Venneri, A., & Vecchi, T. (2000). Passive and active processes in visuo-spatial memory: Double dissociation in developmental disabilities. *Brain and Cognition*, 43(1-3), 117-120.
- Cornoldi, C., & Vecchi, T. (2003). *Visuospatial working memory and individual differences*. Hove, UK: Psychology.
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. New York, NY: Psychology.

- Cowan, N. (2010). Multiple concurrent thoughts: The meaning and developmental neuropsychology of working memory. *Development Neuropsychology*, 35(5), 447-474. doi:10.1080/87565641.2010.494985
- Craik, F. I. M., & Lockart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11(6), 671-684. doi:10.1016/S0022-5371(72)80001-X
- Cramer, P. E., Cirrito, J. R., Wesson, D. W., Lee, C. D., Karlo, J. C., Zinn, A. E., ... & Landreth, G. E. (2012). ApoE-directed therapeutics rapidly clear β -amyloid and reverse deficits in AD mouse models. *Science*, 335(6075), 1503-1506. doi:10.1126/science.1217697
- Cramer, S. C., Sur, M., Dobkin, B. H., O'Brien, C., Sanger, T. D., Trojanowski, J. Q., ... & Vinogradov, S. (2011). Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain*, 134(6), 1591-1609. doi:10.1093/brain/awr039
- Danielsson, H., Henry, L., Rönnerberg, J., & Lars-Göran, N. (2010). Executive functions in individuals with intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities*, 31(6), 1299-1304. doi:10.1016/j.ridd.2010.07.012
- Danielsson, H., Zottarel, V., Palmqvist, L., & Lanfranchi, S. (2015). The effectiveness of working memory training with individuals with intellectual disabilities—a meta-analytic review. *Frontiers in Psychology*, 6. doi:10.3389/fpsyg.2015.01230
- De Bruyn, E. E. J., Vander Steene, G., Van Hassen, P. P., Coetsier, P., Pijl, Y. L., Spoelders-Claes, R., ... Lutje Spelberg, H. C. (1986). *Wechsler Intelligence Scale for Children - Revised Nederlandse uitgave (WISC Dutch version)*. Lisse, The Netherlands: Swets & Zeitlinger.
- Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A., Allamano, N., & Wilson, L. (1999). Pattern span: A tool for unwelding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia*, 37(10), 1189-1199. doi:10.1016/S0028-3932(98)00159-6
- Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A., & Wilson, L. (1997). *The Visual Patterns Test: A new test of short-term visual recall*. Suffolk: Thames Valley Test Company.
- Della Sala, S., & Logie, R. H. (2002). Neuropsychological impairments of visual and spatial working memory. In A. D. Baddeley, M. D. Kopelman, & B. A. Wilson (Eds.), *The handbook of memory disorders* (2nd ed., pp. 271-292). New York, NY: Wiley.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Behavior*, 19(4), 450-466. doi:10.1016/S0022-5371(80)90312-6

- Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 422-433.
- Dempster, F. N. (1981). Memory span: Sources of individual and developmental differences. *Psychological Bulletin*, 89(1), 63-100. doi:10.1037/0033-2909.89.1.63
- Devenny, A. D., Krinsky-McHale, S. J., Kittler, P. M., Flory, M., Jenkins, E., & Brown, W. T. (2004). Age-associated memory changes in adults with Williams syndrome. *Developmental Neuropsychology*, 26(3), 691-706. doi:10.1207/s15326942dn2603_3
- Devenny, D. A., Silverman, W. P., Hill, A. L., Jenkins, E., Sersen, E. A., & Wisniewski, K. E. (1996). Normal aging in adults with Down's syndrome: A longitudinal study. *Journal of Intellectual Disability Research*, 40(3), 208-221. doi:10.1111/j.1365-2788.1996.tb00624.x
- Don, A. G., Schellenberg, E. G., Reber, A. S., DiGirolamo, K. M., & Wang, P. P. (2003). Implicit learning in children and adults with Williams syndrome. *Developmental Neuropsychology*, 23(1-2), 201-225. doi:10.1080/87565641.2003.9651892
- Duff, S. C., & Logie, R. H. (2001). Processing and storage in working memory span. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 54(1), 31-48. doi:10.1080/02724980042000011
- Duncan, J. (1993). Selection of input and goal in the control of behavior. In A. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: Selection, awareness and control* (pp. 53-71). Oxford, UK: Clarendon.
- Edgin, J. O., Pennington, B. F., & Mervis, C. B. (2010). Neuropsychological components of intellectual disability: the contributions of immediate, working, and associative memory. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(5), 406-417. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01278.x
- Ellis, N. R. (1978). Do mentally retarded have memory deficits? *Intelligence*, 2(1), 41-45. doi:10.1016/0160-2896(78)90013-2
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 309-331. doi:10.1037/0096-3445.128.3.309
- Facon, B. (2008). A cross-sectional test of the similar-trajectory hypothesis among adults with mental retardation. *Research in Developmental Disabilities*, 29(1), 29-44. doi:10.1016/j.ridd.2006.10.003
- Farah, M. J. (1988). Is visual memory really visual? Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychological Review*, 95(3), 307-317. doi:10.1037/0033-295X.95.3.307

- Farrell Pagulayan, K., Busch, R. M., Medina, K. L., Bartok, J. A., & Krikorian, R. (2006). Developmental normative data for the Corsi Block-Tapping task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(6), 1043-1052. doi:10.1080/13803390500350977
- Feuerstein, R. (2003). Feuerstein's theory of cognitive modifiability and mediated learning. In T. C. Seng, R. D. Parsons, S. L. Hinson, & D. S. Brown (Eds.), *Educational psychology: A practitioner-researcher approach* (pp. 59-60). Seng, Singapore: Lee.
- Feuerstein, R., & Falik, L. H. (2010). Learning to think, thinking to learn: A comparative analysis of three approaches to instruction. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 9(1), 4-20. doi:10.1891/1945-8959.9.1.4
- Feuerstein, R., & Rand, Y. (1974). Mediated learning experiences: An outline of the proximal etiology for differential development of cognitive functions. In L. Goldfien (Ed.), *International understanding: Cultural differences in the development of cognitive processes* (pp. 7-37). New York, NY: Guilford.
- Feuerstein, R., & Rand, Y. (1997). *Don't accept me as I am: Helping retarded performers excel* (Rev. ed.). Arlington Heights, IL: SkyLight Training.
- Feuerstein, R., Rand, Y., & Hoffman, M. B. (1979). *The dynamic assessment of retarded performers: The learning potential assessment device, theory, instruments, and techniques*. Baltimore, MD: University Park Press.
- Fink, W., & Cegelka, P. T. (1982). Characteristics of the moderately and severely mentally retarded. In P. T. Cegelka & H. Y. Prehm (Eds.), *Mental retardation: From categories to people* (pp. 231-259). Columbus, OH: Merrill.
- Fisher, M. A., & Zeaman, D. (1970). Growth and decline of retarded intelligence. *International Review of Research in Mental Retardation*, 4, 151-191. doi:10.1016/S0074-7750(08)60024-5
- Flavell, J. H., Beach, D. H., & Chinsky, J. M. (1966). Spontaneous verbal rehearsal in a memory task as a function of age. *Child Development*, 37(2), 283-299. doi:10.2307/1126804
- Flynn, J. R. (1984). The mean IQ of Americans: Massive gains 1932 to 1978. **Psychological Bulletin**, 95(1), 29-51. doi:10.1037/0033-2909.95.1.29
- Fowler, A. E. (1990). Language abilities in children with Down syndrome: Evidence for a specific syntactic delay. In D. Cicchetti & M. Beeghly (Eds.), *Children with Down syndrome: A developmental perspective* (pp. 302-328). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Fray, P. J., & Robbins, T. W. (1996). CANTAB battery: Proposed utility in neurotoxicology. *Neurotoxicology and Teratology*, 18(4), 499-504. doi:10.1016/0892-0362(96)00027-X

- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. D., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, 17(2), 172–179. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01681.x
- Gathercole, S. E. (1999). Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(11), 410-419. doi:10.1016/S1364-6613(99)01388-1
- Gathercole, S., & Alloway, T. P. (2006). Practitioner review: Short-term and working memory impairments in neurodevelopmental disorders: Diagnosis and remedial support. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 47(1), 4-15. doi:10.1111/j.1469-7610.2005.01446.x
- Gathercole, S. E., & Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A practical guide for teachers*. Los Angeles, CA: Sage.
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1990). Phonological memory deficits in language-disordered children: Is there a causal connection? *Journal of Memory and Language*, 29(3), 336-360. doi:10.1016/0749-596X(90)90004-J
- Gathercole, S. E., & Hitch, G. J. (1993). Developmental changes in short-term memory: A revised working memory perspective. In A. F. Collins, S. E. Gathercole, M. A. Conway, & P. E. Morris (Eds.), *Theories of memory* (pp. 189-209). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70(2), 177-194. doi:10.1348/000709900158047
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Development Psychology*, 40(2), 177-190. doi:10.1037/0012-1649.40.2.177
- Godfrey, M., & Lee, N. R. (2018). Memory profiles in Down syndrome across development: A review of memory abilities through the lifespan. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 10(1). doi:10.1186/s11689-017-9220-y.
- Goldman-Rakic, P. S. (1987). Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. In W. B. Mountcastle, F. Plum, & S. R. Geiger (Eds.), *Handbook of physiology, section 1: The nervous system: Vol. V. Higher functions of the brain* (pp. 373-417). Bethesda, MD: American Physiological Society.
- Goldman-Rakic, P. W. (1988). Topography of cognition: Parallel distributed networks in primate association cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 11, 137-156. doi:10.1146/annurev.ne.11.030188.001033

- Graf, P., & Schacter, D. L. (1985). Implicit and explicit memory for new associations in normal and amnesic subjects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 11(3), 501-518. doi:10.1037/0278-7393.11.3.501
- Greenspan, S. (1999). What is meant by mental retardation? *International Review of Psychiatry*, 11(1), 6-18. doi:10.1080/09540269974474
- Grossman, H. J. (1973). *Manual on terminology and classification in mental retardation*. Washington, DC: American Association on Mental Deficiency.
- Grossman, H. J. (Ed.). (1983). *Classification in mental retardation*. Washington, DC: American Association on Mental Deficiency.
- Gunn, P., & Crombie, M. (1996). Language and speech. In B. Stratford & P. Gunn (Eds.), *New approaches to Down syndrome* (pp. 249-267). London, UK: Cassell.
- Gunzburg, H. C. (1968). *Social competence and mental retardation*. London, UK: Railliere Isindall.
- Hale, S., Rose, N. S., Myerson, J., Strube, M. J., Sommers, M., Tye-Murray, N., & Spehar, B. (2011). The structure of working memory abilities across the adult life span. *Psychology and Aging*, 26(1), 92-110. doi:10.1037/a0021483
- Hartman, E., Houwen, S., Scherder, E., & Visscher, C. (2010). On the relationship between motor performance and executive functioning in children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(5), 468-477. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01284.x
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108(3), 356-388. doi:10.1037/0096-3445.108.3.356
- Hasselhorn, M., & Korner, K. (1997). Nachsprechen von Kunstwortern: Zum Zusammenhang zwischen Arbeitsgedachtnis und syntaktischen Sprachleistungen bei Sechs- und Achtjahrigen [Repeating nonwords: The relationship between working memory and syntactic competence in six-and eighth years old]. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 29, 212-224.
- Hasselhorn, M., & Mahler, C. (2007). Phonological working memory of children in two German special schools. *International Journal of Disability, Development and Education*, 54(2), 225-244. doi:10.1080/10349120701330545
- Head, E., Lott, I. T., Patterson, D., Doran, E., & Haier, R. J. (2007). Possible compensatory events in adult Down syndrome brain prior to the development of Alzheimer disease neuropathology: Targets for nonpharmacological intervention. *Journal of Alzheimer's Disease*, 11(1), 61-76. doi:10.3233/JAD-2007-11110

- Head, E., Silverman W., Patterson, D., & Lott, I. T. (2012). Aging and Down syndrome. *Current Gerontology and Geriatrics Research*, 2012. doi:10.1155/2012/412536.
- Henry, L. (2001). How does the severity of a learning disability affect working memory performance? *Memory*, 9(4-6), 233-247. doi:10.1080/09658210042000085
- Henry, L. A., & MacLean, M. (2002). Working memory performance in children with and without intellectual disabilities. *American Journal on Mental Retardation*, 107(6), 421-432. doi:10.1352/0895-8017(2002)107<0421:WMPICW>2.0.CO;2
- Henry, L., & MacLean, M. (2003). Relationships between working memory, expressive vocabulary and arithmetical reasoning in children with and without intellectual disabilities. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 51-63.
- Henry, L., & Winfield, J. (2010). Working memory and educational achievement in children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(3), 354-365. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01264.x
- Henson, R. (2001). Neural working memory. In J. Andrade (Ed.), *Working memory in perspective* (pp. 151-174). Hove, UK: Psychology.
- Hesketh, L. J., & Chapman, R. S. (1998). Verb use by individuals with Down syndrome. *American Journal of Mental Retardation*, 103(3), 288-304. doi:10.1352/0895-8017(1998)103<0288:VUBIWD>2.0.CO;2
- Hester, R. L., Kinsella, G. J., & Ong, B. (2004). Effect of age on forward and backward span tasks. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(4), 475-481. doi:10.1017/S1355617704104037
- Hodapp, R. M., & Ziegler, E. (1990). Applying the developmental perspective to individuals with Down's syndrome. In D. Cicchetti & M. Beeghly (Eds.), *Children with Down syndrome: A developmental perspective* (pp. 1-28). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Hudspeth, W. J., & Pribram, K. H. (1990). Stages of brain and cognitive maturation. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 881-884. doi:10.1037/0022-0663.82.4.881
- Hulme, C., & Mackenzie, S. (1992). *Working memory and sever learning difficulties*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Jarrold, C., & Baddeley, A. D. (1997). Short-term memory for verbal and visuo-spatial information in Down's syndrome. *Cognitive Neuropsychiatry*, 2(2), 101-122. doi:10.1080/135468097396351
- Jarrold, C., & Baddeley, A. D. (2001). Short-term memory in Down syndrome: Applying the working memory model. *Down Syndrome Research and Practice*, 7(1), 17-23. doi:10.3104/reviews.110

- Jarrold, C., Baddeley, A. D., & Hewes, A. K. (1999). Genetically dissociated components of working memory: Evidence from Downs and Williams syndrome. *Neuropsychologia*, 37(6), 637-651. doi:10.1016/S0028-3932(98)00128-6
- Jarrold, C., Baddeley, A. D., & Hewes, A. K. (2000). Verbal short-term memory deficits in Down syndrome: A consequence of problems in rehearsal? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41(2), 223-244. doi:10.1111/1469-7610.00604
- Jarrold, C., Baddeley, A. D., Hewes, A. K., & Phillips, C. (2001). A longitudinal assessment of diverging verbal and non-verbal abilities in the Williams syndrome phenotype. *Cortex*, 37, 423-431. doi:10.1016/S0010-9452(08)70582-3
- Jarrold, C., Nadel, L., & Vicari, S. (2008). Memory and neuropsychology in Down syndrome. *Down Syndrome Research and Practice*. Advance online publication. doi:10.3104/reviews.2068
- Jarvis, H. L., & Gathercole, S. E. (2003). Verbal and non-verbal working memory and achievements on National Curriculum tests at 11 and 14 years of age. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 123-140.
- Johnson, W., Logie, R. H., & Brockmole, J. R. (2010). Working memory tasks differ in factor structure across age cohorts: Implications for dedifferentiation. *Intelligence*, 38(5), 513-528. doi:10.1016/j.intell.2010.06.005
- Kail, R. V. (1990). *The development of memory in children* (3rd ed.). New York, NY: Freeman.
- Kanno, K., & Ikeda, Y. (2002). Word-length effect in verbal short-term memory in individuals with Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 46(8), 613-618. doi:10.1046/j.1365-2788.2002.00438.x
- Katzman, R. (1993). Education and the prevalence of dementia and Alzheimer's disease. *Neurology*, 43(1), 13-20. doi:10.1212/WNL.43.1_Part_1.13
- Kaufman, A. S. (1993). Joint exploratory factor analysis of the Kaufman Assessment Battery for Children and the Kaufman Adolescent and Adult Intelligence Test for 11-and 12-year-olds. *Journal of Clinical Child Psychology*, 22(3), 355-364. doi:10.1207/s15374424jccp2203_6
- Kaufman, A. S. (2001). WAIS-III IQs, Horn's theory and generational changes from young adulthood to old age. *Intelligence*, 29(2), 131-167. doi:10.1016/S0160-2896(00)00046-5
- Kim, E. Y., & Kim, K. W. (2014). A theoretical framework for cognitive and non-cognitive interventions for older adults: Stimulation versus compensation. *Aging & Mental Health*, 18(3), 304-315. doi:10.1080/13607863.2013.868404
- Kittler, P., Krinsky-McHale, S. J., & Devenny, D. A. (2004). Sex differences in performance over 7 years on the Wechsler Intelligence Scale for Children - Revised among adults with intellectual

- disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 48(2), 114-122. doi:10.1111/j.1365-2788.2004.00500.x
- Kogan, N., Connor, K., Gross, A., & Fava, D. (1980). Understanding visual metaphor: Developmental and individual differences. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 45(1), 1-78. doi:10.2307/1165832
- Kojima, S., & Goldman-Rakic, P. S. (1984). Functional analysis of spatially discriminative neurons in prefrontal cortex of rhesus monkey. *Brain Research*, 291(2), 229-240. doi:10.1016/0006-8993(84)91255-1
- Krikorian, R., Bartok, J., & Gay, N. (1994). Tower of London procedure: A standard method and developmental data. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology*, 16(6), 840-850. doi:10.1080/01688639408402697
- Kroesbergen, E. H., van't Noordende, J. E., & Kolkman, M. E. (2014). Training working memory in kindergarten children: Effects on working memory and early numeracy. *Child Neuropsychology*, 20(1), 23-37. doi:10.1080/09297049.2012.736483
- Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working memory capacity? *Intelligence*, 14(4), 389-433. doi:10.1016/S0160-2896(05)80012-1
- Landesman-Ramey, S., Dossett, E., & Echols, K. (1996). The social ecology of mental retardation. In J. W. Jacobson & J. A. Mulick (Eds.), *Manual of diagnosis and professional practice in mental retardation* (pp. 55-65). Washington, DC: American Psychology Association.
- Lanfranchi, S., & Carretti, B. (2012). The increase in Colored Progressive Matrices Test performance in individuals with Down syndrome: A qualitative and quantitative review. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 11(2), 143-158. doi:10.1891/1945-8959.11.2.143
- Lanfranchi, S., Carretti, B., Spanò, G., & Cornoldi, C. (2009). A specific deficit in visuospatial simultaneous working memory in Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 53(5), 474-483. doi:10.1111/j.1365-2788.2009.01165.x
- Lanfranchi, S., Cornoldi, C., Drigo, S., & Vianello, R. (2009). Working memory in individuals with fragile X syndrome. *Child Neuropsychology*, 15(2), 105-119. doi:10.1080/09297040802112564
- Lanfranchi, S., Cornoldi, C., & Vianello, R. (2002). Working memory deficits in individuals with and without mental retardation. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 2(3), 301-312. doi:10.1891/194589502787383236
- Lanfranchi, S., Cornoldi, C., & Vianello, R. (2004). Verbal and visuospatial working memory deficits in children with Down syndrome. *American Journal of Mental Retardation*, 109(6), 456-466. doi:10.1352/0895-8017(2004)109<456:VAVWMD>2.0.CO;2

- Lanfranchi, S., Jerman, O., Dal Pont, E., Alberti, A., & Vianello, R. (2010). Executive function in adolescents with Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(4), 308-319. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01262.x
- Lanfranchi, S., Jerman, O., & Vianello, R. (2009). Working memory and cognitive skills in individuals with Down syndrome. *Child Neuropsychology*, 15(4), 397-416. doi:10.1080/09297040902740652
- Laws, G. (2002). Working memory in children and adolescents with Down syndrome: Evidence from a colour memory experiment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 43(3), 353-364. doi:10.1111/1469-7610.00026
- Lee, H. F., Gorsuch, R. L., Saklofske, D. H., & Patterson, C. A. (2008). Cognitive differences for ages 16 to 89 years (Canadian WAIS-III) curvilinear with Flynn and processing speed corrections. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 26(4), 382-394. doi:10.1177/0734282908323628
- Levy, Y., & Hermon, S. (2003). Morphological abilities of Hebrew-speaking adolescents with Williams syndrome. *Developmental Neuropsychology*, 23(1-2), 59-83. doi:10.1080/87565641.2003.9651887
- Lifshitz, H., & Katz, Y. J. (2009). Religious concepts among individuals with intellectual disability: A comparison between adolescents and adults. *European Journal of Special Needs Education*, 24(2), 183-201. doi:10.1080/08856250902793651
- Lifshitz, H., Kilberg, E., & Vakil, E. (2016). Working memory studies among individuals with intellectual disability: An integrative research review. *Research in Developmental Disabilities*, 59, 147-165. doi:10.1016/j.ridd.2016.08.001
- Lifshitz, H., Nissim, S., Meirovich, S. S., & Weiss, I. (2016). The contribution of post-secondary academic courses on crystallized and fluid tests of adults with intellectual disability with/without Down syndrome. *Acta Psychopathologica*, 2(4). doi:10.4172/2469-6676.100060
- Lifshitz, H., & Rand, Y. (1999). Cognitive modifiability in adult and older people with mental retardation. *Mental Retardation*, 37(2), 125-138. doi:10.1352/0047-6765(1999)037<0125:CMIAAO>2.0.CO;2
- Lifshitz, H., & Tzuriel, D. (2004). Durability of effects of instrumental enrichment in adults with intellectual disabilities. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 3(3), 297-322. doi:10.1891/194589504787382992
- Lifshitz, H., Tzuriel, D., & Weiss, I. (2005). Effects of training in conceptual versus perceptual analogies among adolescents and adults with intellectual disability. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 5(2), 144-170. doi:10.1891/194589505787382504

- Lifshitz, H., Weiss, I., Tzuriel, D., & Tzemach, M. (2011). New model of mapping difficulties in solving analogical problems among adolescents and adults with intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities*, 32(1), 326-344. doi:10.1016/j.ridd.2010.10.010
- Lifshitz-Vahav, H. (2015). Compensation Age Theory (CAT): Effect of chronological age on individuals with intellectual disability. *Education and Training in Developmental Disabilities*, 50(2), 127-141.
- Lifshitz-Vahav, H., Shnitzer, S., & Mashal, N. (2016). Participation in recreation and cognitive activities as a predictor of cognitive performance of adults with/without Down syndrome. *Aging & Mental Health*, 20(9), 955-964. doi:10.1080/13607863.2015.1047322.
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Logie, R. H., Brockmole, J. R., & Vandenbroucke, A. R. (2009). Bound feature combinations in visual short-term memory are fragile but influence long-term learning. *Visual Cognition*, 17(1-2), 160-179. doi:10.1080/13506280802228411
- Logie, R. H., & Pearson, D. G. (1997). The inner eye and the inner scribe of visuo-spatial working memory: Evidence from developmental fractionation. *European Journal of Cognitive Psychology*, 9(3), 241-257. doi:10.1080/713752559
- Luciana, M., Conklin, H. M., Hooper, C. J., & Yarger, R. S. (2005). The development of nonverbal working memory and executive control processes in adolescents. *Child Development*, 76(3), 697-712. doi:10.1111/j.1467-8624.2005.00872.x
- Luckasson, R., Borthwick-Duffy, S., Buntinx, W. H. E., Coulter, D. L., Craig, E. M., & Reeve, A. (2002). *Mental retardation: Definition, classification, and systems of support* (10th ed.). Washington, DC: American Association on Mental Retardation.
- Luckasson, R., Coulter, D. L., Polloway, E. A., Riess, S., Sschalock, R. L., Snell, M. E., ... Stark, J. A. (1992). *Mental retardation: Definition classification and system of supports* (9th ed.). Washington, DC: American Association on Mental Retardation.
- Lufting, R. L. (1987). *Teaching the mentally retarded student: Curriculum methods and strategies*. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Luteijn, F., & van der Ploeg, F. A. E. (1983). *Manual Groningen Intelligence Test*. Lisse, The Netherlands: Swets, Zeitlinger.
- MacMillan, D. L., Gresham, F. M., & Siperstein, G. N. (1993). Conceptual and psychometric concerns about the 1992 AAMR definition of mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, 98(3), 325-335.

- MacMillan, D., & Reschly, D. J. (1997). Issues of definition and classification. In W. E. MacLean (Eds.), *Ellis' handbook of mental deficiency: Psychological theory and research* (3rd ed., pp. 47-74). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Maehler, C., & Schuchardt, K. (2009). Working memory functioning in children with learning disabilities: Does intelligence make a difference? *Journal of Intellectual Disability Research*, 53(1), 3-10. doi:10.1111/j.1365-2788.2008.01105.x
- Mahncke, H. W., Connor, B. B., Appelman, J., Ahsanuddin, O. N., Hardy, J. L., Wood, R. A., ... & Merzenich, M. M. (2006). Memory enhancement in healthy older adults using a brain plasticity-based training program: A randomized, controlled study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(33), 12523-12528. doi:10.1073/pnas.0605194103
- Marcell, M. M., & Armstrong, V. (1982). Auditory and visual sequential memory of Down syndrome and nonretarded children. *American Journal of Mental Deficiency*, 87(1), 86-95.
- Mashal, N., & Kasirer, A. (2011). Thinking maps enhance metaphoric competence in children with autism and learning disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2045-2054. doi:doi:10.1016/j.ridd.2011.08.012
- McDonald, J. L. (2008). Grammaticality judgments in children: The role of age, working memory and phonological ability. *Journal of Child Language*, 35(2), 247-268. doi:10.1017/S0305000907008367
- McGrew, K. S. (2005). The Cattell-Horn-Carroll theory of cognitive abilities: Past, present, and future. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues*. New York, NY: Guilford.
- McGrew, K. S. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*, 37(1), 1-10. doi:10.1016/j.intell.2008.08.004
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270-291. doi:10.1037/a0028228
- Melby-Lervåg, M., Redick, T. S., & Hulme, C. (2016). Working memory training does not improve performance on measures of intelligence or other measures of “far transfer”: Evidence from a meta-analytic review. *Perspectives on Psychological Science*, 11(4), 512-534. doi:10.1177/1745691616635612
- Merighi, J., Edison, M., & Zigler, E. (1990). The role of motivational factors in the functioning of mentally retarded individuals. In R. M. Hodapp, J. A. Burack, & E. Zigler (Eds.), *Issues in the*

- developmental approach to mental retardation* (pp. 114-134). New York, NY: Cambridge University Press.
- Miller, J. F. (1992). Development of speech and language in children with Down syndrome. In I. T. Lott & E. E. McCoy (Eds.), *Down syndrome: Advances in medical care* (pp. 39-50). New York, NY: Wiley-Liss.
- Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, 27(3), 272-277. doi:10.1093/oxfordjournals.bmb.a070866
- Mitchell, M. B., Cimino, C. R., Benitez, A., Brown, C. L., Gibbons, L.E., Kennison, R.F., ... & Piccinin, A. M. (2012). Cognitively stimulating activities: Effects on cognition across four studies with up to 21 years of longitudinal data. *Journal of Aging Research*, 2012. doi:10.1155/2012/461592
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex 'frontal lobe' tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734
- Miyake, A., & Shah, P. (Eds.). (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Moely, E. E., Olson, F. A., Halwes, T. G., & Flavell, J. H. (1969). Production deficiency in young children's clustered recall. *Developmental Psychology*, 1(1), 26-34. doi:10.1037/h0026804
- Mogle, J. A., Lovett, B. J., Stawski, R. S., & Sliwinski, M. J. (2008). What's so special about working memory? An examination of the relationships among working memory, secondary memory, and fluid intelligence. *Psychological Science*, 19(11), 1071-1077. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02202.x
- Monaco, M., Costa, A., Caltagirone, C., & Carlesimo, G. A. (2013). Forward and backward span for verbal and visuo-spatial data: Standardization and normative data from an Italian adult population. *Neurological Sciences*, 34(5), 749-754. doi:10.1007/s10072-012-1130-x
- Morrell, R. W., & Park, D. C. (1993). The effects of age, illustrations, and tasks variables on the performance of procedural assembly tasks. *Psychology and Aging*, 8(3), 389-399. doi:10.1037/0882-7974.8.3.389

- Myerson, J., Emery, L., White, D. A., & Hale, S. (2003). Effects of age, domain, and processing demands on memory span: Evidence for differential decline. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 10(1), 20-27. doi:10.1076/anec.10.1.20.13454
- Nation, K., Adams, J. W., Bowyer-Crane, C. A., & Snowling, M. J. (1999). Working memory deficits in poor comprehenders reflect underlying language impairments. *Journal of Experimental Child Psychology*, 73(2), 139-158. doi:10.1006/jecp.1999.2498
- Naveh-Benjamin, M. (1987). Coding of spatial location information: An automatic process? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(4), 595-605. doi:10.1037/0278-7393.13.4.595
- Naveh-Benjamin, M. (1988). Recognition memory of spatial location information: Another failure to support automaticity. *Memory and Cognition*, 16(5), 437-445. doi:10.3758/BF03214224
- Nelson, C. A., Monk, C. S., Lin, J., Carver, L. J., Thomas, K. M., & Truwit, C. L. (2000). Functional neuroanatomy of spatial working memory in children. *Developmental Psychology*, 36(1), 109-116. doi:10.1037/0012-1649.36.1.109
- Nisbett, R. E., Aronson, J., Blair, C., Dickens, W., Flynn, J., Halpern, D. F., & Turkheimer, E. (2012). Intelligence: New findings and theoretical developments. *American Psychologist*, 67(2), 130-159. doi:10.1037/a0026699
- Nissen, M. J., & Bellemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19(1), 1-32. doi:10.1016/0010-0285(87)90002-8
- Nithianantharajah, J., & Hannan, A. J. (2006). Enriched environments, experience-dependent plasticity and disorders of the nervous system. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(9), 697-709. doi:10.1038/nrn1970
- Numminen, H., Service, E., Ahonen, T., Korhonen, T., Tolvanen, A., Patja, K., & Ruoppila, I. (2000). Working memory structure and intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 44(5), 579-590. doi:10.1046/j.1365-2788.2000.00279.x
- Numminen, H., Service, E., Ahonen, T., & Ruoppila, I. (2001). Working memory and everyday cognition in adults with Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 45(2), 157-168. doi:10.1046/j.1365-2788.2001.00298.x
- Numminen, H., Service, E., & Ruoppila, I. (2002). Working memory, intelligence and knowledge base in adult persons with intellectual disability. *Research in Intellectual Disability*, 23(3), 105-118. doi:10.1016/S0891-4222(02)00089-6

- Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging*, 17(2), 299-320. doi:10.1037/0882-7974.17.2.299
- Petrides, M., & Milner, B. (1982). Deficits of subject-ordered tasks after frontal- lobe and temporal-lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 20(2), 601-614. doi:10.1016/0028-3932(82)90100-2
- Phillips, L. H., & Andrés, P. (2010). The cognitive neuroscience of aging: New findings on compensation and connectivity. *Cortex*, 46(4), 421-424. doi:10.1016/j.cortex.2010.01.005
- Phillips, L. H., & Hamilton, C. (2001). The working memory model in adult aging research. In J. Andrade (Ed.), *Working memory in perspective* (pp. 101-125). Hove, UK: Psychology.
- Piaget, J. (1965). *The child's conception of number*. New York, NY: Norton.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and psychology of the child*. New York, NY: Viking.
- Pickering, S. J., & Gathercole, S. E. (2001). *Working Memory Test Battery for Children* (WMTB-C). London, UK: Psychological Corporation.
- Pickering, S. J., & Gathercole, S. E. (2004). Distinctive working memory profiles in children with special educational needs. *Educational Psychology*, 24(3), 393-408. doi:10.1080/0144341042000211715
- Pinter, J. D., Eliez, S., Schmitt, J. E., Capone, G. T., & Reiss, A. L. (2001). Neuroanatomy of Down's syndrome: A high-resolution MRI study. *American Journal of Psychiatry*, 158(10), 1659-1665. doi:10.1176/appi.ajp.158.10.1659
- Pueschel, S. M. (Ed.). (1995). *A parent's guide to Down syndrome: Toward a brighter future*. Baltimore, MD: Brookes.
- Purser, H. R. M., & Jarrold, C. (2005). Impaired verbal short-term memory in Down syndrome reflects a capacity limitation rather than atypically rapid forgetting. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(1), 1-23. doi:10.1016/j.jecp.2005.01.002
- Ramon, Y., & Cajal, S. (1928). *Degeneration and regeneration of the nervous system*. New York, NY: Oxford University Press.
- Ranganath, C., & Blumenfeld, R. S. (2005). Doubts about double dissociations between short-and long-term memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(8), 374-380. doi:10.1016/j.tics.2005.06.009
- Raven, J., Raven, J. C., & Court, J. H. (1998). *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales: Section 3. Standard progressive matrices*. Oxford, UK: Oxford Psychologists Press.

- Reed, T. (1996). Analogical reasoning in subjects with autism, retardation, and normal development. *Journal of Development and Physical Disabilities*, 8(1), 61-76. doi:10.1007/BF02578440
- Reiss, S. (1994). *Handbook of challenging behavior: Mental health aspects of mental retardation*. Worthington, OH: IDS.
- Reitan, R. M., & Davison, L. A. (Eds.). (1974). *Clinical neuropsychology: Current status and applications*. New York, NY: Wiley.
- Rolstad, S., Nordlund, A., Eckerström, C., Gustavsson, M. H., Zetterberg, H., & Wallin, A. (2009). Biomarkers in relation to cognitive reserve in patients with mild cognitive impairment – Proof of concept. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 27(2), 194-200. doi:10.1159/000203130
- Rowe, J., Lavender, A., & Turk, V. (2006). Cognitive executive function in Down's syndrome. *British Journal of Clinical Psychology*, 45(1), 5–17. doi:10.1348/014466505X29594
- Sahakian, B. J., & Owen, A. M. (1992). Computerized assessment in neuropsychiatry using CANTAB: Discussion paper. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 85(7), 399-402.
- Salame, P., & Baddeley, A. D. (1982). Disruption of short term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21(2), 150-164. doi:10.1016/S0022-5371(82)90521-7
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403-428. doi:10.1037/0033-295X.103.3.403
- Salthouse, T. A., & Babcock, R. L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology*, 27(5), 763-776. doi:10.1037/0012-1649.27.5.763
- Salthouse, T. A., & Meinz, E. J. (1995). Aging, inhibition, working memory, and speed. *The Journals of Gerontology: Series B. Psychological Sciences and Social Sciences*, 50(6), 297-306. doi:10.1093/geronb/50B.6.P297
- Sander, M. C., Werkle-Bergner, M., & Lindenberger, U. (2011). Binding and strategic selection in working memory: A lifespan dissociation. *Psychology and Aging*, 26(3), 612-624. doi:10.1037/a0023055
- Satz, P. (1993). Brain reserve capacity on symptom onset after brain injury: A formulation and review of evidence for threshold theory. *Neuropsychology*, 7(3), 273-295. doi:10.1037/0894-4105.7.3.273
- Schalock, R. L., Borthwick-Duff, S. A., Bradley, V., Buntix, W. H. E., Coulter, D. L., Craig, E. M., ... Yeager, M. H. (2010). *Intellectual disability: Definition, classification, and systems of supports*

- (11th ed.). Washington, DC: American Association on Intellectual and Developmental Disabilities.
- Schuchardt, K., Gebhardt, M., & Mäehler, C. (2010). Working memory functions in children with different degrees of intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(4), 346-353. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01265.x
- Schuchardt, K., Mäehler, C., & Hasselhorn M. (2011). Functional deficits in phonological working memory in children with intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 32(5), 1934-1940. doi:10.1016/j.ridd.2011.03.022
- Sebastián, M. V., & Mediavilla, R. (2015). Verbal forward digit span in Spanish population. *Psicothema*, 27(2), 93-98. doi:10.7334/psicothema2014.258
- Serino, A., Ciaramelli, E., Di Santantonio, A., Malagu, S., Servadei, F., & Ladavas, E. (2006). Central executive system impairment in traumatic brain injury. *Brain Injury*, 20(1), 23–32. doi:10.1080/02699050500309627
- Service, E. (1998). The effect of word length on immediate serial recall depends on phonological complexity, not articulatory duration. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 51(2), 283-304. doi:10.1080/713755759
- Seung, H. K., & Chapman, R. (2004). Digit span in individuals with Down syndrome and in typically developing children: Temporal aspects. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 43(3), 609-620. doi:10.1044/jslhr.4303.609
- Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125(1), 4-27. doi:10.1037/0096-3445.125.1.4
- Shallice, T. (1993). Neuropsychological investigation of supervisory and thought selection. In A. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: Selection, awareness and control*. Oxford, UK: Clarendon.
- Silverman, W. (2007). Down syndrome: Cognitive phenotype. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 13(3), 228-236. doi:10.1002/mrdd.20156
- Silverman, W. P., Zigman, W. B., Krinsky-McHale, S. J., Ryan, R., & Schupf, N. (2013). Intellectual disability, mild cognitive impairment, and risk for dementia. *Journal of Policy and Practice in Intellectual Disabilities*, 10(3), 245-251. doi:10.1111/jppi.12042.
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1997). Working memory: A view from neuro-imaging. *Cognitive Psychology*, 33(1), 5-42. doi:10.1006/cogp.1997.0658

- Squire, L. R. (2006). Lost forever or temporarily misplaced? The long debate about the nature of memory impairment. *Learning & Memory*, 13(5), 522-529. doi:10.1101/lm.310306
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(3), 448-460. doi:10.1017/S1355617702813248
- Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia*, 47(10), 2015–2028. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.03.004
- Stern, Y. (2013). Cognitive reserve: Implications for assessment and intervention. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 65(2), 49-54. doi:10.1159/000353443
- Stern, Y., Habeck, C., Moeller, J., Scarmeas, N., Anderson, K. E., Hilton, J., ... van Heertum, R. (2005). Brain networks associated with cognitive reserve in healthy young and old adults. *Cerebral Cortex*, 15(4), 394-402. doi:10.1093/cercor/bhh142
- Stuss, D. T., & Knight, R. T. (Eds.). (2002). *Principles of frontal lobe functions*. New York, NY: Oxford University Press.
- Swanson, H. L. (1994). Short term memory and working memory: Do both contribute to our understanding of academic achievement in children and adults with learning disabilities? *Journal of Learning Disabilities*, 27(1), 34-50. doi:10.1177/002221949402700107
- Switzky, H. N., & Greenspan, S. (Eds.). (2003). *What is mental retardation? Ideas for an evolving disability*. Washington, DC: American Association on Mental Retardation.
- Temple, V., Drummond, C., Valiquette, S., & Jozsvai, E. (2010). A comparison of intellectual assessments over video conferencing and in-person for individuals with ID: Preliminary data. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(6), 573-577. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01282.x
- Towse, J. N., & Mclachlan, A. (1999). An exploration of random generation among children. *British Journal of Developmental Psychology*, 17(3), 363-380. doi:10.1348/026151099165348
- Treize, K., & Reeve, R. A. (2014). Working memory, worry, and algebraic ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 121, 120–136. doi:10.1016/j.jecp.2013.12.001
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory* (pp. 381-402). New York, NY: Academic.
- Tzuriel, D. (2013). Mediated learning experience and cognitive modifiability. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 12(1), 59-80. doi:10.1891/1945-8959.12.1.59

- Ungerleider, L. G. (1996). What and where in the human brain? Evidence from functional brain imaging studies. In K.-P. Hoffmann, F. Lacquaniti, J. Altman, & R. Caminiti (Eds.), *Vision and movement mechanisms in the cerebral cortex* (pp. 23-30). Strasbourg: Human Frontier Science Program.
- Unsworth, N., & Engle, R. W. (2007). On the division of short-term and working memory: An examination of simple and complex span and their relation to higher order abilities. *Psychological Bulletin*, 133(6), 1038-1066. doi:10.1037/0033-2909.133.6.1038
- Vakil, E., & Blachstein, H. (1993). Rey auditory-verbal learning test: Structure analysis. *Journal of Clinical Psychology*, 49(6), 883-890. doi:10.1002/1097-4679(199311)49:6<883::AID-JCLP2270490616>3.0.CO;2-6
- Vakil, E., & Blachstein, H. (1997). Rey AVLT: Developmental norms for adults and the sensitivity of different memory measures to age. *The Clinical Neuropsychologist*, 11(4), 356-369. doi:10.1080/13854049708400464
- Vakil, E., Blachstein, H., & Sheinman, M. (1998). Rey AVLT: Developmental norms for children and the sensitivity of different memory measures to age. *Child Neuropsychology*, 4(3), 161-177. doi:10.1076/chin.4.3.161.3173
- Vallar, G., & Baddeley, A. D. (1984). Fractionation of working memory: Neuropsychological evidence for phonological short-term store. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23(2), 151-161. doi:10.1016/S0022-5371(84)90104-X
- Vallar, G., & Shallice, T. (Eds.). (1990). *Neuropsychological impairments of short-term memory*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Van der Molen, M. J., Henry, L. A., & Van Luit, J. E. H. (2014). Working memory development in children with mild to borderline intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 58(7), 637-650. doi:10.1111/jir.12061
- Van der Molen, M. J., Van Luit, J. E. H., Jongmans, M. J., & Van der Molen, M. W. (2007). Verbal working memory in children with mild intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 51(2), 162-169. doi:10.1111/j.1365-2788.2006.00863.x
- Van der Molen, M. J., Van Luit, J. E. H., Jongmans, M. J., & Van der Molen, M. W. (2009). Memory profiles in children with mild intellectual disabilities: Strengths and weaknesses. *Research in Developmental Disabilities*, 30(6), 1237-1247. doi:10.1016/j.ridd.2009.04.005
- Van der Molen, M. J., Van Luit, J. E. H., Van der Molen, M. W., & Jongmans, M. J. (2010). Every day memory and working memory in adolescents with mild intellectual disabilities. *American*

- Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 115(3), 207-217. doi:10.1352/1944-7558-115.3.207
- Van der Molen, M., Van Luit, J. E. H., Van der Molen, M. W., Klugkist, I., & Jongmans, M. J. (2010). Effectiveness of a computerised working memory training in adolescents with mild to borderline intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(5), 433-447. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01285.x.
- Vicari, S. (2001). Implicit versus explicit memory function in children with Down and Williams syndrome. *Down Syndrome Research and Practice*, 7(1), 35-40. doi:10.3104/reports.112
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G. A. (2000). Implicit and explicit memory: Functional dissociation in person with Down syndrome. *Neuropsychologia*, 38(3), 240-251. doi:10.1016/S0028-3932(99)00081-0
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G. A. (2003). Visual and spatial working memory dissociation: Evidence from Williams syndrome. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 45(4), 269-273. doi:10.1111/j.1469-8749.2003.tb00342.x
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G. A. (2005). Visual and spatial long-term memory: Differential pattern of impairments in Williams and Down Syndromes. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47(5), 305-311. 10.1111/j.1469-8749.2005.tb01141.x
- Vicari, S., Bellucci, S., & Carlesimo, G. A. (2006). Evidence from two genetic syndromes for the independence of spatial and visual working memory. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 48(2), 126-131. doi:10.1017/S0012162206000272
- Vicari, S., & Carlesimo, G. A. (2002). Children with intellectual disabilities. In A. Baddeley, M. Kopelman, & B. A. Wilson (Eds.), *Handbook of memory disorders* (2nd ed., pp. 501-520). New York, NY: Wiley.
- Vicari, S., Carlesimo, A., & Caltagirone, C. (1995). Short-term memory in persons with intellectual disabilities and Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 39(6), 532-537. doi:10.1111/j.1365-2788.1995.tb00574.x
- Vig, S., & Jedrysek, E. (1996). Application of the 1992 AAMR definition: Issues for preschool children. *Mental Retardation*, 34(4), 244-246.
- Visu-Petra, L., Benga, O., Tincas, I., & Miclea, M. (2007). Visual-spatial processing in children and adolescents with Down's syndrome: A computerized assessment of memory skills. *Journal of Intellectual Disability Research*, 51(12), 942-952. doi:10.1111/j.1365-2788.2007.01002.x
- Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(4), 255-274. doi:10.3758/CABN.3.4.255

- Wang, P. P., & Bellugi, U. (1994). Evidence from two genetic syndromes for a dissociation between verbal and visual-spatial short-term memory. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16(2), 317-322. doi:10.1080/01688639408402641
- Wechsler, D. (1955). *Manual for the Wechsler adult intelligence scale (WAIS)*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1974). *Manual for the Wechsler Intelligence Scale for Children – Revised*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1981). *Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale - Revised (WAIS-R)*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1991). *Wechsler Intelligence Scale for Children – Third Edition*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1997a). *Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale – Third Edition (WAIS-III)*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1997b). *Wechsler Memory Scale — Third edition (WMS-III^{UK}): Administration and scoring manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1999). *Wechsler Abbreviated Intelligence Scale (WASITM)*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2001). *WAIS-III: Wechsler Adult Intelligence Scale, Third Edition - Canadian technical manual*. Toronto, Ontario, Canada: Harcourt Canada.
- Wiesen, T. N., & Hubel, D. H. (1963). Effects of visual deprivation on morphology and physiology of cell in the cat's lateral geniculate body. *Journal of Neurophysiology*, 26(6), 978–993. doi:10.1152/jn.1963.26.6.978
- Willner, P., Bailey, R., Parry, R., & Dymond, S. (2010). Evaluation of the ability of people with intellectual disabilities to ‘weigh up’ information in two tests of financial reasoning. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(4), 380-391. doi:10.1111/j.1365-2788.2010.01260.x
- Wilson, B. A., Cockburn, J., & Baddeley, A. D. (1985). *The Rivermead Behavioural Memory Test*. Bury St Edmunds: Thames Valley Test Company.
- Wilson, R. S., & Bennett, D. A. (2003). Cognitive activity and risk of Alzheimer's disease. *Current Directions in Psychological Science*, 12(3), 87-91. doi:10.1111/1467-8721.01236
- Wilson, R. S., & Bennett, D. A. (2005). Assessment of cognitive decline in old age with brief tests amenable to telephone administration. *Neuroepidemiology*, 25(1), 19–25. doi:10.1159/000085309

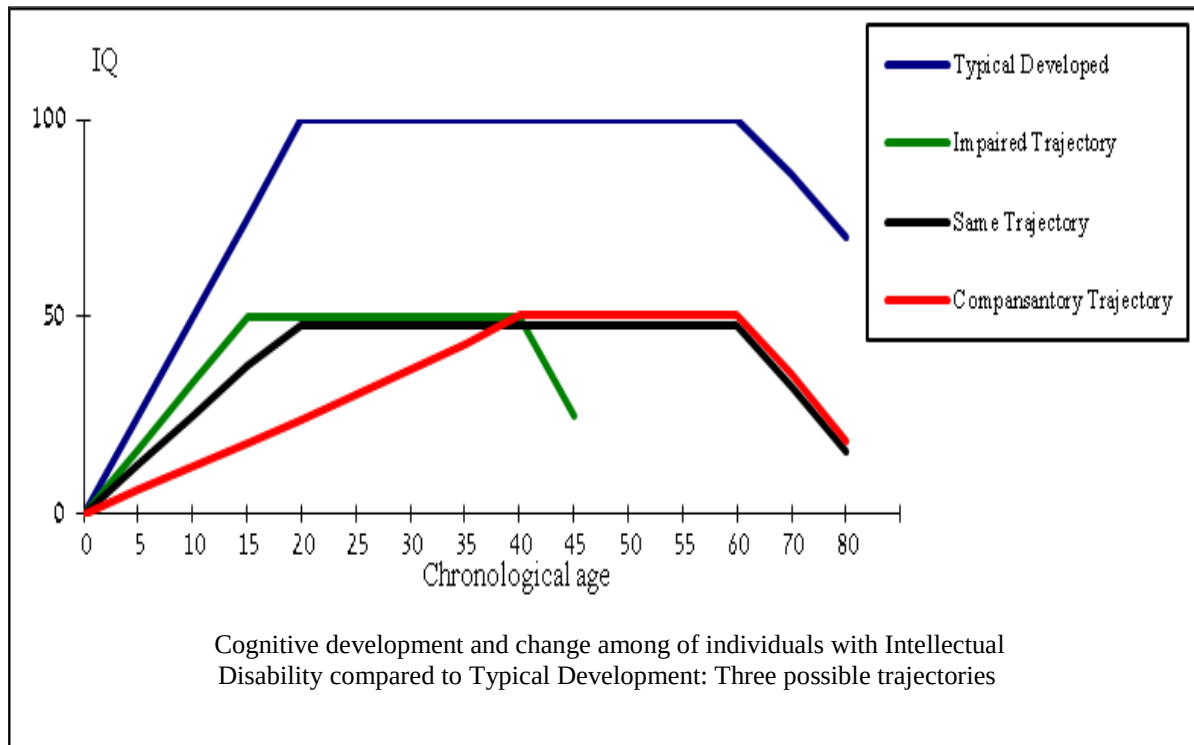
- Wilson, R. S., Mendes de Leon, C. F., Barnes, L., Schneider, J. A., Bienias, J. L., Evans, D. A., & Bennett, D. A. (2002). Participation in cognitively stimulating activities and risk of incident Alzheimer disease. *JAMA*, 287(6), 742-748. doi:10.1001/jama.287.6.742
- Wilson, R. S., Scott, I. H., & Power, G. (1987). Developmental differences in the span of visual memory pattern. *British Journal of Developmental Psychology*, 5(3), 249-255. doi:10.1111/j.2044-835X.1987.tb01060.x
- Wisniewski, K. E. (1990). Down syndrome children often have brain with maturation delay, retardation of growth, and cortical dysgenesis. *American Journal of Medical Genetics, Supplement*, 37(7), 274-281. doi:10.1002/ajmg.1320370755
- Wolf, H., Julin, P., Gertz, H.-J., Winblad, B., & Wahlund, L.-O. (2004). Intracranial volume in mild cognitive impairment, Alzheimer's disease and vascular dementia: Evidence for brain reserve? *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 19(10), 995-1007. doi:10.1002/gps.1205
- Yakovlev, P., & Lecours, A. (1967). The myelinogenetic cycles of regional maturation of the brain. In A. Minkowski (Ed.), *Regional development of the brain early life* (pp. 3-70). Oxford, UK: Blackwell.
- Zeaman, D., & House, B. (1979). A review of attention theory. In N. R. Ellis (Ed.), *Handbook of mental deficiency, psychological theory and research* (2nd ed., pp. 63-120). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Zigman, W. B., Schupf, N., Devenny, D. A., Mizejeski, C., Ryan, R., Urv, T. K., ... Silverman, W. (2004). Incidence and prevalence of dementia in elderly adults with mental retardation without Down syndrome. *American Journal of Mental Retardation*, 109(2), 126-141. doi:10.1352/0895-8017(2004)109<126:IAPODI>2.0.CO;2
- Zigman, W. B., Schupf, N., Jenkins, E. C., Urv, T. K., Tycko, B., & Silverman, W. (2007). Cholesterol level, statin use and Alzheimer's disease in adults with Down syndrome. *Neuroscience Letters*, 416(3), 279-284. doi:10.1016/j.neulet.2007.02.02

נספחים

נספח 1 :

תרשים 9: שלושת הנתיבים האפשריים להתפתחות האינטליגנציה בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית

על פי Fisher and Zeaman (1970).



נספח 2:

לוח 12: סיכום מטלות המחקר על פי עומס המטלה (רמת הבקרה) בכל ערוץ

ערוצי זיכרון העבודה				
מנגנון בקרה מרכזי אופנות חזותית	מנגנון בקרה מרכזי אופנות פונולוגית	ערוץ חזותי-מרחבי	לולאה פונולוגית	רמת עומס המטלה
Starting position selection	Selective span task	Visual span task	Forward digit span	נמוכה
Backward spatial span	Backward digit span	Corsi Blocks	Forward word span	בינונית
Visuo-spatial double task	Verbal double- task	Matrix	Non-word recall	גבוהה

נספח 3:

שאלון השתתפות בפעילויות פנאי

שם החניך: _____ הגיל: _____ שנת לידה: _____
 אטיולוגיה (ללא / עם תסמונת דאון). תעסוקה: מע"ש / שוק פתוח: אריזה, אחר: _____
 מסגרת תעסוקתית: _____ מסגרת מגורים: _____

תדירות						הפעילות
בכלל לא 0	פעם בחודש 1	פעם בשבועיים 2	פעם בשבוע 3	פעמים בשבוע 4	לפחות פעם ביומים 5	
						טלוויזיה: מה רואים?
						קלפים: משחקי שולחן: שש בש, דמקה, אחר (פעילות כלשהי)
						משחק בפזלים
						חוגי קוגניציה
						קריאת עיתון/ספר
						מחשב/טבלט, אייפד
						חוגי אקטואליה
						למידה באוניברסיטה / במכללה
						שיעור פרטי
						שיחה בטלפון (הורה/חבר/אחר)
						חוגי אמנות
						ציור
						צילום
						מוסיקה
						דרמה/ תיאטרון
						ספורט (כדור סל) קריוקי, בלט, ג'ז, אחר
						בישול
						תכשיטנות
						טיפול בחיות/גינון

סיכום כל נקודות: ציון סופי _____

Abstract

The present study is divided into two parts. The aim of the first part was to examine developmental trajectories of working memory among individuals with intellectual disabilities (IQ = 40-70, $N = 123$) (hereinafter ID). Of the participants, 63 had NSID (non-specific intellectual disability), and 60 had Down Syndrome (DS). They were grouped in three age cohorts: adolescence (ages 16-21), young adulthood (25-40) and later adulthood (41-55).

Studies of working memory among individuals with ID have tried to ascertain whether differences exist between the working memory of ID individuals and those with typical development. Our study offers several innovations: a. For the first time, components of working memory development were tested among individuals with ID in three age cohorts, from adolescence to later adulthood; b. Development was tested according to three possible trajectories (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz-Vahav, 2015): the impaired trajectory (IT), the stable trajectory (ST) and the compensatory trajectory (CT); c. Working memory was tested according to two models: the three-component model of Baddeley (Baddeley, 2007; Baddeley & Hitch, 1974) that includes the phonological loop, the visuospatial sketchpad and the central executive, and the vertical-horizontal model (Cornoldi & Vecchi, 2003). This latter model postulates that working memory is determined by the degree of required control, that is, the demands and cognitive load (CL) inherent in the task beyond the modality. An integrative scientific research review of working memory studies among populations with ID (Lifshitz, Kilberg, & Vakil, 2016) found that only a combination of the two models can explain working memory performance among individuals with ID. Therefore, three levels of task load (low, medium and complex) were tested in each component.

The second part of the study examined the applicability of the Cognitive activity theory (Wilson & Bennett, 2003, 2005) to a population with ID. It was conducted only among participants age 20 and older. We tested the contribution of endogenous factors (age, etiology and intelligence) and exogenous environmental factors (participation in leisure activity) on the working memory of participants.

To examine working memory we made use of tests at three cognitive levels (low, medium and complex) in each of the working memory component: the phonological loop, the visuospatial sketchpad and the central executive. Working memory in the phonological loop

was examined through three tests: the digit-span forward test, the forward word span test and the non-word recall test. For the visuospatial sketchpad working memory test, use was made of three tests: the visual span test, the Corsi test and the matrix test. Central executive working memory was examined by means of six tests. Three of the six examined the phonological ability of executive functions: the selective span test, the backward digit span test and the verbal double task test. The other three tests examined spatial ability of the central executive: the starting position selection test, the backward spatial span test and the visual spatial double task test.

To test the effect of life style and leisure time activity on the development of working memory among individuals with ID, NSID and DS, use was made of the Participation in leisure time activities questionnaire (Wilson & Benet, 2005), adapted for populations with ID (Lifshitz-Vahav, Shnitzer, & Mashal, 2016).

Regarding the developmental trajectory of working memory from adolescence (16-21) to later adulthood (41-55), the trajectory was found to be similar among individuals with NSID and DS. However, a differential developmental trajectory was found for phonological working memory and spatial working memory. In the phonological loop and central executive in phonological modality there was an increase in working memory achievements from adolescence (16-21) to young adulthood (25-40).

Our findings support the hypothesis of the compensatory age theory (Lifshitz-Vahav, 2015) about the contribution of chronological age to the development of cognitive abilities (verbal working memory) in populations with ID. Apparently, people with ID are capable of benefiting from life experiences and exposure, and of developing their abilities at a later age. This finding counters the assertion stated in the definition of ID (DSM-5; American Psychiatric Association [APA], 2013) that individuals with ID lack the ability to learn from experience.

Nevertheless, in the verbal working memory (the phonological loop and central executive in phonological modality) was found a decline from young adulthood (25-40) to later adulthood (41-55). In the visuospatial sketchpad and central executive in spatial modality tasks, a non-significant moderate decline was found from adolescence (16-21) to young adulthood (25-40) and from young adulthood to later adulthood (41-55). A significant decline was reflected between adolescence and later adulthood.

Regarding differences in working memory pertaining to the various components and etiologies it was found that: a. achievements among individuals with NSID were significantly higher than among individuals with DS in verbal working memory (in the phonological loop and in the central executive) above and beyond the age cohort; b. a performance hierarchy was found for the various modalities above and beyond the age cohorts in the two etiologies. Among individuals with NSID and DS, working memory achievements in the central executive were significantly lower than achievements in the phonological loop and the visuospatial sketchpad. While no significant difference was found between achievements in the phonological loop and the visuospatial sketchpad among individuals with NSID, achievements among individuals with DS were significantly lower in the phonological loop than in the visuospatial sketchpad; that is, the three components model (Baddeley, 2012) that includes the phonological loop, the visuospatial sketchpad and the central executive, can explain the functioning of working memory in populations with ID where difference emerged between individuals with NSID, and people with DS regarding the hierarchy of the phonological loop and the visuospatial sketchpad, a difference that characterizes the etiological phenotype. The findings of our study confirm the cognitive phenotype profile characteristic of individuals with DS.

Regarding the effect of task load level on each of the working memory components and etiologies, a similar effect was found for task load on achievements and on developmental trajectories from adolescence to later adulthood among populations NSID and DS: in the phonological loop and the visuospatial sketchpad, achievements in complex loads were significantly lower than in low and medium load levels. In the verbal and spatial central executive, achievements at low load levels were significantly higher than at medium and complex load levels. An effect of load level was found on the developmental trajectory of the phonological loop and the verbal central executive but not in the visuospatial sketchpad and the spatial central executive.

The findings of our study support the vertical model of Cornoldi and Vecchi (2003). This model reflects the degree of control level (CL) required, which is defined as the amount of active processing required to manipulate the information maintained in a temporary memory system. The vertical model of Cornoldi and Vecchi (2003) is parallel to the attention level concept proposed in the TBRS model of Camos and Barrouillet (2004). According to the findings of our study, individuals with NSID and DS succeed in coping better with those tasks

that require a lower level of attention for storing and processing. At the same time, they demonstrate more salient difficulties in tasks requiring high attention levels. These findings indicate the taxonomic effect of the task in each of the memory component for each of the etiologies .

As to the effects of endogenous (age) factors and exogenous (participation in cognitive activities and leisure activities) factors on working memory it was found that chronological age contributed negatively to scores in three tests: non word task, forward digit span and backward digit span task. In other words, with age a decline was found in these test results. In contrast, level of participation in cognitive activities and leisure time activities, when two crystalline verbal measures were introduced as measures that reflected the basic cognitive level of participants, contributed significantly to scores in three tests: visual span task, selective span task, and backward digit span task. In other words, the higher the level of participation in cognitive and leisure time activities, the higher were the scores in two verbal working memory tests and one test of visual-spatial working memory, for two of the populations., that according to the endogenous measures of the participants cognitive level.

Our findings provide support for the cognitive activity theory (Wilson & Bennet, 2005), according to which participation in cognitive activities and in leisure activities contributes to contemporary cognitive functioning and moderates the effect of endogenous factors such as age.

Abstract

The aim of these study is examine developmental trajectories of working memory among individuals with intellectual disabilities (IQ = 40-70, $N = 123$) (hereinafter ID) NSID (non-specific intellectual disability), and Down Syndrome (DS) from adolescence (ages 16-21) to later adulthood (41-55). We used nine test (Cornoldi & Vecchi, 2003) for testing the three components of working memory (Baddeley, 2007).

From adolescence (16-21) to young adulthood (25-40): In the phonological loop and central executive in phonological modality there was an increase in working memory. In the visuospatial sketchpad and central executive in spatial modality tasks, a non-significant moderate decline was found. **From young adulthood (25-40) to later adulthood (41-55):** in the verbal working memory was found a decline. In the visuospatial working memory a non significant moderate decline was found. The second part of the study examined the effect of participation in leisure activity on the development of working memory among individuals with ID age 20 and older. Use was made of the Participation in leisure time activities questionnaire (Wilson & Benet, 2005). The level of participation in leisure time activities contributed significantly to scores in two verbal working memory tests and one visuospatial working memory test.

Keywords: Working memory, intellectual disability, Down syndrome, phonological loop, visual-spatial sketchpad, central executive, adolescence, adults, trajectories



**The Contribution of the Endogenous and Exogenous Factors to the Three
Components of Working Memory among Adolescents and Adults with
Intellectual Disability:**

The Impaired, Stable and the Compensatory Trajectories

Esther Kilberg

Supervised By: Prof. Hefziba Lifshitz

Submitted in partial fulfillment of the requirements for the Ph.D. degree in the
School of Education, Bar-Ilan University



This work was supported by a grant from Shalem Fund for Development of
Services for People with Intellectual Disabilities in the Local Councils in Israel

2019