



מאפשרת · מחברת · אחרת

איכות חיים לאדם עם מוגבלות
שכלית התפתחותית ברשויות המקומיות



**כושר מוזיקלי, אינטליגנציה וזיכרון בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית
התפתחותית בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה: קשרים ונתיבי
התפתחות (נתיב לקוי, יציב או מתמשך)**

יפעת פוריה

בהנחיית: פרופ' בתיה חפציבה ליפשיץ וד"ר רבקה אלקושי

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

2021

תוכן עניינים

א.....	תמצית
ב.....	תקציר
ח.....	תקציר מנהלים
י"ג.....	רשימת לוחות, תרשימים, דוגמאות תווים, נספחים, קיצורים וראשי תיבות
1.....	מבוא
3.....	1. סקירת ספרות
3.....	1.1. התפתחות הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה
10.....	1.2. הגדרת המוגבלות השכלית ההתפתחותית (מש"ה)
10.....	1.3. נתיבי התפתחות האינטליגנציה והזיכרון בקרב אוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה: נתיב לקוי, יציב ומתמשך (מפצה)
12.....	1.4. התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה ובאוכלוסייה עם מש"ה
14.....	1.4.1. זיכרון עבודה (מילולי וחזותי-מרחבי)
17.....	1.4.2. זיכרון אפיזודי
19.....	1.5. הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי
21.....	1.6. מוזיקה בקרב אוכלוסייה עם מש"ה
33.....	1.7. סיכום, מטרות, רציונל, השערות ושאלות המחקר
34.....	1.7.1. חלק א': נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי, בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40)
35.....	1.7.2. חלק ב': נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40)
38.....	

1.7.3. חלק ג': הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה

והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי); ותרומת משתני הרקע

(גיל ומגדר) והמשתנים התלויים (אינטליגנציה וזיכרון) להסבר השונות בכושר

המוזיקלי.....39

2. שיטת המחקר.....41

2.1. משתתפים41

2.2. כלים43

2.2.1. כלים לבדיקת הכישורים הקוגניטיביים43

2.2.2. כלים לבדיקת הכושר המוזיקלי46

2.3. הליך המחקר49

3. תוצאות50

3.1. חלק א': נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי

והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי, בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל

.....(40-25, 21-17) 50

3.1.1. האינטליגנציה הקריסטלית בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל

.....(40-25, 21-17) 51

3.1.2. האינטליגנציה הפלואידית בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל

.....(40-25, 21-17) 53

3.1.3. זיכרון עבודה מילולי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (21-17),

.....(40-25) 55

3.1.4. זיכרון עבודה חזותי-מרחבי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל

.....(40-25, 21-17) 58

3.1.5. הזיכרון האפיזודי: מדדי מבחן ה-Rey - ללמידה מילולית בזיקה לקבוצות המחקר

(התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (21-17, 40-25)60

3.2. חלק ב': נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה,

מש"ה) והגיל (21-17, 40-25)65

3.2.1. הכושר המוזיקלי (מדד כללי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל

.....(40-25, 21-17) 66

3.2.2. הכושר הטונלי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (21-17), -25	40
67.....	
3.2.3. הכושר הריתמי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (21-17), -25	40
74.....	
3.3. חלק ג': הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי); ותרומת משתני הרקע (גיל ומגדר) והמשתנים התלויים (אינטליגנציה וזיכרון) להסבר השונות בכושר המוזיקלי.....	79
3.3.1. תרומת האינטליגנציה הקריסטלית, האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה המילולי, זיכרון העבודה החזותי-מרחבי והזיכרון האפיזודי להסבר השונות בכושר הטונלי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה).....	86
3.3.2. תרומת האינטליגנציה הקריסטלית, האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה המילולי, זיכרון העבודה החזותי-מרחבי והזיכרון האפיזודי להסבר השונות בכושר הריתמי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה).....	90
3.3.3. סיכום פרק התוצאות.....	93
4. דיון.....	98
4.1. חלק א': נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי, בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (21-17, 25-40).....	99
4.2. חלק ב': נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (21-17, 25-40).....	104
4.3. חלק ג': הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי); ותרומת משתני הרקע (גיל ומגדר) והמשתנים התלויים (אינטליגנציה וזיכרון) להסבר השונות בכושר המוזיקלי.....	112
4.4. סיכום ומסקנות.....	129
4.5. מגבלות המחקר.....	132
4.6. המלצות ליישומים.....	134

134.....	4.7. המלצות למחקרי המשך.....
138.....	5. רשימת מקורות.....
170.....	6. נספחים.....
170.....	נספח 1 : סיכום מחקרי התפתחות מוזיקלית.....
	נספח 2 : ממצאי ניתוחים א-פרמטריים של מדדי המחקר על פי קבוצות הגיל בקרב נבדקים עם מש"ח.....
172.....	
	נספח 3 : ממצאי ניתוחים א-פרמטריים של מדדי המחקר על פי קבוצות הגיל בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה.....
173.....	
174.....	נספח 4 : כלי מחקר.....
i	Abstract.....
viii.....	Essence.....

תמצית

מטרתו העיקרית של המחקר הנוכחי הייתה לבדוק את נתיבי ההתפתחות של הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית התפתחותית (מש"ה) קלה ללא אטיולוגיה ספציפית (לא"ס) בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, בשתי קבוצות גיל: ההתבגרות העליונה (17-21) והבגרות הצעירה (25-40). הכושר המוזיקלי נבדק לאור שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי באוכלוסייה עם מש"ה: נתיב לקוי, יציב ומתמשך (מפצה). מטרה נוספת הייתה לבדוק את הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי.

בשתי קבוצות המחקר נשמרה יציבות בציונים בין ההתבגרות לבין הבגרות באינטליגנציה הפלואידית ובכושר המוזיקלי; ובשתיהן נמצאה תרומה של האינטליגנציה הפלואידית להסבר השונות בכושר המוזיקלי. בקרב אוכלוסייה עם מש"ה נמצאה גם תרומה של זיכרון העבודה החזותי מרחבי לאחור ושל רמת הלמידה (זיכרון אפיזודי) להסבר השונות, ובקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאה גם תרומה של המגדר (משתנה רקע). תרומת האינטליגנציה הפלואידית והזיכרון להסבר השונות בכושר המוזיקלי בקרב אוכלוסייה עם מש"ה, מעידה על חשיבות השימוש בערוץ המוזיקלי כבסיס לפיתוח כישורים חזותיים-מרחביים, מוטוריים, טמפורליים ומילוליים.

תקציר

מטרתו העיקרית של המחקר הנוכחי הייתה בדיקת נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (Music Aptitude) בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית התפתחותית (להלן: מש"ה) (Intellectual Disability - ID) ללא אטיולוגיה ספציפית (להלן: לא"ס) בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Typical Development - TD), בשתי חטיבות גיל: ההתבגרות העליונה ($CA = 17-21$) (Chronological Age – CA) והבגרות הצעירה ($CA = 25-40$). הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) נבדק לאור מודל תיאורטי המציע שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020): נתיב לקוי (Impaired Trajectory), נתיב יציב (Stable Trajectory) ונתיב מתמשך (מפצה) (Continuous [Compensatory] Trajectory) (ראה להלן). מטרה נוספת הייתה בדיקת הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין הכושר המוזיקלי, בשתי האוכלוסיות שהינן חסרות הכשרה מוזיקלית, בטווחי הגיל 40-17.

הקשר בין כושר והכשרה מוזיקלית לבין האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים באוכלוסייה עם התפתחות תקינה עומד במוקד המחקר בתחום המוזיקה (Sala & Gobet, 2017). האינטליגנציה הפלואידית היא יכולת מולדת, הכוללת הבנת יחסים מופשטים, תפיסה מרחבית (McGrew, 2009) ותהליכים הבאים לידי ביטוי בזיכרון לטווח קצר ולטווח ארוך (Cattell, 1987; Horn, 1988). הכושר המוזיקלי הינו יכולת מולדת (Talamini et al., 2018) הכוללת הבחנה בין תדרים המאורגנים במרחב וירטואלי (באשר לצליל) (Levitin, 2012), תיאום בין דפוס מוטורי לבין הפעמה (Kotz et al., 2018) (באשר למקצב) ומבוסס על זיכרון מוזיקלי לטווח קצר וארוך (Talamini et al., 2017). ייצוגי הצליל נקשרים בעיקר למסלול הפרונטלי-טמפורלי (Peretz et al., 2009), ואילו ייצוגי המקצב נקשרים למערכות תת-קורטיקליות (Chen et al., 2006). במחקר הדמיה (Oechslin et al., 2013) נמצא נפח בילטרלי גדול יותר של ההיפוקמפוס, האחראי ללמידה וזיכרון, בקרב מוזיקאים בהשוואה ללא-מוזיקאים. נמצא קשר בין ביצוע מטלות שפתיות-פונולוגיות (Sallat & Jentschke, 2015), מרחביות (Swaminathan et al., 2017), זיכרון-עבודה (מילולי וחזותי-מרחבי) וזיכרון לטווח ארוך (Talamini et al., 2017) לבין כושר והכשרה מוזיקלית. לטענת החוקרים (Besson et al., 2012), אחד ההסברים לקשר הינו אפקט "ההעברה" (Transfer) (Thorndike & Woodworth, 1901) לפיו, לכישורים שונים ישנם תהליכי עיבוד מידע משותפים. אחת ממטרותיו של המחקר הנוכחי הייתה לבדוק אם ובאיזו מידה דפוסי הקשר בין מדדים שונים של האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי שנמצאו באוכלוסייה עם התפתחות תקינה, קיימים גם באוכלוסייה עם מש"ה.

אחת השאלות המעסיקה את החוקרים (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020), היא כיצד מתפתחים האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים במעגל החיים, באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה

לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה. באוכלוסייה עם התפתחות תקינה קיים מודל לפיו האינטליגנציה מתפתחת באופן ליניארי עד גיל 20, לאחר מכן חלה יציבות ובגילאי 50-60 חלה ירידה (Kaufman, 2001). בהמשך לכך, פיישר וזימן (Fisher & Zeaman, 1970) הציעו מודל תאורטי של שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה בקרב אוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה: נתיב לקוי - לפיו האינטליגנציה מגיעה לשיא כבר בגילאי 10-20, לאחר מכן חלה יציבות וירידה חלה בגילאי 20-30; נתיב יציב - לפיו האינטליגנציה מגיעה לשיא בסביבות גיל 20, לאחר מכן חלה יציבות וירידה חלה בגילאי 50-60; ונתיב מתמשך (מפצה) - לפיו האינטליגנציה עשויה להתפתח עד שנות ה-40 המאוחרות, בין גיל 50-60 חלה יציבות וירידה חלה בגיל 60 ומעלה. בסדרת מחקרים שערכו ליפשיץ ואחרים (Chen et al., 2017; Lifshitz et al., 2020), נמצאה עלייה באינטליגנציה ובזיכרון בקרב אוכלוסייה עם מש"ה לאחר שנות ה-40. על-פי תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020), לבשלות ולניסיון החיים ישנה תרומה להתפתחות הקוגניטיבית בגיל המבוגר. לאור זאת, מטרה נוספת של המחקר הנוכחי הייתה לבדוק את נתיבי ההתפתחות של הכושר המוזיקלי באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה. ככל הידוע, מחקרנו הוא הראשון הבודק את נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי מגיל ההתבגרות (17-21) ועד לבגרות (25-40), הן בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה והן בקרב אוכלוסייה עם מש"ה (חסרת הכשרה מוזיקלית בשתי הקבוצות).

נבדקים: במחקר השתתפו נבדקים עם מש"ה (ID) לא"ס ($N = 49$, Mean IQ = 62.31) ועם התפתחות תקינה (TD) ($N = 48$, MIQ = 104.12), בשתי חטיבות גיל (17-21, 25-40).

כלי המחקר: האינטליגנציה הקריסטלית מתייחסת לידע, הבנה, המשגה והסקה מילולית (McGrew, 2009); היא נבדקה באמצעות המבחנים אוצר מילים ועד שווה (וכסלר, 2001). האינטליגנציה הפלואידית (ראה לעיל) נבדקה באמצעות המבחנים סידור קוביות (וכסלר, 2001) והמטריצות של רייבן (Raven, 1958). זיכרון עבודה מתייחס לאחסון מידע לטווח קצר והפעלת מניפולציה על המידע (Baddeley et al., 2011); הוא נבדק באמצעות מבחן זכירת ספרות קדימה ולאחור (וכסלר, 2001) לבדיקת זיכרון העבודה המילולי; ובאמצעות מבחן זכירה מרחבית קדימה ולאחור (Wechsler, 1997b) לבדיקת זיכרון העבודה החזותי-מרחבי. הזיכרון האפיזודי מתייחס לחוויות אישיות על פי ההקשר והסדר בו התרחשו (Tulving, 2002); הוא נבדק באמצעות מבחן ה-Rey למידה מילולית (Rey AVLT; Vakil & Blachstein, 1993, 1997); מן המבחן הופקו המדדים: רמת הלמידה, אפקט השהייה ורמת ההיכר.

מבחנים מוזיקליים: בשל אופייה המיוחד של אוכלוסיית מחקרנו, מבין המבחנים המוזיקליים הקיימים, הכושר המוזיקלי, הכולל הבחנה בין תבניות טונליות (באשר לצליל) וריתמיות (באשר למקצב), נבדק באמצעות מבחני גורדון (Gordon, 1986a, 1986b, 1995a, 1995b). הכושר הטונלי נבדק באמצעות מבחן צליל (Tonal Test), דימוי מלודיה (Melody Imagery) ודימוי הרמוניה (Harmony Imagery); והכושר הריתמי נבדק באמצעות מבחן מקצב (Rhythm Test), דימוי מפעם (Tempo Imagery) ודימוי משקל (Meter Imagery). בכל מבחן נעשה שימוש ב-15 פריטים (מתוך 40 בגרסה המלאה); ולפיכך נערכה בדיקת מהימנות מבחן חצוי (split

half. המשתנים התלויים היו: (א) מדד ההישגים - הציון במבחני הכושר המוזיקלי השונים (בין 0-15 נקודות); (ב) מדד ה- d' (d prime) - היחס בין מספר התשובות הנכונות (Hit) לבין מספר התשובות השגויות (FA - False Alarm). מדד ה-Hit הינו כמות הפריטים בה הנבדק ענה נכונה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שווה/דומה"; ומדד ה-FA הינו כמות הפריטים בה הנבדק ענה שגויה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שונה". מבין השניים, מדד ה- d' הינו "המשוכלל" ביותר, משום שהוא כולל את היחס בין התשובות הנכונות לבין התשובות השגויות ובכך מונע הטיה בציונים בעקבות ניחוש.

תוצאות: להלן נציג את תוצאות המחקר בזיקה למטרותיו האופרטיביות, ההשערות ושאלות המחקר:

מטרה א': בדיקת נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי באוכלוסייה עם התפתחות תקינה בהשוואה לאוכלוסייה עם מש"ה, בשתי קבוצות גיל: ההתבגרות העליונה (17-21) והבגרות הצעירה (25-40).

שיערנו, כי באינטליגנציה הקריסטלית הציונים בבגרות (25-40) יהיו גבוהים בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה; ולאור תאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020) גם באוכלוסייה עם מש"ה. באשר לאינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי, בחלק מן המחקרים באוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאה יציבות (Cansino et al., 2013), בחלקם ירידה (Hester et al., 2004) ובחלקם עלייה (Lezak et al., 2004). לאור זאת ניסחנו שאלות מחקר: מה תהייה מגמות הציונים באינטליגנציה הפלואידית, בזיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) ובזיכרון האפיזודי בשתי אוכלוסיות המחקר? האם נתיב ההתפתחות יהיה לקוי, יציב או מתמשך בין גיל ההתבגרות (17-21) לבין הבגרות (25-40)? בניתוחי השונות עלו קווים משיקים ודיפרנציאליים בזיקה לקבוצות המחקר והגיל:

קווים משיקים: (א) אינטליגנציה קריסטלית: ההשערה אוששה, והממצאים מצביעים על נתיב מתמשך (מפצה) בשתי האוכלוסיות. בדומה למחקרנו, באוכלוסייה עם התפתחות תקינה חלה עלייה בציונים מהתבגרות לבגרות (Chen et al., 2017); וגם באוכלוסייה עם מש"ה חלה עלייה המוסברת על-ידי תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020). **(ב) אינטליגנציה פלואידית:** בדומה לממצאיו של שיי (Schaie, 2013), ממצאנו מצביעים על נתיב יציב מההתבגרות לבגרות באוכלוסייה עם התפתחות תקינה. גם באוכלוסייה עם מש"ה ממצאנו מצביעים על נתיב המקביל לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, כלומר נתיב יציב. ממצא זה ייחודי למחקרנו. **(ג) זיכרון עבודה חזותי-מרחבי:** בדומה לקנזינו ואחרים (Cansino et al., 2013), ממצאנו מצביעים על נתיב יציב מההתבגרות לבגרות באוכלוסייה עם התפתחות תקינה. גם באוכלוסייה עם מש"ה ממצאנו מצביעים על נתיב יציב, והולמים את תוצאות מחקרם של ליפשיץ ואחרים (Lifshitz et al., 2020).

קווים דיפרנציאליים: (א) זיכרון עבודה מילולי: באשר לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, ממצאנו מצביעים על נתיב יציב בזכירה קדימה בדומה למחקרם של וויסדום ואחרים (Wisdom et al., 2012), ועל נתיב מתמשך בזכירה לאחור בדומה ללזק ואחרים (Lezak et al., 2004). באשר לאוכלוסייה עם מש"ה, ממצאנו

מצביעים על נתיב מתמשך (מפצה) בזכירה קדימה בדומה למחקרה של קילברג (2019). יש לציין, כי זיכרון העבודה המילולי משקף אינטליגנציה קריסטלית (Brickman & Stern, 2009), ובהתאם לכך חלה עלייה בתחום זה גם במחקרנו, המוסברת על-ידי תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020). בזכירה לאחר נמצא נתיב יציב, בדומה למחקרם של ליפשיץ ואחרים (Lifshitz et al., 2020). (ב) זיכרון אפיזודי: באשר לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, ממצאינו מצביעים על נתיב יציב, בדומה למחקרם של ווקיל ואחרים (Vakil et al., 2010); באשר לאוכלוסייה עם משי"ה, ממצאינו מצביעים על נתיב יציב במדדים רמת הלמידה ודמת ההיכר, ועל נתיב מתמשך (מפצה) במדד אפקט השהייה, בדומה למחקר של בוסתן (2018).

מטרה ב': בדיקת נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה בהשוואה לאוכלוסייה עם משי"ה, בשתי קבוצות גיל: ההתבגרות העליונה (17-21) והבגרות הצעירה (25-40).

ציונים בכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר - קווים דיפרנציאליים: שיערנו, כי הציונים בכושר המוזיקלי (מדד כללי) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה יהיו גבוהים בהשוואה לאוכלוסייה עם משי"ה. בהתאם לכך, במבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, דימוי מלודיה דימוי הרמוניה) והריתמי (מבחן מקצב, דימוי מפעם דימוי משקל), מדד ההישגים ומדד ה- d' יימצאו גבוהים יותר באוכלוסייה עם התפתחות תקינה. ההשערה אוששה, והכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצא גבוה בהשוואה לאוכלוסייה עם משי"ה, בדומה לממצאיהם של הופר ואחרים (Hooper et al., 2008b).

נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - קווים משיקים: באוכלוסייה עם התפתחות תקינה, הכושר המוזיקלי (Trainor & Corrigan, 2010), זיכרון העבודה החזותי-מרחבי (Conklin et al., 2007) והזיכרון האפיזודי (Clark et al., 2006) מתייבשים במקביל, במהלך ההתבגרות האמצעית, ולכל המאוחר בגיל 16. כאמור, נמצא קשר בין הכושר המוזיקלי לבין האינטליגנציה והזיכרון (Talamini et al., 2017), ועלו ממצאים סותרים באשר לנתיבי התפתחותם מגיל ההתבגרות (+16) ועד לבגרות. בשל היעדר חומר תיאורטי באשר להתפתחות הכושר המוזיקלי מגיל ההתבגרות (17-21) ועד לבגרות (25-40) בשתי האוכלוסיות (התפתחות תקינה ומשי"ה) שהינן חסרות הכשרה מוזיקלית, ניסחנו שאלת מחקר: מה תהייה מגמת הציונים (במדד ההישגים ובמדד ה- d') במבחני הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בשתי אוכלוסיות המחקר בבגרות (25-40) בהשוואה להתבגרות (17-21)? האם נתיב ההתפתחות יהיה לקוי, יציב או מתמשך? ממצאינו מצביעים על נתיב יציב מההתבגרות לבגרות בשתי קבוצות המחקר, כלומר, התפתחות הכושר המוזיקלי משקפת את הנתיב היציב והמקביל של האינטליגנציה הפלואידית הן באוכלוסייה עם התפתחות תקינה והן באוכלוסייה עם משי"ה; והכושר המוזיקלי הינו פלואידי באופיו בשתי האוכלוסיות.

דפוס התשובות במבחני הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: שאלנו אם יימצאו הבדלים (על-פי מדד ההישגים) בין קבוצות המחקר והגיל כתלות במבחן הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי). **קווים משיקים:** בשתי קבוצות המחקר הציונים במבחן צליל נמצאו גבוהים במובהק בהשוואה לציונים במבחנים דימוי מלודיה דימוי הרמוניה ($p = .000$); לא נמצאו הבדלים בציונים במבחני הכושר הריתמי

כתלות בסוג המבחן ; ולא נמצאו הבדלים בזיקה לקבוצות הגיל. דפוס התשובות מעיד על חשיבה מוזיקלית דומה בשתי האוכלוסיות ותואם לגישה ההתפתחותית (Hodapp & Zigler, 1997; Zigler, 1969; Zigler & Balla, 1982). **קווים דיפרנציאליים:** בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה הציונים במבחן *דימוי מלודיה* נמצאו גבוהים בהשוואה לציונים במבחן *דימוי הרמוניה* ($p = .001$) ; ואילו בקרב אוכלוסייה עם מש"ה לא נמצאו הבדלים בציונים בין שני מבחנים אלו ($p = .248$).

מטרה ג': בדיקת הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי ; ותרומת משתני הרקע (גיל ומגדר), האינטליגנציה והזיכרון להסבר השונות בכושר המוזיקלי בשתי קבוצות המחקר. בחלק זה, הניתוחים במבחנים המוזיקליים נערכו על מדד ה- d' . במתאמי פירסון ובניתוחי הרגרסיה עלו קווים דיפרנציאליים ומשיקים בין קבוצות המחקר :

קווים דיפרנציאליים: (א) משתנה הרקע: באוכלוסייה עם התפתחות תקינה, נמצאה תרומה של המגדר להסבר השונות בכושר המוזיקלי (7.7%), *דימוי מלודיה* (14.7%) ו*דימוי הרמוניה* (11%). מקדם ה- β השלילי הצביע על כושר מוזיקלי טוב יותר בקרב גברים בהשוואה לנשים. **(ב) מתאמים:** גובה המתאמים ($r = .28-.44$) במדדי הזיכרון (המילולי, החזותי-מרחבי והאפיזודי) דומה בשתי קבוצות המחקר. אולם באוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאו רק מתאמים מועטים בין מדדי הזיכרון לבין הכושר הטונלי ואילו באוכלוסייה עם מש"ה נמצאו ריבוי מתאמים בין מדדי הזיכרון לבין הכושר המוזיקלי-הריתמי. כלומר, אוכלוסייה עם מש"ה נשענת על הזיכרון יותר מאשר אוכלוסייה עם התפתחות תקינה על-מנת לבצע מטלות מוזיקליות-ריתמיות. ייתכן כי מבחני הזיכרון הינם בעלי רמת עומס קלה ובינונית (קילברג, 2019 ; Lifshitz et al., 2016) ביחס לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, ולכן היא נשענת פחות על הזיכרון. לפיכך, כאשר בודקים את הקשר בין יכולות קוגניטיביות לבין כושר מוזיקלי, יש להתחשב הן באופנות המטלה (כגון : זכירה מילולית/מרחבית) והן ברמת העומס הקוגניטיבי. **(ג) ניתוחי רגרסיה:** באוכלוסייה עם מש"ה נמצאה תרומה (בין 17%-18%) של *זכירה מרחבית לאחור* להסבר השונות בכושר הריתמי ובמבחן *מקצב* ; כלומר, ככל שיכולת שינוי התנועה טובה יותר - כך גם יכולת התיאום בין דפוס מוטורי לבין הפעמה (Kotz et al., 2018). כמו-כן, נמצאה תרומה (בין 6.8%-20.6) של מדד *רמת הלמידה* להסבר השונות בכושר המוזיקלי, *דימוי הרמוניה* ו*דימוי מפעם* ; כלומר, ככל שיכולת הלמידה המילולית-סדרתית טובה יותר - כך גם תפיסת ההרמוניה ותפיסת הזמן. מכאן, כי הן יכולת שינוי התנועה והן הלמידה המילולית-סדרתית - עומדות בבסיס הכושר המוזיקלי.

קווים משיקים: בשתי האוכלוסיות נמצאו מתאם בינוני ($r = .29-.42$) בין האינטליגנציה הפלואידית (אך לא הקריסטלית) לבין הכושר המוזיקלי, ונמצאה תרומה של האינטליגנציה הפלואידית להסבר השונות של הכושר המוזיקלי. במבחן *רייבן* נמצאה תרומה (בין 7.1%-11.7%) להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי) והטונלי ; ואילו במבחן *סידור קוביות* נמצאה תרומה (בין 7.1%-14.2%) להסבר בכושר הריתמי. ייתכן כי מבחן *רייבן* קשור יותר לכושר הטונלי משום שהוא מכיל בעיקר חשיבה מרחבית ואילו מבחן *סידור קוביות* קשור יותר לכושר הריתמי משום שהוא מכיל גם ביצוע טמפורלי-מוטורי.

לסיכום, ממחקרינו עולה כי הכושר המוזיקלי דומה באופיו בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ובקרב אוכלוסייה עם מש"ה; ובשתי האוכלוסיות הכושר המוזיקלי מתנהג בדומה לאינטליגנציה הפלואידית באשר לנתיבי ההתפתחות, המתאמים והרגרסיות. תרומת האינטליגנציה הפלואידית והזיכרון להסבר השונות בכושר המוזיקלי מעידה על חשיבות השימוש בערוץ המוזיקלי כבסיס לפיתוח כישורים חזותיים-מרחביים, מוטוריים, טמפורליים ומילוליים. בהתאם לכך, מומלץ לאמץ שיטות בחינוך המוזיקלי הקושרות בין תנועה במרחב לבין מוזיקה, ולפתח תכניות בהן המוזיקה משמשת אמצעי לשיפור יכולותיה הקוגניטיביות של אוכלוסייה עם מש"ה.

מילות מפתח: כושר מוזיקלי, אינטליגנציה קריסטלית, אינטליגנציה פלואידית, זיכרון עבודה, זיכרון אפיזודי, מוגבלות שכלית התפתחותית, התפתחות תקינה, נתיבי התפתחות (נתיב לקוי, יציב או מתמשך).

תקציר מנהלים

רקע תיאורטי: הקשר בין כושר והכשרה מוזיקלית לבין האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים באוכלוסייה עם התפתחות תקינה עומד במוקד המחקר בתחום המוזיקה (Sala & Gobet, 2017). המחקר הנוכחי התבסס על שלוש תיאוריות עיקריות: (א) אפקט "ההעברה" (Transfer) (Thorndike & Woodworth, 1901) לפיו, לכישורים שונים ישנם תהליכי עיבוד מידע משותפים. נמצא קשר בין ביצוע מטלות שפתיות-פונולוגיות (Sallat & Jentschke, 2015), מרחביות (Swaminathan et al., 2017), זיכרון-עבודה (מילולי וחזותי-מרחבי) וזיכרון לטווח ארוך (Talamini et al., 2017) לבין כושר והכשרה מוזיקלית; ובמחקר הדמיה (Oechslin et al., 2013) נמצא נפח בילטרלי גדול יותר של ההיפוקמפוס, האחראי ללמידה וזיכרון, בקרב מוזיקאים בהשוואה ללא-מוזיקאים. לטענת החוקרים (Besson et al., 2012), אחד ההסברים לקשר הינו אפקט "ההעברה". (ב) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה קיים מודל לפיו האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים מתפתחים באופן ליניארי עד גיל 20, לאחר מכן חלה יציבות ובגילאי 50-60 חלה ירידה (Kaufman, 2001). בהמשך לכך, החוקרים (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020) הציעו מודל תאורטי של שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים בקרב אוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה: נתיב לקוי (Impaired Trajectory) - לפיו האינטליגנציה מגיעה לשיא כבר בגילאי 10-20, לאחר מכן חלה יציבות וירידה חלה בגילאי 20-30; נתיב יציב (Stable Trajectory) - לפיו האינטליגנציה מגיעה לשיא בסביבות גיל 20, לאחר מכן חלה יציבות וירידה חלה בגילאי 50-60; ונתיב מתמשך (מפצה) (Continuous [Compensatory] Trajectory) - לפיו האינטליגנציה עשויה להתפתח עד שנות ה-40 המאוחרות, בין גיל 50-60 חלה יציבות וירידה חלה בגיל 60 ומעלה. (ג) תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020) לפיה, לבשלות ולניסיון החיים ישנה תרומה להתפתחות הקוגניטיבית של אוכלוסייה עם מש"ה בגיל המבוגר.

נבדקים: במחקר השתתפה אוכלוסייה עם מש"ה (ID) לא"ס ($N = 49$, $MIQ = 62.31$) בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (TD) ($N = 48$, $MIQ = 104.12$), בשתי חטיבות גיל: ההתבגרות העליונה ($CA = 17-21$) והבגרות הצעירה ($CA = 25-40$).

מטרות המחקר: (א) בדיקת נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (Music Aptitude) בקרב אוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, בשתי חטיבות גיל: ההתבגרות העליונה ($CA = 17-21$) והבגרות הצעירה ($CA = 25-40$). הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) נבדק לאור שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020): נתיב לקוי, נתיב יציב ונתיב מתמשך (מפצה) (Continuous [Compensatory] Trajectory). (ב) בדיקת הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין הכושר המוזיקלי, בשתי האוכלוסיות שהינן חסרות הכשרה מוזיקלית, בטווחי הגיל 17-40.

כלי המחקר: האינטליגנציה הקריסטלית מתייחסת לידע, הבנה, המשגה והסקה מילולית (McGrew, 2009); היא נבדקה באמצעות המבחנים אוצר מילים וצד שווה (וכסלר, 2001). האינטליגנציה הפלואידית היא יכולת מולדת, הכוללת הבנת יחסים מופשטים, תפיסה מרחבית (McGrew, 2009) ותהליכים הבאים לידי ביטוי בזיכרון לטווח קצר ולטווח ארוך (Cattell, 1987; Horn, 1988). היא נבדקה באמצעות המבחנים סידור קוביות (וכסלר, 2001) ומטריצות של רייבן (Raven, 1958). זיכרון עבודה מתייחס לאחסון מידע לטווח קצר והפעלת מניפולציה על המידע (Baddeley et al., 2011); הוא נבדק באמצעות מבחן זכירת ספרות קדימה ולאחור (וכסלר, 2001) לבדיקת זיכרון העבודה המילולי; ובאמצעות מבחן זכירה מרחבית קדימה ולאחור (Wechsler, 1997b) לבדיקת זיכרון העבודה החזותי-מרחבי. הזיכרון האפיזודי מתייחס לחוויות אישיות על פי ההקשר והסדר בו התרחשו (Tulving, 2002); הוא נבדק באמצעות מבחן ה-Rey ללמידה מילולית (Rey AVLT; Vakil, 1997, 1993, & Blachstein); מן המבחן הופקו המדדים: רמת הלמידה, אפקט השהייה ורמת ההיכר.

הכושר המוזיקלי הינו יכולת מולדת (Talamini et al., 2018) הכוללת הבחנה בין תדרים המאורגנים במרחב וירטואלי (באשר לצלילולטונליות) (Levitin, 2012), תיאום בין דפוס מוטורי לבין הפעמה (Kotz et al., 2018) (באשר למקצב/לריתמוס) ומבוסס על זיכרון מוזיקלי לטווח קצר וארוך (Talamini et al., 2017). בשל אופייה המיוחד של אוכלוסיית מחקרנו, מבין המבחנים המוזיקליים הקיימים, הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי), נבדק באמצעות מבחני גורדון (Gordon, 1986a, 1986b, 1995a, 1995b). הכושר הטונלי נבדק באמצעות מבחן צליל (Tonal Test), דימוי מלודיה (Melody Imagery) ודימוי הרמוניה (Harmony Imagery); והכושר הריתמי נבדק באמצעות מבחן מקצב (Rhythm Test), דימוי מפתח (Tempo Imagery) ודימוי משקל (Meter Imagery). בכל מבחן נעשה שימוש ב-15 פריטים (מתוך 40 בגרסה המלאה); ולפיכך נערכה בדיקת מהימנות מבחן חצוי (split half). המשתנים התלויים היו: (א) מדד ההישגים - הציון במבחני הכושר המוזיקלי השונים (בין 0-15 נקודות); (ב) מדד ה- d' (d prime) - היחס בין מספר התשובות הנכונות (Hit) לבין מספר התשובות השגויות (FA - False Alarm). מדד ה-Hit הינו כמות הפריטים בה הנבדק ענה נכונה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שווה/דומה"; ומדד ה-FA הינו כמות הפריטים בה הנבדק ענה שגיאה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שונה". מבין השניים, מדד ה- d' הינו "המשוכלל" ביותר, משום שהוא כולל את היחס בין התשובות הנכונות לבין התשובות השגויות ובכך מונע הטיה בציונים בעקבות ניחוש.

תוצאות המחקר יוצגו בזיקה למטרותיו האופרטיביות, ההשערות ושאלות המחקר:

מטרה א': בדיקת נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי באוכלוסייה עם התפתחות תקינה בהשוואה לאוכלוסייה עם משי"ה, בשתי קבוצות גיל (17-21) והבגרות הצעירה (25-40).

שיערנו, כי באינטליגנציה הקריסטלית הציונים בבגרות (25-40) יהיו גבוהים בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה; ולאור תאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020) גם באוכלוסייה עם מש"ה. באשר לאינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי, בחלק מן המחקרים באוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאה יציבות (Cansino et al., 2013), בחלקם ירידה (Hester et al., 2004) ובחלקם עלייה (Lezak et al., 2004). לאור זאת ניסחנו שאלות מחקר: מה תהייה מגמות הציונים באינטליגנציה הפלואידית, בזיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) ובזיכרון האפיזודי בשתי אוכלוסיות המחקר? האם נתיב ההתפתחות יהיה לקוי, יציב או מתמשך בין גיל ההתבגרות (17-21) לבין הבגרות (25-40)? בניתוחי השונות עלו קווים משיקים ודיפרנציאליים בזיקה לקבוצות המחקר והגיל:

קווים משיקים: (א) אינטליגנציה קריסטלית: ההשערה אוששה, והממצאים מצביעים על נתיב מתמשך (מפצה) בשתי האוכלוסיות. בדומה למחקרנו, באוכלוסייה עם התפתחות תקינה חלה עלייה בציונים מהתבגרות לבגרות (Chen et al., 2017); וגם באוכלוסייה עם מש"ה חלה עלייה המוסברת על-ידי תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020). **(ב) אינטליגנציה פלואידית:** בדומה לממצאיו של שיי (Schaie, 2013), ממצאנו מצביעים על נתיב יציב מההתבגרות לבגרות באוכלוסייה עם התפתחות תקינה. גם באוכלוסייה עם מש"ה ממצאנו מצביעים על נתיב המקביל לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, כלומר נתיב יציב. ממצא זה ייחודי למחקרנו. **(ג) זיכרון עבודה חזותי-מרחבי:** בדומה לקנזינו ואחרים (Cansino et al., 2013), ממצאנו מצביעים על נתיב יציב מההתבגרות לבגרות באוכלוסייה עם התפתחות תקינה. גם באוכלוסייה עם מש"ה ממצאנו מצביעים על נתיב יציב, והולמים את תוצאות מחקרם של ליפשיץ ואחרים (Lifshitz et al., 2020).

קווים דיפרנציאליים: (א) זיכרון עבודה מילולי: באשר לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, ממצאנו מצביעים על נתיב יציב בזכירה קדימה בדומה למחקרם של וויסדום ואחרים (Wisdom et al., 2012), ועל נתיב מתמשך בזכירה לאחור בדומה ללזק ואחרים (Lezak et al., 2004). באשר לאוכלוסייה עם מש"ה, ממצאנו מצביעים על נתיב מתמשך (מפצה) בזכירה קדימה בדומה למחקרה של קילברג (2019). יש לציין, כי זיכרון העבודה המילולי משקף אינטליגנציה קריסטלית (Brickman & Stern, 2009), ובהתאם לכך חלה עלייה בתחום זה גם במחקרנו, המוסברת על-ידי תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020). בזכירה לאחור נמצא נתיב יציב, בדומה למחקרם של ליפשיץ ואחרים (Lifshitz et al., 2020). **(ב) זיכרון אפיזודי:** באשר לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, ממצאנו מצביעים על נתיב יציב, בדומה למחקרם של ווקיל ואחרים (Vakil et al., 2010); באשר לאוכלוסייה עם מש"ה, ממצאנו מצביעים על נתיב יציב במדדים רמת הלמידה ורמת ההיכר, ועל נתיב מתמשך (מפצה) במדד אפקט השהייה, בדומה למחקר של בוסטן (2018).

מטרה ב': בדיקת נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה בהשוואה לאוכלוסייה עם מש"ה, בשתי קבוצות גיל: ההתבגרות העליונה (17-21) והבגרות הצעירה (25-40).

ציונים בכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר - קווים דיפרנציאליים: שיערנו, כי הציונים בכושר המוזיקלי (מדד כללי) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה יהיו גבוהים בהשוואה לאוכלוסייה עם משי"ה. בהתאם לכך, במבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, דימוי מלודיה, דימוי הרמוניה) והריתמי (מבחן מקצב, דימוי מופע, דימוי משקל), מדד ההישגים ומדד ה-d' יימצאו גבוהים יותר באוכלוסייה עם התפתחות תקינה. ההשערה אוששה, והכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצא גבוה בהשוואה לאוכלוסייה עם משי"ה, בדומה לממצאיהם של הופר ואחרים (Hooper et al., 2008b).

נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - קווים משיקים: באוכלוסייה עם התפתחות תקינה, הכושר המוזיקלי (Trainor & Corrigan, 2010), זיכרון העבודה החזותי-מרחבי (Conklin et al., 2007) והזיכרון האפיזודי (Clark et al., 2006) מתייבשים במקביל, במהלך ההתבגרות האמצעית, ולכל המאוחר בגיל 16. כאמור, נמצא קשר בין הכושר המוזיקלי לבין האינטליגנציה והזיכרון (Talamini et al., 2017), ועלו ממצאים סותרים באשר לנתיבי התפתחותם מגיל ההתבגרות (+16) ועד לבגרות. בשל היעדר חומר תיאורטי באשר להתפתחות הכושר המוזיקלי מגיל ההתבגרות (17-21) ועד לבגרות (25-40) בשתי האוכלוסיות (התפתחות תקינה ומשי"ה) שהינן חסרות הכשרה מוזיקלית, ניסחנו שאלת מחקר: מה תהייה מגמת הציונים (במדד ההישגים ובמדד ה-d') במבחני הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בשתי אוכלוסיות המחקר בבגרות (25-40) בהשוואה להתבגרות (17-21)? האם נתיב ההתפתחות יהיה לקוי, יציב או מתמשך? ממצאינו מצביעים על נתיב יציב מההתבגרות לבגרות בשתי קבוצות המחקר, כלומר, התפתחות הכושר המוזיקלי משקפת את הנתיב היציב והמקביל של האינטליגנציה הפלואידית הן באוכלוסייה עם התפתחות תקינה והן באוכלוסייה עם משי"ה; והכושר המוזיקלי הינו פלואידי באופיו בשתי האוכלוסיות.

מטרה ג': בדיקת הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי; ותרומת משתני הרקע (גיל ומגדר), האינטליגנציה והזיכרון להסבר השונות בכושר המוזיקלי בשתי קבוצות המחקר. בחלק זה, הניתוחים במבחנים המוזיקליים נערכו על מדד ה-d'. במתאמי פירסון ובניתוחי הרגרסיה עלו קווים דיפרנציאליים ומשיקים בין קבוצות המחקר:

קווים דיפרנציאליים: (א) משתנה הרקע: באוכלוסייה עם התפתחות תקינה, נמצאה תרומה של המגדר להסבר השונות בכושר המוזיקלי (7.7%), **דימוי מלודיה** (14.7%) ו**דימוי הרמוניה** (11%). מקדם ה- β השלילי הצביע על כושר מוזיקלי טוב יותר בקרב גברים בהשוואה לנשים. **(ב) מתאמים:** גובה המתאמים ($r = .28-.44$) במדדי הזיכרון (המילולי, החזותי-מרחבי והאפיזודי) דומה בשתי קבוצות המחקר. אולם באוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאו רק מתאמים מועטים בין מדדי הזיכרון לבין הכושר הטונלי ואילו באוכלוסייה עם משי"ה נמצאו ריבוי מתאמים בין מדדי הזיכרון לבין הכושר המוזיקלי-הריתמי. כלומר, אוכלוסייה עם משי"ה נשענת על הזיכרון יותר מאשר אוכלוסייה עם התפתחות תקינה על-מנת לבצע מטלות מוזיקליות-ריתמיות. ייתכן כי מבחני הזיכרון הינם בעלי רמת עומס קלה ובינונית (קילברג, 2019; Lifshitz et al., 2016) ביחס לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, ולכן היא נשענת פחות על הזיכרון. לפיכך, כאשר בודקים את הקשר בין יכולות קוגניטיביות לבין כושר מוזיקלי, יש להתחשב הן באופנות המטלה (כגון: זכירה מילולית/מרחבית) והן

ברמת העומס הקוגניטיבי. (ג) **ניתוחי רגרסיה**: באוכלוסייה עם מש"ה נמצאה תרומה (בין 17%-18%) של זכירה מרחבית לאחור להסבר השונות בכושר הריתמי ובמבחן מקצב; כלומר, ככל שיכולת שינוי התנועה טובה יותר - כך גם יכולת התיאום בין דפוס מוטורי לבין הפעמה (Kotz et al., 2018). כמו-כן, נמצאה תרומה (בין 6.8%-20.6) של מדד רמת הלמידה להסבר השונות בכושר המוזיקלי, דימוי הרמוניה ודימוי מפעם; כלומר, ככל שיכולת הלמידה המילולית-סדרתית טובה יותר - כך גם תפיסת ההרמוניה ותפיסת הזמן. מכאן, כי הן יכולת שינוי התנועה והן הלמידה המילולית-סדרתית - עומדות בבסיס הכושר המוזיקלי.

קווים משיקים: בשתי האוכלוסיות נמצא מתאם בינוני ($r = .29-.42$) בין האינטליגנציה הפלואידית (אך לא הקריסטלית) לבין הכושר המוזיקלי, ונמצאה תרומה של האינטליגנציה הפלואידית להסבר השונות של הכושר המוזיקלי. במבחן דייבן נמצאה תרומה (בין 11.7%-17%) להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי) והטונלי; ואילו במבחן סידור קוביות נמצאה תרומה (בין 7.1%-14.2) להסבר בכושר הריתמי. ייתכן כי מבחן דייבן קשור יותר לכושר הטונלי משום שהוא מכיל בעיקר חשיבה מרחבית ואילו מבחן סידור קוביות קשור יותר לכושר הריתמי משום שהוא מכיל גם ביצוע טמפורלי-מוטורי.

לסיכום, ממחקרינו עולה כי הכושר המוזיקלי דומה באופיו בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ובקרב אוכלוסייה עם מש"ה; ובשתי האוכלוסיות הכושר המוזיקלי מתנהג בדומה לאינטליגנציה הפלואידית באשר לנתיבי ההתפתחות, המתאמים והרגרסיות.

תרומה תיאורטית: הרחבת הידע אודות נתיבי ההתפתחות של הכושר המוזיקלי, האינטליגנציה, הזיכרון והקשר בין התחומים בקרב אוכלוסייה עם מש"ה ובקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה.

תרומה קלינית: תרומת האינטליגנציה הפלואידית והזיכרון להסבר השונות בכושר המוזיקלי מעידה על חשיבות השימוש בערוץ המוזיקלי כבסיס לפיתוח כישורים חזותיים-מרחביים, מוטוריים, טמפורליים ומילוליים של אוכלוסייה עם מש"ה.

המלצות ליישומים: מומלץ לאמץ שיטות בחינוך המוזיקלי הקושרות בין תנועה במרחב לבין מוזיקה, ולפתח תכניות בהן המוזיקה תשמש אמצעי לשיפור יכולותיה הקוגניטיביות של אוכלוסייה עם מש"ה.

המלצות למחקרי המשך: (א) הגדלת המדגם; (ב) ביצוע מחקר אורך; (ג) שימוש בכלי מדידה רגישים יותר לאוכלוסייה עם מש"ה, תוך שימת-לב לאופנות המטלה ולרמת העומס הקוגניטיבי הנדרשת לשם ביצועה; (ד) פיתוח כלים אשר בודקים דמיון (Like/different) בין תבניות (בדומה למבחנים דימוי מלודיה דימוי הרמוניה), אשר מותאמים לרמות תפקוד וגיל; (ה) שימוש במטלות מטרימות במבחנים המוזיקליים, על-מנת לבדוק את תרומתן לשיפור ההישגים; (ו) שימוש במטלות ביצוע (ריתמי או קולי); (ז) בדיקת מדדי ה-Hit וה-FA; (ח) ניתוח פריטים; (ט) בדיקת התרומה של הכושר המוזיקלי ליכולות הקוגניטיביות (כלומר, הכיוון ההפוך); (י) שימוש במבחנים ריתמיים על-מנת להעריך זיכרון בקרב אוכלוסייה עם מש"ה; (יא) הכללת קבוצות גיל, אטיולוגיות ורמות תפקוד נוספות; (י"ב) ביצוע מחקרי דימות בעת ביצוע מטלות מוזיקליות.

רשימת לוחות

- לוח 1:** התפלגות הנבדקים במשתנים מגדר וקבוצות המחקר על פי קבוצות הגיל השונות 42
- לוח 2:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני האינטליגנציה הקריסטלית על פי קבוצות המחקר והגיל 53
- לוח 3:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני האינטליגנציה הפלואידית על פי קבוצות המחקר והגיל 54
- לוח 4:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחן זיכרון עבודה מילולי על פי קבוצות המחקר והגיל 56
- לוח 5:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחן זיכרון עבודה חזותי-מרחבי על פי קבוצות המחקר והגיל 59
- לוח 6:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במדדי מבחן ה-Rey המילולי 62
- לוח 7:** ערכי ה- t של השוני של מדד אפקט ההשהיה מהערך 0 בכל קבוצת מחקר וגיל 63
- לוח 8:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים בתשע ההעברות של מבחן ה-Rey המילולי 64
- לוח 9:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של מדד ההישגים ומדד ה- d' במדד הכללי של הכושר המוזיקלי 67
- לוח 10:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני הכושר הטונלי 69
- לוח 11:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של מדד ה- d' במבחני הכושר הטונלי 71
- לוח 12:** ערכי ה- t של השוני של שלושת מדדי ה- d' של מבחני הכושר הטונלי מהערך 0 בכל קבוצת מחקר וגיל 72
- לוח 13:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של ההישגים במבחני הכושר הריתמי 75
- לוח 14:** ממוצעים, סטיות תקן וטווח של מדד ה- d' במבחני הכושר הריתמי 77
- לוח 15:** ערכי ה- t של השוני של שלושת מדדי ה- d' של מבחני הכושר הריתמי מהערך 0 בכל קבוצת מחקר וגיל 78
- לוח 16:** מקדמי מתאם פירסון של הקשר בין ציוני הנבדקים במבחני האינטליגנציה הקריסטלית, האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה המילולי, זיכרון העבודה החזותי-מרחבי והזיכרון האפיזודי לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי - נבדקים עם מש"ה 80
- לוח 17:** מקדמי מתאם פירסון של הקשר בין ציוני הנבדקים במבחני האינטליגנציה הקריסטלית, האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה המילולי, זיכרון העבודה החזותי-מרחבי והזיכרון האפיזודי לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי - נבדקים עם התפתחות תקינה 82

- לוח 18:** תוצאות רגרסיה היררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של הכושר המוזיקלי (מדד כללי)
- לוח 19:** תוצאות רגרסיה היררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של הכושר הטונלי
- לוח 20:** תוצאות רגרסיה היררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של שלושת המבחנים של הכושר הטונלי (מבחן צליל, דימוי מלודיה ודימוי הרמוניה)
- לוח 21:** תוצאות רגרסיה היררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של הכושר הריתמי
- לוח 22:** תוצאות רגרסיה היררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של שלושת המבחנים של הכושר הריתמי (מבחן מקצב, דימוי מפעם דימוי משקל)
- לוח 23:** סיכום נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי), הזיכרון האפיזודי, הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בכל אחת מקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, משי"ה)
- לוח 24:** סיכום המתאמים בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בכל אחת מקבוצות המחקר
- לוח 25:** סיכום המתאמים בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין מבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, דימוי מלודיה, דימוי הרמוניה) והכושר הריתמי (מבחן מקצב, דימוי מפעם, דימוי משקל) בכל אחת מקבוצות המחקר
- לוח 26:** סיכום התרומה של משתני הרקע (גיל ומגדר), האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בכל אחת מקבוצות המחקר
- לוח 27:** סיכום התרומה של משתני הרקע (גיל ומגדר), האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי להסבר השונות במבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, דימוי מלודיה, דימוי הרמוניה) והכושר הריתמי (מבחן מקצב, דימוי מפעם, דימוי משקל) בכל אחת מקבוצות המחקר

רשימת תרשימים

- תרשים 1:** ממוצעים (ושגיאות תקן - SE) של הציונים במבחן אוצר מילים ובמבחן צד שווה על פי קבוצות הגיל
- תרשים 2:** ממוצעים (ושגיאות תקן - SE) של הציונים במטלת זכירת ספרות קדימה על פי קבוצות המחקר והגיל
- תרשים 3:** ממוצעים (ושגיאות תקן - SE) של הציונים במטלת זכירת ספרות לאחור על פי קבוצות המחקר והגיל
- תרשים 4:** ממוצעים (ושגיאות תקן - SE) של הישגי הנבדקים במבחני הכושר הטונלי על פי קבוצות המחקר וסוגי המבחנים של הכושר הטונלי

דוגמאות תווים

- דוגמא 1:** פריט 4 מתוך מבחן צליל (Gordon, 1986a, 1986b)
- דוגמא 2:** פריט 3 מתוך מבחן מקצב (Gordon, 1986a, 1986b)
- דוגמא 3:** פריט 7 (4a) מתוך מבחן דימוי משקל (Gordon, 1995a, 1995b)
- דוגמא 4:** תרגיל מתוך מבחן דימוי מלודיה (Gordon, 1995a, 1995b)
- דוגמא 5:** תרגיל מתוך מבחן דימוי הרמוניה (Gordon, 1995a, 1995b)

נספחים

- נספח 1:** סיכום מחקרי התפתחות מוזיקלית
- נספח 2:** ממצאי ניתוחים א-פרמטריים של מדדי המחקר על פי קבוצות הגיל בקרב נבדקים עם מש"ה
- נספח 3:** ממצאי ניתוחים א-פרמטריים של מדדי המחקר על פי קבוצות הגיל בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה

קיצורים וראשי תיבות

לא"ס	ללא אטיולוגיה ספציפית
מש"ה	מוגבלות שכלית התפתחותית
ת"ד	תסמונת דאון

CA Chronological Age

ID Intellectual Disability

MIQ Mean Intelligence Quotient

TD Typical Development

מבוא

מטרתו העיקרית של המחקר הנוכחי הייתה לבדוק את נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי בקרב אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית התפתחות (להלן: מש"ה) (Intellectual Disability - ID) ללא אטיולוגיה ספציפית (להלן: לא"ס) ($N = 49$, Mean Intelligence Quotient – MIQ = 62.31) בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Typical Development - TD) ($N = 48$, MIQ = 104.12), בשתי חטיבות גיל: ההתבגרות העליונה (Chronological Age – CA = 17-21) והבגרות הצעירה (CA = 25-40). הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) נבדק לאור מודל תיאורטי המציע שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015): נתיב לקוי (Impaired Trajectory) - לפיו האינטליגנציה מגיעה לשיא כבר בגילאי 20-10, לאחר מכן חלה יציבות וירידה חלה בגילאי 30-20; נתיב יציב (Stable Trajectory) - לפיו האינטליגנציה מגיעה לשיא בסביבות גיל 20, לאחר מכן חלה יציבות וירידה חלה בגילאי 60-50; ונתיב מתמשך (מפצה) (Continuous [Compensatory] Trajectory) - לפיו האינטליגנציה עשויה להתפתח עד שנות ה-40 המאוחרות, בין גיל 60-50 חלה יציבות וירידה חלה בגיל 60 ומעלה. המודל מתבסס על מחקרים בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה, בהם נמצא (Horn & Cattell, 1967; Kaufman, 2001; Wechsler, 1981) כי הכישורים הקוגניטיביים מתפתחים באופן ליניארי עד גיל 20, לאחר מכן חלה יציבות ובגילאי 60-50 חלה ירידה.

מטרה נוספת הייתה לבדוק את הקשר בין כושר מוזיקלי (טונלי וריתמי) לבין אינטליגנציה (קריסטלית ופלואידית) וזיכרון (זיכרון עבודה וזיכרון אפיזודי), בקרב אוכלוסייה עם מש"ה (CA = 17-40) בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (CA = 17-40). במחקרים נמצא קשר בין ביצוע מטלות שפתיות-פונולוגיות (Sallat & Jentschke, 2015), מרחביות (Swaminathan et al., 2017), זיכרון-עבודה (מילולי וחזותי-מרחבי) וזיכרון לטווח ארוך (Talamini et al., 2017) לבין כושר והכשרה מוזיקלית. אחד ההסברים (Besson et al., 2012) לקשר בין התחומים הינו אפקט "העברה" (Transfer) (Brody, 1992; Hetland, 2000; Thorndike & Woodworth, 1901), לפיו לכישורים שונים ישנם תהליכי עיבוד מידע משותפים. אפקט "העברה" תלוי במידת הקרבה בין סוגי הלמידה. "העברה קרובה" מתרחשת כאשר מוטוריקה עדינה מתפתחת כתוצאה מאימון בנגינה ומובילה למהירות ודיוק בהקלדה; ואילו "העברה רחוקה" מתרחשת כאשר תרגול תבניות מקצב מוביל להבנה מתמטית (Hyde et al., 2009). לפיכך מטרות המחקר היו לבדוק אם ובאיזו מידה הכושר המוזיקלי מתפתח בדומה לנתיבי התפתחות האינטליגנציה והזיכרון במהלך החיים, באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה; וכן לבדוק אם ובאיזו מידה דפוס הקשר בין האינטליגנציה והזיכרון לבין הכושר המוזיקלי דומה בשתי האוכלוסיות.

בסדרת מחקרים שערכו ליפשיץ ואחרים (Chen et al., 2017; Lifshitz et al., 2020), נמצאה עלייה באינטליגנציה ובזיכרון בקרב אוכלוסייה עם מש"ה מההתבגרות לבגרות אף לאחר שנות ה-40. על-פי תיאוריית

"הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020), לבשלות ולניסיון החיים ישנה תרומה להתפתחות הקוגניטיבית בגיל המבוגר. בכך מחקרנו מצטרף לסדרת מחקרים אשר בדקה את תרומת היכולות הקוגניטיביות ומשתני הרקע (גיל ומגדר) לתפיסת השפה הליטרלית, הפיגורטיבית והנרטיבית (פרוינדליך, 2020), לתפיסת הדת (Lifshitz & Katz, 2009) ולזיכרון האפיזודי (Chen et al., 2017), באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה.

סקירת הספרות כוללת את הפרקים הבאים: התפתחות הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה; הגדרת המוגבלות השכלית ההתפתחותית (מש"ה); נתיבי התפתחות האינטליגנציה והזיכרון בקרב אוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה; התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה ובאוכלוסייה עם מש"ה; הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי; מחקרי מוזיקה בקרב אוכלוסייה עם מש"ה.

1. סקירת ספרות

1.1. התפתחות הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה

תפיסה מוזיקלית נמדדת על-פי יכולת המאזין לתפוס את תכונות הצליל הכוללות : גובה (עוצמה וגוון), הרמוניה, מלודיה, מקצב והתפתחות צורנית (SHMERG - Sound, Harmony, Melody, Rhythm and Growth; La Rue, 1970). תפיסה מוזיקלית אשר משלבת בין קוגניציה, אינטואיציה ואמוציות, נמדדת בעת האזנה, ביצוע (כלי או קולי), הלחנה ואוריינות מוזיקלית (Levitin, 2012); ומחקר העוסק בתפיסה מוזיקלית בודק זיכרון שמיעתי, ניתוח סצנות שמיעה, עיבוד יחסי מרווחים, סמנטיקה ותחביר מוזיקלי (Koelsch, 2011).

קיימת הבחנה בין שני סוגי מחקר אשר בודקים תפיסה מוזיקלית (Elkoshi, 2002): מחקר פרגמנטרי - הבודק יכולת הבחנה בין תבניות מוזיקליות (טונליות וריתמיות) קצרות (e.g., Gordon, 1986a, 1995a; Law & Zentner, 2012; Peretz et al., 2003; Wallentin et al., 2010), ומחקר קונטקסטואלי - הבודק תפיסה מוזיקלית בעת האזנה ליצירות מוזיקליות. חוקרים (e.g., Heller & Campbell, 1976; Serafine, 1988) אשר תומכים במחקר הקונטקסטואלי, מסכימים כי תפיסה מוזיקלית אמנם כוללת זיהוי והבחנה בין תבניות, אך זוהי האזנה פסיבית לתבניות מבודדות חסרות הקשר או תוקף אקולוגי; וכדי ללמוד על התפיסה המוזיקלית יש להאזין למוזיקה "אמתית" ומורכבת (e.g., Eitan & Timmers, 2010; Elkoshi, 2015). כפי שהיא מתרחשת במצבי האזנה טבעיים.

תפיסה והפקה של אירועים טמפורליים הן שתי מיומנויות שונות זו מזו, אך ממוקמות לעיתים תחת כותרת אחת של תפיסה מוזיקלית (Trainor & Corrigall, 2010): הפקת אירועים טמפורליים נבדקת לרוב באמצעות תנועות גוף (כגון, הקשה או צעדה) (e.g., Drake, 1993; Drake et al., 2000) ושירה (e.g., Overy et al., 2003) (בקרב לא-מוזיקאים) ובביצוע כלי (בקרב מוזיקאים) (Swaminathan et al., 2017); ואילו תפיסה נבדקת לרוב באמצעות הבחנה בין תבניות (e.g., Gordon, 1986b, 1995b; Law & Zentner, 2012). כחלק מתחום המחקר של התפיסה המוזיקלית, מחקרינו מתמקד בבדיקת הכושר המוזיקלי (Musical aptitude) בעת האזנה לתבניות טונליות וריתמיות, באמצעות מבחני גורדון (Gordon, 1986a, 1986b, 1995a, 1995b). נגדיר תחילה מהו כושר מוזיקלי (טונלי וריתמי) ולאחר-מכן נסקור תיאוריות ומחקרי התפתחות מוזיקלית.

כושר מוזיקלי (Musical Aptitude): כושר (Aptitude) הוא נטייה, יכולת טבעית (Ability) או כשרון (Talent) ללמידה ולהבנה (Nardo & Reiterer, 2009). כושר מוזיקלי מתייחס ליכולת מוזיקלית טבעית או לפוטנציאל מולד לתפיסת צלילים, מלודיות, אקורדים (הרמוניה) ומקצבים (Schellenberg & Weiss, 2013; Talamini et al., 2018); ואף כי כושר אינו הגורם היחיד המנבא הישגים, הוא מספק מידע אודות "פוטנציאל

הלמידה המוזיקלית" (Gordon, 2012, p. 4). המוזיקה מורכבת מפרמטרים רבים - לגובה, למשך, לעוצמה ולגוון - המעוררים מעגלים עצביים ייחודיים, כאשר מרכזי מוח גבוהים יותר מחברים את המידע לייצוגים טונליים (באשר לצליל) וריתמיים (באשר למקצב) ובסופו של דבר למבנים ולקומפוזיציות שלמות (Levitin, 2012).

נושך טונלי (Tonal) נמדד לעיתים על-פי היכולת לזהות ולהבחין בין תבניות צליל על-פי גובהן (Davies, 1971; Drake, 1954; Fancourt et al., 2013; Seashore, 1919; Zimmerman, 1984, 1986). גובה הצליל (Pitch) קשור לתדירות היסודית (Fundamental Frequency) של גל הקול (לאורך ולתדירות) ומנגנון הגובה קובע אם ובאיזו מחזוריות הגל מתרחש. צלילים עם תדירות יסודית מסוימת נתפסים לרוב כבעלי גובה זהה, למרות שיש להם ספקטרום שונה. מידע על הצליל עובר דרך מערכת השמע הפריפריאלית ומגיע לשבלול (Cochlea), אשר מפרק את הצליל בהתאם לתוכן התדרים שלו. מפת התדירות נשמרת במידה מסוימת במערכת השמע, כולל בקליפת השמע הראשונית (Primary auditory cortex) (McDermott & Oxenham, 2008). הצליל מתואר לעיתים על-פי הגובה (היחסי או המוחלט), הגוון, העוצמה והבהירות (בהיבט של הגוון) (McDermott et al., 2008). יכולת הבחנה בשינויים בגובה הצליל וזיהוי כיווני השינוי מהווים גורם מרכזי בתפיסה ובהערכה המוזיקלית שכן, בעת האזנה למוזיקה המאזין מקודד את האופן שבו גובה הצלילים עוקב זה אחר זה. הגובה היחסי הינו מהותי לאופן בו ניתן לתפוס מוזיקה, וגם כאשר הגובה המוחלט משתנה, ניתן לזהות מלודיה מוכרת בקלות (McDermott & Oxenham, 2008).

אחד ההיבטים הבולטים של הגובה היחסי הוא כיוון שינוי הצליל (עולה/יורד) המכונה קוו מתאר (Contour). זיהוי המתאר מאפשר להגדיר, לסווג ולהבנות מלודיות. עם זאת, לשם זכירת מלודיות יש צורך גם בזיהוי מרווחים (Intervals) בין הצלילים (Dowling et al., 1995). גובה הצליל הוא בעל המובחנות הגבוהה ביותר; הוא מעביר את המסר המוזיקלי העיקרי, וממנו נגזרים מרווחים, סולמות ואקורדים (Cohen, 1986). תפיסה מלודית הינה מרכיב בסיסי בהאזנה למוזיקה מערבית טונלית (Fancourt et al., 2013); המבנה המלודי נקבע על פי שינויים בגובה הצליל (Patel, 2008), כאשר רצף צלילים בודדים יוצר מלודיה שמרמזת ומשתלבת עם תוכן הרמוני (Trainor & Corrigan, 2010).

בסדרת מחקרים בקרב תינוקות (Marie & Trainor, 2013, 2014), מוזיקאים (Marie et al., 2012) ולא מוזיקאים (Fujioka et al., 2008), נבדקה התגובה לחריגה בגובה הצליל (MMN - Mismatch Negativity). ה-MMN הוא רכיב של פוטנציאל מוחי תלוי אירוע שמיעתי (ERP - event related potential), אשר נוצר מחיסור (Negativity) בין ERP של צליל נפוץ (סטנדרטי) מ-ERP של צליל חריג. ה-MMN נוצר בקליפת השמע המשנית (Secondary auditory cortex) ומייצג איתור אוטומטי של שינוי בלתי צפוי (בגובה, בגוון, בעוצמה, בתבנית וכו') בזרם הצלילים, שמתרחש כ-120-250 אלפיות השנייה לאחר החריגה. לדוגמא, במחקר (Marie & Trainor, 2014) בקרב 16 תינוקות בני שלושה חודשים הושמעו שני זרמי צליל בו זמנית (מרווח). במחצית

מהגירויים השינוי היה בחריגה של חצי טון (כלפי מעלה או מטה) בזרם הצליל הגבוה או הנמוך, ובמחציתם השינויים היו סטנדרטיים. נמצא כי תינוקות מעבדים כל צליל במסלול זיכרון נפרד, אולם המשרעת (Amplitude) גדולה יותר לחריגה בצלילים הגבוהים בהשוואה לנמוכים (כלומר, כאשר נשמעים שני צלילים בו זמנית, העדיפות היא לצליל הגבוה יותר). ממצאים אלו תומכים במחקר קודם (Marie & Trainor, 2013) בקרב 16 תינוקות בני שבעה חודשים. עם זאת, התגובה לחריגה בקרב בני השלושה חודשים הייתה חלשה ומאוחרת יותר. במחקרים אלו נמצא אפקט עליונות הצליל הגבוה (*High voice superiority effect*) שמקורו, ככל הנראה, במערכת השמיעה הפריפריאלית.

וירטלה ואחרים (Virtala et al., 2013) מצאו כי תינוקות בני-יומם (גיל לידה עד חודשיים) מגלים רגישות לטונליות (מזיור/מינור, קונסוננס/דיסוננס). תגובות ה-MMN הצביעו אמנם על הבחנה אוטומטית ולא על העדפה, אך העידו על רגישות של קליפת המוח לסוגי טונליות. כבר בגילאי 3-4 חודשים, יכולת ההבחנה בשינוי בגובה הצליל של התינוק דומה לזו של מבוגרים (He et al., 2009). צליל כינור, בהשוואה לרעש, מעורר משרעת גדולה יותר, כלומר, לשם עיבוד גירוי שמיעתי מורכב נדרשים משאבים גדולים יותר (Fujioka et al., 2006). כמו-כן, לא נמצא קשר בין פעילות מוזיקלית בלתי-פורמלית לבין תגובת ה-MMN בקרב גילאי שנתיים-שלוש, מה שעשוי להצביע על כך שהתפתחות ה-MMN אינה תלויה בחשיפה למוזיקה (Putkinen et al., 2013).

נושך ריתמי (Rhythm): בני-האדם נעים בתיאום (in synchronization) עם מקצבים מוזיקליים, כך בתרבויות עולם רבות (e.g., Nettl, 1964; Sachs, 1953); ונראה כי ישנו תיאום עצבי עם מקצבי השפה, אשר מסדיר את זרם הדיבור, מבליט משמעות ומשפר אינטראקציה עם הזולת. קוץ ואחרים (Kotz et al., 2018) תיארו את הריתמוס על פי ארבעה רכיבים, שכל אחד מהם הוא בעל בסיס אבולוציוני שונה: (1) דפוסים מוטוריים תחומים בזמן (Periodic motor): ליבת הריתמוס היא המחזוריות (Periodicity), דהיינו, הישנות סדירה של דפוסים ביולוגיים פשוטים (כגון פעימות לב ומחזורי שינה) בעלי תדירות (Frequency) ופאזה (Phase) מסוימת; זאת בדומה למעגלים חשמליים (Oscillators) המאופיינים בתדירות ובזמן התחלה; (2) חילוף הפעמה מתוך תבניות שמע מורכבות (Beat extraction): זוהי תופעה קוגניטיבית הכרוכה בתפיסת הדופק (Pulse) שקיבל גירוי (לרוב אקוסטי) ממקור טמפורלי חיצוני כלשהו; (3) יכולת סנכרון בין הדפוס המוטורי לבין הפעמה שחולצה מתבניות השמע (Audio-motor entrainment): בתהליך הסנכרון שני מעגלים או יותר מתואמים ביניהם בתדירות, בפאזה או בשניהם יחד. המעגלים עשויים להשתנות בתדירות אך להישאר מסונכרנים (להאיץ ולהאט יחד). בין המקצב המוזיקלי לבין המקצב השפתי קיים הבדל במרווחי הזמן (Isochronicity) הקבועים במוזיקה אך לא בהכרח בשפה; (4) תפיסת המשקל (Meter perception): קיבוץ של לפחות שתי פעמות (הברות או צלילים) חזקות וחלשות (Strong - weak) במבנה היררכי; תפיסת המשקל הינה גורם מרכזי בקצב הדיבור, בצלילי השפה (Metrical phonology) ובמוזיקה. קיבוץ (Grouping) של דפוסים ריתמיים וגזירה (Derivation) של המשקל, אלו שני תהליכים ארגוניים תפיסתיים הקשורים לקידוד, אחזור והפקה של דפוסים ריתמיים (Trainor & Corrigan, 2010).

פעמה מוזיקלית (Beat) מתרחשת לרוב באמצעות ייצוג שמיעתי (כגון עוצמה, מלודיה, הרמוניה, או גוון), אך עשויה להיווצר גם על-ידי ייצוג מנטלי של חוויה מוזיקלית קודמת, ציפייה למחזוריות או נטייה אנושית טבעית לתנועה המותאמת למקצב המוזיקלי (London, 2004). הקשר בין המוזיקה לבין התנועה (e.g., Dalcroze, 1921/1980) מרמז כי תחושת הפעמה נובעת מסדירות פעימות הלב; ומכיוון שהפעמה נובעת מתנודות מוחיות בתגובה לגירויים קצביים, היא ניתנת לתפיסה גם כאשר אינה ניתנת כגירוי ישיר (כלומר, בהיעדר צליל או כאשר אירועי הצליל שונים מהפעמה) (Trainor & Corrigan, 2010). הסבר אפשרי נוסף לקשר בין מוזיקה לבין תנועה הוא קצב ההליכה. אחת הגישות העדכניות בשיקום מוטורי היא אימון בהליכה בעת האזנה לגירויים קצביים או למוזיקה. הגירוי הריתמי מסמן את קצב ההליכה והמטופל מסנכרן את צעדיו עם הגירוי. מעבר לשיפור בהליכה, לסנכרון הריתמי ישנה השפעה חיובית בטווח הקצר והארוך על הגברת המהירות, הסימטריה ואורך הצעדים (Nascimento et al., 2015).

במחקר של וינקלרט ואחרים (Winkler et al., 2009) בקרב תינוקות בני יומם, נמדדה התגובה (MMN) להשמטת הפעמה בעת האזנה לתבניות מקצב. נמצא, כי השמטת הפעמה החזקה (Downbeat) עוררה פעילות מוחית הקשורה להפרת ציפיות (לפעמה). מסקנת החוקרים היא, כי תפיסת הפעמה היא תכונה מולדת. חיזוק לטענה זו עולה ממחקרם של וואנג ואחרים (Wang et al., 2018), אשר בדקו מתאמים בין ציונים במבחני הערכה קלינית של 30 חולים עם בעיה במצב ההכרה (DOC - Disorders of consciousness) לבין שינויים חשמליים (ERP) המתרחשים במוחם בעת האזנה לגירויים סטנדרטיים וגירויים עם חריגה (גדולה או קטנה) בתדירות. נמצאה אינטראקציה משמעותית בין חריגה בתדירות לבין האזור הקדמי-מרכזי (Frontocentral) ונמצא מתאם בין החריגה לבין הציונים במבחני ההערכה. התוצאות מעידות על התכונות המרחביות של ה-MMN ומספקות מיקום מדויק יותר (Frontocentral) להערכה קלינית של חולים עם בעיה במצב ההכרה (DOC).

על-פי כהן (Cohen, 1986) הריתמוס כולל: מקצב - היחס בין משכי זמן של אירועים עוקבים (Rhythmic values); פעמה (Beat) - תחושה הנוצרת כאשר משכי האירועים מהווים כפולות או חלוקות של יחידה החוזרת על עצמה; משקל (Meter) - מערכת מחזורית שבה מאורגנות פעמות משני סוגים לפחות (פעמה מוטעמת לעומת בלתי-מוטעמת); מופע (Tempo) - מספר הפעמות ביחידת זמן (Cohen, 1986). תפיסת הזמן נשענת, בין השאר, על ייצוגים של מרווחי זמן המאוחסנים בזיכרון העבודה (Rao et al., 2001). במפעם מהיר, מרווחי הזמן קצרים ותפיסת הזמן מבוססת על הסדרתיות של מרווחי הזמן הקודמים; ואילו במפעם איטי מרווחי הזמן ארוכים ונעשה גם שימוש במנגנון הקוגניטיבי - ולפיכך מידת הדיוק יורדת (Mastrokalou & Hatziharistos, 2007).

קליטת גובה צליל וקליטת הריתמוס פועלות בסינכרוניזציה (Peretz & Zatorre, 2004): הבסיס האנטומי לשילוב בין המידע הטונלי לבין הריתמי מתרחש במנגנון התלמוס-קורטיקלי (Thalamocortical mechanisms), כאשר מערכות קלט (Inputs) משלבות בין התוכן (Content) הטונלי לבין ההקשר (Context)

הריתמי בקליפת השמע, תוך שימוש במנגנוני הובלה (Driving) ואפנון (Modulatory) (Musacchia et al., 2014). עם זאת, אלו הם שני תהליכים נפרדים (Peretz & Zatorre, 2004) - אדם יכול להשיג מומחיות ביכולת אחת אך לא באחרת (Levitin, 2012). בעוד שייצוגים של גובה הצליל נקשרים בעיקר למסלול הטמפורלי-פרונטלי (Peretz et al., 2009), ייצוגי המקצב נפוצים, נקשרים למוח הקטן (Cerebellum), לגרעינים הבזאליים (Basal ganglia) ולמערכות תת-קורטיקליות רבות (Chen et al., 2006; Levitin, 2012). בהתאם לכך, אמוזיה (Congenital Amusia) - לקות מוזיקלית המתרחשת בקרב 1.5% מהאוכלוסייה (Peretz & Vuvan, 2017), מתבטאת בעיקר בחוסר הבחנה בגובה הצליל (Hyde et al., 2011) ואילו לקות ריתמית היא נדירה (Peretz et al., 2009). המבנה המלוּדי הינו בעל מובחנות גבוהה בהשוואה למבנה הריתמי, אולם זיהוי מהיר מצוי בשילוב ביניהם. כלומר, הקידוד האופטימלי בזיכרון לטווח ארוך מצוי בשילוב בין המקצב לבין המלוּדיה, מתוכם הקידוד המלוּדי מעביר מידע רב יותר (Hébert & Peretz, 1997).

התפתחות מוזיקלית בחיי האדם היא תהליך מורכב אשר מושפע ממגוון נרחב של גורמים הקשורים זה בזה, כולל ערכים תרבותיים, מידה ואיכות העיסוק (הפורמלי והבלתי-פורמלי) במוזיקה (Hargreaves et al., 2015; Ilari & Habibi, 2015; McPherson, 2016; 2003), גיל, הכשרה מוזיקלית (Drake et al., 2000) ותרבות (Kirschner & Ilari, 2014). עם זאת, היכולת לתפוס, לארגן ולהעריך גירויים מוזיקליים, קיימת במידה מסוימת אצל מרבית בני האדם מלידה, משתפרת כתוצאה מחשיפה למוזיקה ולא רק כתוצאה מהכשרה (Bigand & Poulin-Charronnat, 2006; Stalinski & Schellenberg, 2012). חוקרים עסקו בהתפתחות המוזיקלית מתוך היבטים שונים, כגון: הבחנה בין תבניות (Gordon, 1997), ביצוע ריתמי (Thompson et al., 2015), הדמיה מוחית (Corrigall, & Trainor, 2014) או האזנה ליצירות מוזיקליות (Gardner, 1973) (ראה גם טבלת סיכום מחקרי התפתחות מוזיקלית בנספח מספר 1, עמ' 170).

גורדון (Gordon, 1997) בחן התפתחות מוזיקלית לאור תיאוריית "הלמידה המוזיקלית", שאחד מעקרונותיה המרכזיים הוא ה"קישור" (Audiation), דהיינו, פיתוח מיומנות לשמיעה פנימית ("לשיר בלב"). גורדון (Gordon, 2012) אפיין את הילדות המוקדמת כתקופת התפתחות הפוטנציאל המוזיקלי, החשופה להשפעות הלמידה והסביבה. הוא כינה את הכושר המוזיקלי מגיל לידה ועד סביבות גיל תשע ככושר התפתחותי (Developmental Musical Aptitude) "משתנה כל הזמן, נע מעלה ומטה ככל שהוא מתפתח" (Gordon, 2012, p. 46). הכושר המוזיקלי נרכש בשני שלבים עיקריים:

א. קדם-קישור (Preparatory Audiation) - עד סביבות גיל שש וכולל שלושה תתי-שלבים (Gordon, 2007):

1. אימוץ התרבות (Acculturation) - מגיל לידה - שנתיים: התינוק קולט את צלילי סביבתו ומגיב בתנועה ובמלמול;

2. חיקוי (Imitation) - מגיל 2-4 : מתפתחת מודעות לסביבה, יכולת חיקוי תבניות מלודיות וריתמיות ;

3. הטמעה (Assimilation) - מגיל 4-6 : מתפתחת מודעות לתיאום בין שירה ודקלום לבין נשימה ותנועות הגוף.

ב. קישוב (Audiation) - עד סביבות גיל תשע וכולל שש דרגות רציפות : זיכרון התבנית (המלודית או הריתמית), חיקוי והבנת מאפייניה (כגון : משקל וסולם), שימור התבנית בשמיעה הפנימית, יכולת העברתה לקטעי מוזיקה ויכולת חיזוי של דפוס מלודי או ריתמי (Gordon, 2007). רמת התגובה האינטואיטיבית עד גיל תשע מהווה אינדיקציה לרמה המוזיקלית (Gordon, 1986b). עם זאת, חסר בחוויות מוזיקליות בשנים המוקדמות, עלול לגרום לאדם לאיבוד הפוטנציאל הטמון בו (Gordon, 1997).

חוקרים בתחום הפסיכולוגיה של המוזיקה יישמו את עקרון "שימור החומר" (Conservation), דהיינו, היכולת לתפוס כמה ממדים כשווים למרות הבדלים בצורתם (כגון, ק"ג נוצות וק"ג ברזל) (Piaget, 1954), כדי להסביר התפתחות מוזיקלית. צימרמן (Zimmerman, 1984, 1986) ניסחה חוק "שימור מוזיקלי" (Music Conservation) שמשמעו, היכולת לזהות תבנית (טונלית או ריתמית) כאשר היא עוברת שינויים (למשל, ברגיסטר ובמהלך ההרמוני). על-פי תיאוריה זו, עד גיל 5 ישנה התמקדות בפרמטר אחד בולט ביצירה מוזיקלית (כגון : מהירות, עצמה, גוון או גובה צליל) ; עד גיל 8 ישנו שימור תבניות והתייחסות ליותר מפרמטר אחד ; עד גיל 11 ישנה התייחסות למרכיבים מוזיקליים, כגון, מלודיה והרמוניה.

גרדנר (Gardner, 1973) בדק הבנת סגנונות מוזיקליים בקרב בני 6-18. הנבדקים האזינו ל-16 זוגות של מלודיות מן הרפרטואר הקלאסי והיה עליהם לקבוע אם שני קטעים עוקבים שייכים לאותה יצירה. נמצא, כי בני שש התייחסו לגובה, לעוצמה ולמהירות כאל תכונות הקובעות את השתייכותם של הקטעים ליצירה מסוימת. בני שמונה התייחסו ליותר מפרמטר אחד והוסיפו דימויים חוץ-מוזיקליים, כגון, "משעמם", "מוזיקה של כנסייה" וכדומה. בני 11 נימקו את קביעתם על תזמור, מקצב ומרקם כגורם משותף ; ובני 14 ויותר התייחסו לסגנון, לתקופה, למרכיבים מוזיקליים ויכלו לנתח את הקשר בין שני קטעים. מחקרו של גרדנר (Gardner, 1973) תומך בתיאוריה ההתפתחותית של צימרמן (Zimmerman, 1984, 1986) לפיה, עם העלייה בגיל מתפתחת היכולת להבחין בין מלודיות אשר דומות במרכיבים מסוימים אך שונות באחרים.

חוקרים נוספים (Hargreaves, 1996; Serafine, 1988) מצאו, כי הבנה מוזיקלית מתפתחת עם הגיל ונובעת בין השאר מחשיפה למוזיקה. תחילה ישנה הבחנה בהבדלים בעצמה, במהירות, לאחר מכן במקצב, מאוחר יותר בגובה הצליל ; ובגילאי 11-12 מתפתחת הבנה של מורכבות מלודית, ריתמית, הרמונית ועוד (Hargreaves, 1996). יחד עם זאת, אירלנד ואחרים (Ireland et al., 2018) טענו כי מדידות כמותניות של יכולת מוזיקלית בקרב ילדים הן חסרות תועלת יישומית, משום שההתפתחות הקוגניטיבית וההכשרה המוזיקלית משפיעות על ההתפתחות המוזיקלית.

באשר להתפתחות הכושר הטונלי נמצא, כי הבחנה בתדירות ואיתור שינויים בגובה הצליל מתייצבים בסביבות גילאי 6-7 (Gooding & Standley, 2011) ורגישות לכיוון השינוי מתייצבת רק בסביבות גילאי 10-11 (Trainor & Corrigall, 2010; Fancourt et al., 2013). בעוד שישודות התפיסה ההרמונית באות לידי ביטוי בסביבות גילאי 4-5, מיומנות זו דומה לזו של מבוגרים רק בגילאי 10-12 (Trainor & Corrigall, 2010). במחקר שביצעו קוריגל וטריינור (Corrigall, & Trainor, 2014) בקרב בני 4-5, נבדקה רגישות לסולם (צליל שייך ולא שייך לסולם מסוים) ולהרמוניה (אקורד שייך ולא שייך למהלך הרמוני מסוים) במוזיקה המערבית. במשימה ההתנהגותית המשתתפים האזינו למלודיות טונליות ולמלודיות בהן נשמעה חריגה בסולם או בהרמוניה (ניסוי 1). בני 5 נמצאו רגישים לחריגה בסולם אך לא בהרמוניה, ואילו בני 4 לא נמצאו רגישים לשני הפרמטרים. לעומת זאת, במכשיר EEG המודד פעילות חשמלית במוח (ניסוי 2), נמצאו עדויות לכך שבני 4 רגישים הן לסולם והן להרמוניה. החוקרים הסיקו, כי ילדים עשויים להיות בעלי ידע מסוים (סמוי) בנוגע לסולם ולהרמוניה לפני שהוא לידי ביטוי באופן מפורש במטלות התנהגותיות.

הכושר הריתמי מתפתח בד בבד עם ההתפתחות המוטורית והקוגניטיבית (Krampe et al., 2002; Moog, 1976). בני 6-7 מסוגלים לשחזר תבניות ריתמיות במחיאיות כף, לקרוא, לבצע תבניות מקצב פשוטות (חצי, רבע ושמינית) ולזהות שינויי טמפו. בני 8-10 מסוגלים לזהות משקלים שונים, לקרוא, לבצע ולכתוב תבניות מקצב מורכבות (Derm et al., 2001). הישגיהם של בני שבע נמצאו (Drake, 1993) שווים לאלו של מבוגרים בביצוע תבניות מקצב קצרות; ביצוע משקלים זוגיים קל יותר מביצוע משקלים משולשים, והטעמות (הדגשות שתוחמות את המבנה הריתמי) שיפרו את הביצועים, בקרב ילדים ומבוגרים. עוד נמצא (Drake et al., 2000), כי היכולת להקיש בסינכרוניזציה לריתמוס משתפרת בין גילאי 4-11 גם בהיעדר הכשרה מוזיקלית; אולם לילדים ומבוגרים עם הכשרה מוזיקלית יכולת סנכרון והבחנה טובה יותר של המקצב בהשוואה לחסרי הכשרה. אימון עשוי להאיץ את התפתחות רשתות המוח לעיבוד המוזיקה, לשפר תפקודי קשב, זיכרון ותהליכים קוגניטיביים נוספים (Trainor & Corrigall, 2010).

במחקר (Thompson et al., 2015) בקרב 145 משתתפים עם וללא הכשרה מוזיקלית, נבדקה יכולת סנכרון הפעמה בחמש קבוצות גיל (8-13, 14-17, 18-21, 22-42, 51-79). נמצא כי מגיל הילדות (8-13) ועד לבגרות הצעירה (22-42) ישנה עלייה ביכולת הסנכרון, אולם מגמה זו משתנה, כאשר מתקופת הבגרות הצעירה ועד למאוחרת חלה ירידה (51-79). נמצא קשר חיובי בין ניסיון בנגינה לבין יכולת הסנכרון, מה שמצביע על קשר בין ניסיון מוזיקלי לבין אינטגרציה שמיעתית-מוטורית. תוצאות דומות התקבלו במחקר שערכו מקאולי ואחרים (McAuley et al., 2006) בקרב משתתפים בגילאי 4-95 ובמחקר שערכו דרואינג ואחרים (Drewing et al., 2006) בקרב משתתפים בגילאי 6-88. מחקרים אלה מצביעים כי יכולת סנכרון הפעמה עולה עם הגיל, אך בבגרות המאוחרת קיימת ירידה ביכולת. החוקרים הסיקו, כי סנכרון עשוי להיות חלון ייחודי להבנת ההאטה באינטגרציה הסנסו-מוטורית (Thompson et al., 2015). במבחן התקן לסוללת MAP (Gordon, 1995b) נמצא, כי בכל רמות הגיל (10-12, 13-15, 16-18) ציוני הגלם במבחן דימוי מפתם (29.8, 33.1, 35.1, בהתאמה) היו גבוהים בהשוואה לציונים במבחן דימוי משקל (26.4, 29.7, 33.0, בהתאמה).

לסיכום, בין החוקרים קיימת הסכמה כי התפתחות מוזיקלית מתרחשת לאורך החיים, אם כי מירב השינויים מתרחשים עד לילדות התיכונה. הבחנה בגובה צליל ובתבניות מקצב פשוטות מתייצבת עד סביבות גילאי 7; ואילו רגישות מלודית והרמונית מתייצבת עד גילאי 10-12. מבין מכלול הכישורים המוזיקליים, מחקרנו מתמקד ביכולת הבחנה בין תבניות טונליות וריתמיות (Gordon, 1986a, 1986b, 1995a, 1995b).

1.2. הגדרת המוגבלות השכלית ההתפתחותית (מש"ה)

המחקר הנוכחי נערך בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה בהשוואה לאוכלוסייה עם מוגבלות שכלית התפתחותית. לפיכך חלק זה של סקירת הספרות מתמקד בהגדרה המסורתית של המוגבלות השכלית (Grossman, 1983), ההגדרה החדשה (Luckasson et al., 1992; Luckasson et al., 2002; Schalock et al., 2010) והגדרת ה-DSM-5 (American Psychiatric Association - APA, 2013).

ההגדרה המסורתית מבוססת על מודל פסיכו-סוציאלי (Grossman & Begab, 1983) לפיו, רמת המוגבלות נקבעת על פי רמת תפקודו וכישוריו של האדם בתחום האינטלקטואלי ובתחום ההתנהגות המסתגלת. לאור מודל זה, האגודה האמריקנית לפיגור שכלי (AAMR - American Association on Mental Retardation) הגדירה מוגבלות שכלית כ"תפקוד אינטלקטואלי נמוך מהממוצע באופן משמעותי המתקיים בד בבד עם פגם בהתנהגות המסתגלת במשך תקופת ההתפתחות" (Grossman, 1973, p. 11). אדם מוגדר כמוגבל בשכלו כאשר מנת המשכל שלו נמוכה בשתי סטיות תקן מהממוצע באוכלוסייה הכללית ($IQ = 70$ ומטה) ויש לו קושי הסתגלותי. התנהגות מסתגלת מוגדרת כ"מידה בה נדרש הפרט לעמוד בקריטריונים של מחויבות אישית ואחריות חברתית המצופות מבני גילו הכרונוולוגי" (Grossman, 1983, p. 11); הציפיות הנדרשות לקביעת מידת תפקוד מתמקדות בארבעה תחומים: עזרה עצמית, תקשורת, חברות ותעסוקה.

אוכלוסייה עם מוגבלות שכלית סווגה לארבע רמות המתייחסות לרמת המשכל ולרמת ההתנהגות המסתגלת: פיגור קל (Mildly Retarded) ($IQ = 55-69$), פיגור בינוני (Moderately Retarded) ($IQ = 40-55$), פיגור קשה (Severely Retarded) ($IQ = 25-39$) ופיגור עמוק (Profoundly Retarded) ($IQ = 24$ ומטה). כאמור, המחקר הנוכחי התמקד באוכלוסייה עם מש"ה שממוצע המשכל שלה מתאים למוגבלות שכלית התפתחותית קלה ($M = 62.31, SD = 5.30$). אוכלוסייה זו היא בעלת פוטנציאל חינוכי, מסוגלת ללמוד קריאה, כתיבה וחשבון; להשתלב במסגרת תעסוקתית ולתפקד בקהילה באופן עצמאי למדי.

ההגדרה החדשה (Luckasson et al., 2002; Schalock et al., 2010) נשענת על מודל אקולוגי-חברתי (Landesman-Ramey et al., 1996) לפיו, תפקוד היחיד הוא תוצר של יחסי גומלין בין משתני הפרט (האינטליגנציה וההתנהגות המסתגלת) לבין סביבתו (בית, בייס, עבודה, קהילה), כלומר, לסביבה ישנה השפעה

מכרעת לגבי רמת תפקודו של האדם. לפי הגדרה זו, "מוגבלות שכלית התפתחותית מאופיינת במגבלות משמעותיות בתפקוד השכלי ובהתנהגות המסתגלת, כפי שהיא באה לידי ביטוי במיומנויות הסתגלותיות תפיסתיות, חברתיות ומעשיות. מוגבלות זו מתחילה לפני גיל 18" (Schalock et al., 2010, p. 17). התנהגות מסתגלת מתייחסת למיומנויות תפיסתיות (שפה, קריאה, כתיבה וחשבון), חברתיות (מיומנויות בין אישיות, אחריות חברתית וציות לחוקים) ומעשיות (עזרה עצמית, בריאות, תחבורה ותעסוקה). ליקוי בהתנהגות המסתגלת מוגדר כביצוע של לפחות שתי סטיות תקן מתחת לממוצע באחד משלושת מרכיבי ההתנהגות המסתגלת (תפיסתי, חברתי וביצועי), או שתי סטיות תקן מתחת לממוצע הכללי של שלושת המרכיבים (Schalock et al., 2010). כלומר, אין ציון סף ברור לעמידה בקריטריון המוגבלות בתפקוד השכלי, אלא יש להשתמש בשיקול דעת קליני. אדם עשוי להיות מאובחן כמוגבל בשכלו בתקופה אחת של חייו ולהימצא כבעל תפקוד תקין בתקופה אחרת. המוגבלות השכלית היא מצב עכשווי ודינאמי המושפע מהסביבה וכך, גם מי שמנת המשכל שלו נעה בין $IQ = 70-75$, עשוי להיחשב כאדם עם מוגבלות. בניגוד להגדרה המסורתית, בה הסיווג נעשה על פי רמת הפיגור (קל, בינוני, קשה ועמוק) ורמת ההתנהגות המסתגלת, בהגדרה החדשה הסיווג נעשה על פי מידת האינטנסיביות של התמיכות להן האדם נזקק על מנת שיוכל לממש את יכולתו ולהשתלב בחברה, כלומר, הדגש הוא על צרכי האדם ולא על מגרעותיו.

חמש הנחות חיוניות להחלתה של הגדרה זו: (א) יש להעריך מוגבלות שכלית בהקשר לסביבה האופיינית, לקבוצת הגיל ולתרבות, ולא בסביבה נפרדת; (ב) בתהליך ההערכה יש להתחשב בהבדלים תרבותיים ולשוניים, בתקשורת, בחושים, במוטוריקה ובהתנהגות; (ג) בתוך הפרט קיימות לעיתים מגבלות ונקודות חוזק בעת ובעונה אחת; (ד) תיאור המגבלה נועד לשם פיתוח פרופיל אישי של מערכות התמיכה הנדרשות; (ה) מערכות תמיכה מותאמות שניתנות לאורך זמן, עשויות לסייע לתפקוד האדם עם המוגבלות (Luckasson et al., 2002; Schalock et al., 2010). ארבעה חידושים עיקריים מצויים בהגדרה החדשה: מש"ה היא מצב עכשווי ודינאמי; ההתייחסות נקבעת בהתאם למידת האינטנסיביות התמיכות להן האדם נזקק על מנת לממש את יכולתו; הפגיעה בתהליכים הקוגניטיביים מתרחשת עד גיל 18; העלאת הסף העליון של מש"ה ל- $IQ = 70 \pm 5$. ראוי לציין, כי ישנה קרבה רעיונית בין ההגדרה החדשה לבין תיאוריית "כושר ההשתנות הקוגניטיבית המבנית" (SCM – Structural Cognitive Modifiability Theory; Feuerstein, 2003; Feuerstein & Rand, 1974).

הגדרת ה-DSM-5 תואמת להגדרה החדשה לפיה, מוגבלות שכלית מתרחשת במהלך תקופת ההתפתחות וכוללת ליקוי באינטליגנציה ובהתנהגות המסתגלת. ליקוי באינטליגנציה מתייחס להסקת מסקנות, פתרון בעיות, תכנון, חשיבה מופשטת, שיפוט, למידה אקדמית, זיכרון עבודה ולמידה מניסיון; וליקוי בהתנהגות המסתגלת מתייחס למיומנויות תפיסתיות, חברתיות ומעשיות שהוזכרו לעיל. סיווג המוגבלות השכלית לרמות קלה, בינונית, קשה וחמורה נעשה על פי שלושת תחומי התפקוד ההסתגלותי, ולא על-פי מנת המשכל שכן, רק לפיהם ניתן לקבוע את רמת התמיכות הנדרשת לאדם המאובחן עם מוגבלות שכלית. הדגש הוא, אם כן, על רמת התפקוד וההסתגלות ולא על רמת האינטליגנציה (Tassé, 2013).

1.3. **נתיבי התפתחות האינטליגנציה והזיכרון בקרב אוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה: נתיב לקוי, יציב ומתמשך (מפצה)**

אחת השאלות המעסיקה את החוקרים היא כיצד מתפתחים האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים במעגל החיים, באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015). בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצא (Horn & Cattell, 1981; Kaufman, 2001; Wechsler, 1981), כי הכישורים הקוגניטיביים מתפתחים באופן ליניארי עד גיל 20, לאחר מכן חלה יציבות ובגילאי 50-60 חלה ירידה. בהמשך לכך, הוצע (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020) מודל תיאורטי של שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי בקרב אוכלוסייה עם מש"ה, המבוססים על תיאוריות התפתחות האינטליגנציה באוכלוסייה עם התפתחות תקינה: נתיב לקוי (Impaired Trajectory), נתיב יציב (Stable Trajectory) ונתיב מתמשך (מפצה) (Continuous Trajectory) [Compensatory]. נתיבים אלו נבדלים מהתפתחות האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים של אוכלוסייה עם התפתחות תקינה באחד או ביותר מהמשתנים הבאים: הגיל בו הם מגיעים לשיא, אורך תקופת היציבות, גיל הירידה וקצב הירידה (Chen, et al., 2017). להלן הפירוט:

על-פי **הנתיב הלקוי**, האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים בקרב אוכלוסייה עם מש"ה עשויים להגיע לשיאם כבר בגיל 10, לאחר מכן חלה יציבות וירידה חלה בגילאי 20-30. נתיב זה מבוסס על תיאוריית "הרזרבות הקוגניטיביות" (CR-Cognitive Reserve) (Katzman, 1993; Satz, 1993) לפיה, אנשים נבדלים זה מזה בתהליך הקוגניטיבי בעת ביצוע מטלה. רזרבה קוגניטיבית מוגדרת כיכולת המוח להפיק את מרב התועלת בביצוע מטלות קוגניטיביות במצבים פתולוגיים כמו פגיעת ראש או דמנציה, באמצעות גיוס דיפרנציאלי של רשתות מוחיות או בשימוש באסטרטגיות אלטרנטיביות (Lifshitz, 2020). רמת הרזרבות מושפעת מגורמים מולדים, כגון רמת האינטליגנציה, ומגורמים סביבתיים, כגון השכלה, התנסות מקצועית ופעילות מאתגרת (Stern, 2002, 2013). יחידים בעלי רזרבות קוגניטיביות גבוהות מסוגלים לבצע מטלות למידה, זיכרון וחשיבה ביעילות גבוהה יותר, כיוון שיש להם יכולת ניצול מקסימלית של הרשתות העצביות. יכולת זו מגנה עליהם מפני ירידה שעלולה להתרחש כתוצאה מנזק מוחי או עם העלייה בגיל (Stern, 2009). מכיוון שלאוכלוסייה עם מש"ה יש סטטוס השכלתי-תעסוקתי נמוך והזדמנויות מועטות לפעילויות, רמת הרזרבות שלהם נמוכה (Silverman et al., 2013); ובהתאם לכך, ירידה ביכולת הקוגניטיבית של אוכלוסייה זו מתרחשת כבר בשנות ה-20 או ה-30. גישה זו רווחה בשנות ה-70 וה-80 (Gibson et al., 1988; Popovitch et al., 1990) והיא שיקפה פסימיות ביחס ליכולתה של אוכלוסייה עם מש"ה לשמר תפקודים קוגניטיביים ואף ללמוד ולהתפתח בתקופת הבגרות.

על-פי **הנתיב היציב**, האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים של אוכלוסייה עם מש"ה ושל אוכלוסייה עם התפתחות תקינה מגיעים לשיאם בסביבות גילאי ה-20, לאחר מכן חלה יציבות, וירידה חלה בגילאי ה-50-60, כלומר, ההבדל הוא ברמת ההתפתחות הבסיסית של אוכלוסייה עם מש"ה הנמוכה לפחות בשתי סטיות תקן

מהממוצע, אך ביתר המשתנים קיימת הקבלה בין הקבוצות. הביסוס לנתיב זה נשען על מחקרים (Burt et al., 2005; Devenny et al., 2005) בהם נמצא דפוס הזדקנות רגיל באינטליגנציה ובזיכרון לטווח ארוך בקרב מבוגרים עם מש"ה; וכמו-כן (Zigman et al., 2004) נמצאה שכיחות דומה של דמנציה בקרב אוכלוסייה עם מש"ה ועם התפתחות תקינה בגילאי 65 ומעלה. חיזוק נוסף לנתיב זה נמצא במחקר של פקון (Facon, 2008) שבדק שינויים עם העלייה בגיל בקרב מבוגרים עם מש"ה (IQ = 45-70, CA = 20-54) בהשוואה למבוגרים עם התפתחות תקינה בגיל כרונולוגי שווה. בתפקוד המילולי נמצאה יציבות עם העלייה בגיל ואילו בתפקוד הביצועי נמצאה ירידה משנות ה-20. טענת תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015) היא, שמכיוון שבמחקרים (e.g., Burt et al., 2005; Devenny et al., 2005; Facon, 2008; Zigman et al., 2004) לא נמצאה ירידה, ההשוואה של רמת הרזרבות הקוגניטיביות צריכה להיבדק בתוך האוכלוסייה עם מש"ה, ללא השוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה. קיימים הבדלים אינדיבידואלים בביצוע מטלות קוגניטיביות בתוך האוכלוסייה, כתוצאה מרמת האינטליגנציה ומרמת החשיפה לגירויים. גם פעילות שדורשת רמה בסיסית של תהליך מידע (כגון, צפייה בטלוויזיה, כתיבה, קריאה, משחקים) עשויה לשמש כגירוי קוגניטיבי המגן מפני ירידה בגיל המבוגר (Wilson & Bennett, 2005). בהתאם לכך, ייתכן כי מבוגרים עם מש"ה מפתחים רזרבות המהוות "חוסן קוגניטיבי" מפני ביטוי של ירידה (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015).

על-פי הנתיב המתמשך (מפצה), האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים של אוכלוסייה עם מש"ה עשויים להתפתח עד שנות ה-40 המאוחרות, בין גיל 50-60 חלה יציבות וירידה חלה בגיל 60 ומאוחר יותר. נתיב זה מבוסס על תיאוריית "כושר ההשתנות הקוגניטיבית המבנית" (Feuerstein, 2003; Feuerstein & Rand, 1974) ועל תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015). על-פי תיאוריית "כושר ההשתנות הקוגניטיבית מבנית", התערבות סביבתית וחינוכית מתאימה (למידה מתווכת), עשויה להוביל לשינויים קוגניטיביים-מבניים, מעבר לגורמי גיל, אטיולוגיה וחומרת הפגיעה. קיימים גורמים שאינם קוגניטיביים המתווספים עם הגיל, בהם: ניסיון החיים, מוטיבציה, מודעות לצרכים ולשיתוף פעולה חברתי, המסייעים ליכולת ההשתנות בגיל המבוגר. על-פי תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015), לעיכוב בשנים הראשונות יש פיצוי בשנים מאוחרות יותר. בזכות ניסיון החיים, הבשלות, מודעות לחשיבות הלמידה וההנעה ללמידה, האינטליגנציה ממשיכה להתפתח אף בשנות הבגרות. כלומר, תיתכן שהייה של היכולות בגילאים הצעירים ופריחתן בשנים מאוחרות יותר. תיאוריית "הגיל המפצה" נשענת על תיאוריית "הרזרבות הקוגניטיביות" (Stern et al., 2005) לפיה, לאדם ישנה יכולת "פיצוי עצבי" (Neural Compensation), כלומר, יכולת להשתמש ברשתות עצביות שאינן בשימוש במצב רגיל בעת ביצוע מטלה, ואשר לא נפגעו כתוצאה מעלייה בגיל או בשל פגיעה מוחית. יש לציין, כי במושג "פיצוי" אין הכוונה שאוכלוסייה עם מש"ה מגיעה לרמה התפקודית של אוכלוסייה עם התפתחות תקינה, אלא, שבקרב אוכלוסייה מבוגרת עם מש"ה חל פיצוי על העיכוב ההתפתחותי בגיל הצעיר, והשיא התפקודי חל בגיל מאוחר יותר. חיזוק לתיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015) נמצא בסדרת מחקרים שערכו ליפשיץ ואחרים (קילברג, Chen et al., 2017; Lifshitz et al., 2020; Lifshitz & Katz, 2009; Lifshitz & Rand, 1999; Lifshitz, 2019).

במחקרנו נבדקו נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בהתבגרות העליונה (גילאי 21-17) ובבגרות הצעירה (גילאי 25-40); וזאת לאור מודל תיאורטי המציע שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Fisher, 2015; Lifshitz, 2020; Zeaman, 1970; Lifshitz-Vahav, 2015): נתיב לקוי, נתיב יציב ונתיב מתמשך (מפצה). נתיבי התפתחות האינטליגנציה והכישורים הקוגניטיביים נבדקו בארבעה רכיבים: אינטליגנציה קריסטלית, אינטליגנציה פלואידית, זיכרון עבודה (מילולי וחזותי-מרחבי) וזיכרון אפיזודי. בחלק הבא של סקירת הספרות נתייחס להגדרות האינטליגנציה והזיכרון, תוך הצגת מחקרים באשר למגמות התפתחותם באוכלוסייה עם התפתחות תקינה ובאוכלוסייה עם מש"ה.

1.4. התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה ובאוכלוסייה עם מש"ה

למושג אינטליגנציה הגדרות שונות, אך אין הגדרה מוסכמת (Legg & Hutter, 2007). במהלך השנים נעשה שימוש בשלוש מסגרות מושגיות עיקריות להגדרת מבנה האינטליגנציה: (א) על-פי הגדרה המסורתית של ספירמן (Spearman, 1927), האינטליגנציה היא יכולת המורכבת בעיקר מגורם גלובלי (g) - ובמידה פחותה מגורם ספציפי למטלה (s). בהתאם לכך, עיקר השונות בין בני האדם נובעת מגורם ה- g (Gardner et al., 1996); (ב) האינטליגנציה היא מבנה היררכי, שבראשה גורם או גורמים כלליים הנשענים על כשרים קוגניטיביים ספציפיים (Horn & Cattell, 1966; Carroll, 1993; Alfonso et al., 2005); (ג) האינטליגנציה היא מערכת המבוססת על כשרים ספציפיים, שונים ונפרדים זה מזה (Gardner, 1983; Sternberg, 1990). במחקר הנוכחי ההתייחסות היא לאינטליגנציה כמבנה היררכי על פי התיאוריה של קטל והורן (Horn & Cattell, 1966). קטל (Cattell, 1987) והורן (Horn, 1986) מצאו כי קיימים הבדלים בעוצמת הקשר בין מבחנים אשר בודקים כשרים שונים והציעו לפצל את גורם ה- g (Spearman, 1927) לשני סוגים: אינטליגנציה קריסטלית (Gc - Crystallized Intelligence) ואינטליגנציה פלואידית (Gf - Fluid Intelligence).

אינטליגנציה קריסטלית כוללת ידע בתחומי השפה, אוצר מילים, הבנת הוראות, ידע כללי, מושגי חשבון, הגדרת בעיות ומושגים תרבותיים; היא מושפעת מסביבה, מתנאים סוציו-אקונומיים, מלמידה פורמלית, בלתי-פורמלית, מתרבות ומהתערות בחברה (Beauducel et al., 2001; McGrew, 2009). בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאה (Chen et al., 2017; Kaufman, 2001; Lee et al., 2008) עלייה באינטליגנציה הקריסטלית עד לתקופת הבגרות. העלייה מתרחשת כתוצאה מידע נרכש, ניסיון, חשיפה לתרבות

ולסביבה (Alfonso et al., 2005; Horn & Cattell, 1967); עד סביבות גיל 60 חלה יציבות ולאחר מכן ירידה הדרגתית (Hanushek et al., 2011). לאור תאוריית "הגיל המפצה", ממצאים דומים התקבלו גם בקרב אוכלוסייה עם מש"ה (Chen et al., 2017; Lifshitz et al., 2020). בסדרת מחקרים שערכו פאקון ואחרים בקרב אוכלוסייה עם מש"ה (Facon et al., 1993; Facon & Facon-Bollengier, 1999a, 1999b) נמצא, כי לגיל הכרונולוגי, לניסיון חיים ולהזדמנויות חינוכיות, יש משקל מכריע בקביעת הרמה הקוגניטיבית של אוכלוסייה עם מש"ה, מעבר לגיל השכלי. ממצאים אלה מפריכים את הקביעה בהגדרת ה-DSM-V (Tassé, 2013) לגבי חוסר היכולת של אוכלוסייה עם מש"ה ללמוד מניסיון.

אינטליגנציה פלואידית הינה יכולת מולדת, המושפעת מגורמים ביולוגיים כמו גנטיקה או התבגרות פיזיולוגית (Horn, 1968; McGrew, 2009). היא כוללת הבנת יחסים מופשטים, סיווג צורני, תפיסה מרחבית, תהליכים הבאים לידי ביטוי בזיכרון לטווח קצר ולטווח ארוך (Cattell, 1987; Horn, 1988); הסתגלות וגמישות בפתרון בעיות חדשות תוך הסקת מסקנות (Haavisto & Lehto, 2004; Kaufman, 1993). בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאה עלייה מהירה בכישורים הפלואידיים בגיל הצעיר, שמגיעה לשיא בסביבות גיל 25-20; ומכיוון שאינטליגנציה זו, בניגוד לאינטליגנציה הקריסטלית, קשורה בגורמים פיזיולוגיים, עם הגיל והירידה הנוירו-פיזיולוגית חלה ירידה ביכולת זו (Cattell, 1963; Hanushek et al., 2011; Horn, 1985; McGrew, 2009). באשר למועד ומידת הירידה קיימת מחלוקת: בחלק מהמחקרים נמצאה ירידה מהעשור השני (Ryan et al., 2004; Kaufman, 2001; Salthouse, 2004), ואילו באחרים נמצאה יציבות לפחות עד לעשור הרביעי (Ryan et al., 2004; Kaufman, 2001; Salthouse, 2004). גם בקרב אוכלוסייה עם מש"ה עלו ממצאים סותרים: בחלק מן המחקרים (2000; Schaie, 2005, 2010, 2013). Chen et al., 2017; Couzens et al., 2011; Howlin et al., 2010; Lifshitz et al., 2020) נמצאה עלייה מהתבגרות לבגרות; ואילו במחקרים אחרים (Burt et al., 2005; Devenny et al., 2005) נשמרה יציבות. נציין, כי היציבות נמצאה בכישורי ההתנהגות המסתגלת ובתפקוד היומיומי, אך לא נבדקה ההתפתחות מגיל ההתבגרות לבגרות.

בין שני רכיבי האינטליגנציה ישנו קשר הדוק: למידה של תחומים חדשים תלויה באינטליגנציה הפלואידית, אך גם בידע קודם המיוצג באינטליגנציה הקריסטלית (Cattell, 1963). אף כי אינטליגנציה קריסטלית נקשרת לזיכרון מילולי ואינטליגנציה פלואידית לזיכרון מרחבי (Haavisto & Lehto, 2004), שני הרכיבים מושפעים גם מאישיות האדם, מסקרנותו ומפתיחותו לחוויות (Ziegler et al., 2012). בסביבה חברתית-תרבותית מסוימת ובקבוצת גיל הומוגנית, אוכלוסייה עם אינטליגנציה פלואידית גבוהה יותר עשויה להפגין אינטליגנציה קריסטלית גבוהה יותר, ולהיפך - אינטליגנציה קריסטלית עשויה להשפיע על האינטליגנציה הפלואידית כתלות בסביבה החברתית-תרבותית (Freeman, 1983). במחקר שערכו גרוסרד ואחרים (Groussard et al., 2020) בקרב 174 משתתפים (מוזיקאים, שחקני תיאטרון וקבוצת ביקורת) נבדקה השפעת התרגול הקבוע (בנגינה ובמשחק) על היכולת הקוגניטיבית בגילאי 18-84. נמצא קשר הדוק בין תרגול קבוע לבין שיפור במטלות קוגניטיביות, אך נמצאה השפעה דיפרנציאלית של סוג התרגול: מוזיקאים היו טובים יותר

בעיקר במטלות המשקפות אינטליגנציה פלואידית, כגון: תפקודים ניהוליים (d2 Test), זיכרון עבודה (Forward digit span) וחשיבה לא מילולית (Matrix Reasoning), ואילו שחקנים היו טובים יותר במטלות המשקפות אינטליגנציה קריסטלית: זיכרון מילולי לטווח ארוך (BEM-144's 12 words) ובמטלות שטף פונטי וסמנטי (Phonemic Fluency task; Semantic Fluency task). מכיוון שבגילאים המבוגרים לא חלה ירידה, החוקרים הסיקו כי עשייה אמנותית עשויה להגן מפני ירידה קוגניטיבית. במחקר (Lechner et al., 2019) בקרב תלמידי תיכון ($N = 4646$, Mean Age - MA = 12.9), נבדק הקשר בין האינטליגנציה הפלואידית, רמת הפתיחות ועניין בלמידה לבין רמת היכולת הבסיסית, האינטליגנציה הקריסטלית, רמת הקריאה והמתמטיקה במהלך שנתיים. אינטליגנציה פלואידית, כישורי קריאה ומתמטיקה נבדקו באמצעות מבחן PBT (Paper Based Performance Test), רמת פתיחות, עניין בקריאה ובמתמטיקה נבדקו באמצעות שאלון PPQ (Paper and Pencil Questionnaire). נמצאו יחסי גומלין בין אינטליגנציה פלואידית לבין עניין בקריאה ובמתמטיקה, וכמו-כן נמצא כי אינטליגנציה פלואידית ועניין ניבאו יכולת בסיסית גבוהה יותר ושיפור משמעותי יותר בכישורי הקריאה והמתמטיקה. מכאן, כי אינטליגנציה פלואידית ועניין בלמידה חיוניים להתפתחות האינטליגנציה הקריסטלית.

במחקרם של חן ואחרים (Chen et al., 2017) נבדקו נתיבי התפתחות האינטליגנציה הקריסטלית והפלואידית בקרב נבדקים עם מש"ה לא"ס בהשוואה לנבדקים עם התפתחות תקינה ($CA = 10-16, 17-21$), נמצא באינטליגנציה הקריסטלית, שנבדקה במבחנים אוצר מילים וצד שווה (וכסלר, 2001), נמצא נתיב מתמשך (מפצה) בשתי קבוצות המחקר. באינטליגנציה הפלואידית, שנבדקה במבחן סידור קוביות (וכסלר, 2001) ובמבחן רייבן (Raven, 1958), נמצא נתיב מתמשך (מפצה) באוכלוסייה עם מש"ה, ואילו באוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצא נתיב יציב. גם במחקרם של ליפשיץ ואחרים (Lifshitz et al., 2020) בקרב נבדקים עם תסמונת דאון (להלן: ת"ד) ($CA = 17-21, 30-45, 45-50, 60-69$) נמצא נתיב מתמשך באינטליגנציה הקריסטלית והפלואידית. הנתיב המתמשך שנמצא במחקרים אלו באוכלוסייה עם מש"ה, מהווה חיזוק לתיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015).

לסיכום, על-פי המחקרים, האינטליגנציה הקריסטלית כוללת כשרים המתגבשים במהלך החיים, ולכן עם העלייה בגיל ישנה עליה ביכולת זו לפחות עד לבגרות התיכונה בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ובקרב אוכלוסייה עם מש"ה. האינטליגנציה הפלואידית, לעומת זאת, קשורה בגורמים מולדים ופיזיולוגיים ולכן עם העלייה בגיל חלה ירידה. עם זאת, באשר למועד ומידת הירידה - קיימת מחלוקת; בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאה יציבות עד שנות ה-40 או ירידה כבר בשנות ה-20, ואילו בקרב אוכלוסייה עם מש"ה נמצאה יציבות או עלייה מהתבגרות לבגרות.

1.4.1. זיכרון עבודה (מילולי וחזותי-מרחבי)

זיכרון עבודה מתייחס למערכת אחסון מידע לטווח קצר והפעלת מניפולציה על המידע, החיונית במטלות קוגניטיביות מורכבות כהבנת שפה, למידה והיסק (Baddeley, 1990, 2007). במחקר הנוכחי, זיכרון העבודה נבדק על-פי המודל של בדלי (Baddeley, 1990, 2002, 2007; Baddeley et al., 2011) לפיו, לזיכרון העבודה שלושה רכיבים (ערוצים): לולאה פונולוגית (Phonological loop), לוח חזותי-מרחבי (Visuo-spatial sketchpad) ומעבד מרכזי (Central executive). בשל ההנחה כי למעבד המרכזי אין יכולת אחסון מידע, למודל נוסף גם רכיב החוצץ האפיזודי (Episodic buffer), האחראי על המיזוג בין המידע הפונולוגי לבין המידע החזותי-מרחבי (Baddeley, 2000). מכיוון שהמחקר מתמקד בקשר בין שלושת רכיבי זיכרון העבודה לבין הכושר מוזיקלי, נושא החוצץ האפיזודי לא יורחב. להלן יוצגו הרכיבים:

הלולאה הפונולוגית הינה מערכת אחסון זמני למידע שמיעתי, בעלת תפקיד מרכזי בהבנת השפה הדבורה, השפה הכתובה, מוזיקה וצלילים (Baddeley et al., 2011). ללולאה הפונולוגית שני רכיבים עיקריים: מאגר פונולוגי לטווח קצר (Phonological short term memory), שהוא מעין "אוזן פנימית" (Inner ear) אשר זוכר את צלילי הדיבור על-פי סדר הופעתם ומסוגל לשמר מידע במשך שתי שניות עד לדעיכתו; ורכיב שינון ההגייה (Articulatory rehearsal process), המבוסס על מנגנון חזרה תת-קולי (Subvocal rehearsal) ופועל כ"דיבור פנימי" (Inner voice) אשר מונע מפריטים במאגר הפונולוגי מלהישכח (Baddeley, 1990, 2002, 2007; Baddeley et al., 2011). ללולאה הפונולוגית תפקיד משמעותי בהאזנה למוזיקת רקע (Baddeley, 2003), בזיכרון לטווח ארוך, בהרחבת אוצר מילים בילדות, בלימוד שפה זרה בבגרות (Baddeley, 2000; Baddeley et al., 1998) ובהמרת מידע חזותי (מילה כתובה או תמונה) למידע צלילי על-ידי קידודו מחדש במאגר הפונולוגי (Laws, 2002).

הלוח החזותי-מרחבי הינו מערכת אחסון זמני למאפיינים חזותיים ומרחביים; בעל תפקיד בביצוע מטלות מרחביות ותחושתיות, ידע גיאוגרפי, מעקב אחר שינויים חזותיים וברכישת ידע סמנטי אודות תצורת פריטים. הלוח מחולק לשתי מערכות: (א) מערכת חזותית-סטטית - המבוססת על אחסון מצומצם של מידע חזותי (כגון: צורה וצבע) וקשורה לתפיסה ודמיון חזותי. (ב) מערכת מרחבית-דינמית - תלויה קשב ופעילות (Baddeley, 1990, 2002, 2007; Baddeley et al., 2011).

המעבד המרכזי אחראי על בקרת הקשב, מעורב בהפעלת כישורים קוגניטיביים גבוהים, כגון עכבה, תכנון ובמטלות בהן יש לבצע מניפולציה על מידע שמיעתי וחזותי-מרחבי. בקרת הקשב מתייחסת ליכולת מיקוד, חלוקה והעברת הקשב ממטלה למטלה (Baddeley, 1990, 2002, 2007; Baddeley et al., 2011). מנגנון המעבד המרכזי משמש כמדד לניבוי האינטליגנציה הכללית והפלואידית (Conway et al., 2002; Engle et al., 1999). בגיל הילדות וההתבגרות חלה הבשלה של זיכרון העבודה בשל התפתחות יכולת האחסון ותפקודי

המעבד המרכזי, הכוללת התייחסות בו-זמנית למספר מקורות מידע ושימוש באסטרטגיות ארגון (Cowan, 2010). לעומת זאת, בבגרות חלה יציבות או ירידה הדרגתית ברכיב זה, עקב ירידה בתפקוד המעבד המרכזי ובמהירות התייחלוד (Sander et al., 2011).

בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאה יציבות בזיכרון העבודה המילולי (הפונולוגי) כבר בגילאי העשרה (Lee et al., 2008; Wisdom et al., 2012) או עלייה עד לגילאי ה-40 (Johnson et al., 2010), גילאי ה-50 (Wilde et al., 2004) ואף עד לגילאי ה-60 (Lezak et al., 2004). לדוגמא, במחקר (Wilde et al., 2004) בקרב 1250 נבדקים בשמונה קבוצות גיל (CA = 16-89), במטלת זכירת ספרות קדימה (Wechsler, 1997b) חלה עלייה עד גיל 50 ולאחר מכן חלה ירידה; ואילו בזכירת ספרות לאחור חלה יציבות בין גילאי 40-50 ולאחר מכן חלה ירידה; כמו-כן נמצא, כי התפקוד במטלת זכירת ספרות קדימה גבוה בהשוואה לזכירת ספרות לאחור. לעומת זאת, במחקר אחר (Wisdom et al., 2012) בו נבדקה השפעת הגיל (CA = 16-89) על זיכרון העבודה המילולי (Wechsler, 2008), בזכירת ספרות קדימה חלה עלייה עד תחילת שנות ה-20 וירידה הדרגתית החל מגיל 45, ואילו בזכירת ספרות לאחור חלה עלייה עד גילאי 18-19 וירידה הדרגתית מגיל 55. אף כי זיכרון העבודה קשור יותר לאינטליגנציה הפלואידית, נראה כי במבחנים המילוליים זיכרון העבודה מתנהג באופן הדומה יותר לאינטליגנציה הקריסטלית (Brickman & Stern, 2009). יציבות או ירידה הדרגתית מוסברת בשל ירידה בתפקוד המעבד המרכזי ובמהירות התייחלוד (Sander et al., 2011) ואילו עלייה מוסברת בשל היכולת להסתמך על ידע מילולי (Johnson et al., 2010).

בזיכרון העבודה החזותי-מרחבי חלה התייציבות בין גילאי 14-16 (Conklin et al., 2007; Farrell et al., 2005; Luciana et al., 2005; Gathercole et al., 2004; Pagulayan et al., 2006), אולם באשר למועד ומידת הירידה - קיימת מחלוקת. בחלק מהמחקרים נמצאה ירידה כבר בגילאי ה-20 (Schroeder & Salthouse, 2004), גיל 30 (Hester et al., 2004; Myerson et al., 2003), ואילו באחרים רק בגילאי ה-50 (Cansino et al., 2013; Monaco et al., 2013) או ה-60 (Lezak et al., 2004). לדוגמא, במחקר (Cansino et al., 2013) בו נבדקה השפעת הגיל (CA = 21-80) על זיכרון העבודה החזותי-מרחבי, הועברו מטלות בהן נדרשת מעורבות שונה של רכיב המעבד המרכזי. הנבדק נדרש לזכור אם דגם המופיע בכרטיסיה הוצג בכרטיסיה הקודמת לה (1-Back) או בכרטיסיה שהוצגה שתי כרטיסיות קודם (2-Back). נמצא, כי הירידה ביכולת ביצוע המטלה המורכבת (2-Back) התרחשה בגיל מוקדם בהשוואה למטלה הפשוטה (1-Back). במטלה הפשוטה יכולת הזכירה בעשור החמישי ומעלה נמצאה נמוכה בהשוואה לעשור השני ואילו במטלה המורכבת חלה ירידה ביכולת הזכירה החל מהעשור השלישי. עוד נמצא, כי הירידה בתפקוד בקרב בנשים חלה בגיל 31 ואילו הירידה בקרב הגברים חלה בגיל 41.

בקרב אוכלוסייה עם מש"ה נשמרה יציבות בזיכרון העבודה המילולי (הפונולוגי) מהתבגרות לבגרות (Baddeley & Jarrold, 2007; Chapman & Hesketh, 2001; Chen et al., 2017; Lanfranchi et al., 2012;)

(Lifshitz et al., 2020) או חלה עלייה (קילברג 2019); ואילו בזיכרון העבודה החזותי-מרחבי נשמרה יציבות (Chen et al., 2017; Lifshitz et al., 2020) או חלה ירידה מתונה (קילברג, 2019). העלייה במדדים מוסברת על-ידי תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015); ואילו היציבות מעידה על כך שמבוגרים מפתחים רזרבות קוגניטיביות המהוות "חוסן קוגניטיבי" מפני ירידה (Chen et al., 2017; Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015). לדוגמא, במחקרה של קילברג (2019) בקרב נבדקים עם מש"ה לא"ס בהשוואה לנבדקים עם תסמונת דאון (להלן: ת"ד) ($IQ = 40-70$), נבדקו שלושה ערוצי זיכרון העבודה (הלולאה הפונולוגית, הלוח החזותי-מרחבי ומנגנון הבקרה המרכזי) בשלוש רמות עומס קוגניטיבי (קלה, בינונית ומורכבת) ובשלוש תקופות גיל: ההתבגרות (17-21), הבגרות הצעירה (25-40) וגיל העמידה (41-55). לבדיקת הלולאה הפונולוגית נעשה שימוש במבחן Digit span forward, במבחן Forward word span ומבחן מילות תפל Non word recall; לבדיקת היכולת הפונולוגית של לוח הבקרה המרכזי נעשה שימוש במבחן Selective span task, במבחן Backward digit span ומבחן Verbal double task. לבדיקת הלוח החזותי-מרחבי נעשה שימוש במבחן Corsi blocks ומבחן Matrix; ולבדיקת היכולת המרחבית של לוח הבקרה המרכזי נעשה שימוש במבחן Starting position selection, Backward spatial span ומבחן Visual spatial double task. בערוץ הפונולוגי חלה עליה מההתבגרות לבגרות הצעירה וירידה מהבגרות לגיל העמידה. בערוץ החזותי-מרחבי חלה ירידה מתונה (לא מובהקת) מגיל ההתבגרות לבגרות הצעירה, וירידה מתונה (לא מובהקת) מהבגרות הצעירה לגיל העמידה. הירידה המובהקת באה לידי ביטוי בין גיל ההתבגרות לגיל העמידה. במחקרם של חן ואחרים (Chen et al., 2017) נשמרה יציבות בין גיל ההתבגרות (גילאי 17-21) לבין הבגרות (גילאי 25-40) במבחן זכירת ספרות (וכסלר, 2001) ובמבחן זכירה מרחבית (Wechsler, 1997b) בקרב נבדקים עם מש"ה לא"ס בהשוואה לנבדקים עם התפתחות תקינה, וממצאים דומים התקבלו גם במחקרם של ליפשיץ ואחרים (Lifshitz et al., 2020) בקרב נבדקים עם ת"ד.

לסיכום, בזיכרון העבודה המילולי נמצאה יציבות בחלק מן המחקרים כבר בגילאי העשרה, ובמחקרים אחרים נמצאה עלייה עד לגילאי 40-60, הן בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה והן בקרב אוכלוסייה עם מש"ה. בזיכרון העבודה החזותי-מרחבי בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאה התייצבות בגילאי העשרה; בחלק מהמחקרים נמצאה ירידה כבר בגילאי ה-20 וה-30, ואילו במחקרים אחרים רק בגילאי 50 ויותר. בקרב אוכלוסייה עם מש"ה נשמרה יציבות מהתבגרות לבגרות או ירידה מתונה.

1.4.2. זיכרון אפיזודי

הזיכרון לטווח ארוך הינו מנגנון אכסון מידע לתקופה ממושכת (Cowan, 2008), המחולק לשני רכיבים עיקריים: (א) זיכרון סמוי (Implicit - Non declarative memory) - מתייחס לזכירה לא מודעת, וכולל מיומנות,

הרגלים, התניה קלסית פשוטה, הטרמה ולמידה תפיסתית; (ב) זיכרון מפורש (Explicit - Declarative memory) - מתייחס להיזכרות מודעת של פרטי מידע, אירועים, הקשרים, השוואה וקידוד פרטים שניתן להצהיר עליהם באופן מילולי (Squire, 2004). טולווינג (Tulving, 1972, 1983) הבחין בין שני סוגי זיכרון מפורש: (א) זיכרון סמנטי (Semantic memory) - המתייחס לידע כללי על העולם, אוצר מילים, חוקים ועובדות; ונבדק באמצעות ידע כללי ושטף מילים (Nyberg, 1994). שלילת מידע מהזיכרון הסמנטי מתייחסת למודעות נואטית (Noetic awareness) - ידע ללא חוויה אישית (Tulving, 2002) וללא היזכרות בהקשר בו הוא נרכש (Yee et al., 2014). (ב) זיכרון אפיזודי (Episodic memory) - המתייחס לחוויות אישיות על פי ההקשר והסדר בו התרחשו. שלילת מידע מהזיכרון האפיזודי מתייחסת למודעות אוטונוואטית (Autonoetic awareness), כלומר, ידע כחוויה אישית (Tulving, 2002). זיכרון אפיזודי מאפשר ליחיד לחוות מחדש אירוע על-פי ההקשר בו הוא התרחש (Squire, 2004) ונבדק באמצעות מבחני היזכרות (Recall) וזיהוי (Recognition) (Nyberg, 1994). מכיוון שבמחקר הנוכחי נבדק הזיכרון האפיזודי המילולי, סוגי הזיכרון האחרים לא יורחבו.

בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאה (Chen et al., 2017; Clark et al., 2006; Vakil et al., 2010; Vakil et al., 1998) הבשלה של התפקודים הנדרשים לביצוע מבחן ה-Rey ללמידה מילולית בצורה אופטימלית כבר בגילאי 11-14, עם זאת, לגבי מועד ושיעור הירידה - ממצאי המחקרים אינם אחידים. בעוד שחלקם (Vakil & Blachstein, 1997) הצביעו על ירידה רק משנות ה-60, באחרים (Messinis et al., 2007; Salthouse, 2004) נמצאה ירידה כבר משנות ה-40 או ה-50. יציבות נובעת משימוש יעיל באסטרטגיות ארגון, קידוד ואחזור מידע (Ryan, 2010) ואילו ירידה נובעת מקושי באחזור מידע ומליקוי בשלב הקידוד (Siedlecki, 2007). לדוגמא, במחקר (Messinis et al., 2007) בו נבדקה השפעת הגיל (CA = 18-78) על ביצוע מבחן ה-Rey (ביוונית), נמצאה ירידה ליניארית בביצועים עם העלייה בגיל (18-39, 40-49, 60-78). ההבדלים בין גילאי 40-59 היו גדולים בהשוואה להבדלים בין גילאי 19-39, וירידה משמעותית חלה בגילאי 60 ויותר. ממצאים דומים התקבלו במחקרם של סלגדו ואחרים (Salgado et al., 2011) אשר בדקו את השפעת הגיל (CA = 20-59) על ביצוע מבחן ה-Rey בברזיל.

במחקרם של חן ואחרים (Chen et al., 2017) בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה בהשוואה לנבדקים עם משי"ה נעשה שימוש במבחן ה-Rey ללמידה מילולית בשפה העברית. בשתי קבוצות המחקר לא נמצאו הבדלים בכל המדדים מהתבגרות לבגרות, ונמצא נתיב התפתחות יציב. במחקרה של בוסתן (2018) בקרב נבדקים עם ת"ד, הציונים בבגרות (30-45) היו גבוהים בהשוואה לציונים בגיל ההתבגרות (17-21) במדדים הפרעה רטרואקטיבית ואפקט השהייה אך במדדים רמת הלמידה, הפרעה פרואקטיבית ויעילות השליפה (רמת ההיכר) נשמרה יציבות.

לסיכום, על-פי המחקרים, באוכלוסייה עם התפתחות תקינה חלה יציבות בזיכרון האפיזודי כבר בגילאי 11-14, עם זאת, לגבי מועד ושיעור הירידה - ממצאי המחקרים אינם אחידים. חלקם הצביעו על ירידה רק משנות

ה-60, ואילו באחרים נמצאה ירידה כבר משנות ה-40 או ה-50. באוכלוסייה עם משייה נשמרה יציבות בין גיל ההתבגרות לבין הבגרות או חלה עלייה.

1.5. הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלאידי) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי

מטרה נוספת של המחקר הייתה בדיקת הקשר בין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) לבין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלאידי) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) בקרב אוכלוסייה עם משייה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה. בחלק הבא יוצגו מחקרים העוסקים בקשר בין ארבעת התחומים הקוגניטיביים לבין הכושר המוזיקלי:

הקשר בין האינטליגנציה הקריסטלית לבין הכושר המוזיקלי: כאמור, אינטליגנציה קריסטלית כוללת

ידע נרכש בתחומי השפה, אוצר מילים, הבנת הוראות ומושגים תרבותיים (McGrew, 2001; Beauducel et al., 2009). מחקר העוסק בקשר בין שפה לבין מוזיקה עניין חוקרים רבים (Talamini et al., 2008; Forgeard et al., 2018). שני התחומים, השפה והמוזיקה, הינם ייחודיים למין האנושי ומאפיינים אותו (Patel & Iversen, 2007); וכפי שחשיפה לשפה מסוימת מובילה לידע מרומז על המבנה השפתי, כך חשיפה למוזיקה מובילה לידע מרומז על גובה הצליל והריתמוס (Corrigall, & Trainor, 2014; Trainor & Corrigall, 2010). הן המוזיקה והן השפה מאורגנות בממד הזמן, מגיעות אל מערכת השמע בטווח נרחב של תדירויות וגבהים, מורכבות ממספר קטן של אלמנטים בסיסיים (פונמות, צלילים) אשר מתחברים זה לזה על-פי חוקיות תלויות תרבות, יוצרות אינסוף אפשרויות בעלות משמעות ולשתיהן מערכת סימנים לייצוג הצלילים (McMullen & Saffran, 2004).

פאטל (Patel, 2003, 2008) הניח, כי המוזיקה והשפה מעובדות ברשתות או באזורי מוח שונים, מכיוון שהייצוגים עליהם מתרחש העיבוד הם שונים. עיבוד גובה הצליל בשפה ובמוזיקה מתרחש בגזע המוח וייצוגים ספציפיים של השפה והמוזיקה מאוחסנים בנפרד בזיכרון לטווח הארוך; עם זאת, באינטגרציה של המידע הם חולקים מנגנונים קוגניטיביים משותפים. אימון מוזיקלי עשוי להניע אזורים תת-קורטיקליים האחראים לעיבוד השפה, ובכך לשפר יכולות שפתיות. מודל ה-OPERA (Overlap, Precision, Emotion, Repetition) של פאטל (Patel, 2011) עשוי להסביר את תרומת ההכשרה המוזיקלית ליכולת קידוד הדיבור. לטענת פאטל קיימות חמש תכונות המשותפות למוזיקה ולשפה: (1) ישנה חפיפה (Overlap) אנטומית בין התכונות האקוסטיות המשמשות בעיבוד המוזיקה והדיבור (למשל, מחזוריות ותדירות); (2) המוזיקה מציבה דרישות גבוהות לדיוק (Precision) בהשוואה לדיבור; (3) הפעילות המוזיקלית מעוררת רגש (Emotion) חיובי חזק; (4) הפעילות המוזיקלית חוזרת (Repetition) על עצמה לעתים קרובות; (5) הפעילות המוזיקלית קשורה לקשב ממוקד (Attention). על-פי המודל, המאפיינים הייחודיים של המוזיקה מאפשרים לה להשפיע על יכולות

קוגניטיביות אחרות, ויתרון ההכשרה המוזיקלית נובע מפלסטיות אדפטיבית של רשתות עיבוד הדיבור (Patel, 2011).

בסקירת מחקרים מאת ספרן וקירקהם (Saffran & Kirkham, 2018) נבחן מנגנון הרגישות ללמידה סטטיסטית בתוך רצף פונטי (מילים) וטונלי (מוטיב חוזר במלודיה). על-פי פרדיגמת הלמידה הסטטיסטית, המאזין נחשף לזרם שמיעתי באופן פסיבי, כאשר הרמז היחיד לפילוח המילה נובע מהסתברות סטטיסטית. לדוגמה, אם אות שמיעתי מכיל את הרצף ABC או XYZ, הסבירות ש-C יופיע אחרי B היא של מאה אחוז, ואילו הסבירות ש-C יופיע אחרי X היא של חמישים אחוז (Saffran et al., 1999). מנגנון הלמידה הסטטיסטית מסייע לתינוקות לחשב אלמנטים מתוך סביבתם, לחלץ דפוסים ולאתר מבנים. המנגנון תומך בסוגי למידה ותוכן שונים, אך גם ספציפי לסוג הקלט ולמטרת הלמידה (Saffran & Kirkham, 2018).

במחקר של ספרן וגריפנטרוג (Saffran & Griepentrog, 2001) בקרב תינוקות בני שמונה חודשים ובקרב מבוגרים עם או ללא הכשרה מוזיקלית, נבחן השימוש בסימני גובה מוחלט (Absolute pitch) או גובה יחסי בלמידה סטטיסטית של רצפי טונים. בעוד שתינוקות נטו לעקוב אחר דפוסי גובה מוחלט, מבוגרים נסמכו בעיקר על רמזים של גובה יחסי. החוקרים הסיקו, כי שמיעה אבסולוטית עשויה להיות אדפטיבית בתקופת הינקות, אך מכיוון שבעיבוד המוזיקה והשפה הגובה היחסי שימושי יותר, בשלב מסוים השמיעה האבסולוטית הופכת ללא-אדפטיבית ולפיכך גם לא נשמרת. במחקר נוסף (Saffran, 2001), תינוקות בני שמונה חודשים נחשפו לרצף של מילות תפל ללא רמז אקוסטי לגבולות המילה. במבחן היכר השוו בין התגובות למילות תפל בתוך הקשר מסוים (כגון, אני אוהב את הטיבדו שלי) או לרצף של מילות תפל (כגון, זקמי טיבדו). נמצא, כי העדפת התינוקות הייתה למילות תפל אשר הוטמעו בתוך ההקשר, וכי הם הבחינו בין הקשרים פשוטים בשפה (אנגלית) לבין מילות תפל. התוצאות תמכו בהשערה כי מנגנוני הלמידה הסטטיסטית מסוגלים לייצר יחידות דמויות מילה, עם עדיפות לשפת האם. במחקר מאוחר יותר (Wojcik & Saffran, 2015) נמצא, כי בני 26-28 חודשים תפסו זוג מילים חדשות כקשורות זו לזו, לאחר 12 פעמים בהן המילים הופיעו בנפרד בהקשר של משפט. הקשר ההדוק בין מוזיקה לבין שפה מעיד כי שני התחומים קשורים זה לזה כבר בשלב ההתפתחות המוקדם (Saffran, 2003; Saffran & Kirkham, 2018).

לשפה ולמוזיקה מערכת עקרונית אחת המתפקדת בשני רבדים: הרובד הפונולוגי אשר עוסק בבחירת יחידות הצליל ומאורגן על-ידי התחביר; ורובד המשמעות אשר מעניק לרובד הפונולוגי פרשנות מסדר גבוה, תלוית הקשר ותרבות (Brown, 2000). הרכיבים המשותפים לשפה ולמוזיקה מצויים בפרוזודיה (ההיבט המוזיקלי של הדיבור) ומועברים באמצעות גובה הקול/הצליל, העוצמה, ההנגנה/האינטונציה (שינוי בגובה הקול כתחליף לסימני הפיסוק, כגון סימן שאלה או סימן קריאה) וההטעמה/המשקל (Molino, 2000). רמזים פרוזודיים נחשבים חיוניים לרכישת השפה; ועיבוד מידע פרוזודי כרוך במיומנויות דומות לאלו הנדרשות בתפיסת המוזיקה (Sallat & Jentschke, 2015).

הריתמוס מהווה בסיס משותף לשיר (Chant) ולשירה (Poetry) (Molino, 2000): בשפה, הריתמוס מחלק זרם דיבור רציף לפונמות, הברות, מילים וביטויים (Fujii & Wan, 2014), ובמוזיקה הריתמוס הוא היסוד העיקרי שיוצר את תפיסת הזמן (Thaut, 2013). עם זאת, הפעמות הסדירות בריתמוס המוזיקלי שונות מההברות המוטעמות הלא סדירות של השפה הדבורה; סנכרון הפעמה הוא היבט ייחודי למוזיקה ואין להסבירו כתוצר לוואי של הריתמוס השפתי (Patel, 2006). בבדיקת PET נמצאו (Brown et al., 2006) אזורי עיבוד רבים משותפים לשפה ולמוזיקה בקורטקס המוטורי הראשוני (Primary motor cortex), באזור ברוקה (Broca), באינסולה הקדמית (Anterior insula), בקורטקס האודיאטורי הראשוני והמשני (Primary and secondary auditory cortices), בקוטב הטמפורלי (Temporal pole), בגרעיני הבסיס (Basal ganglia), בתלמוס הונטרלי (Ventral thalamus) ובמוחון האחורי (Posterior cerebellum). אף כי רוב הפעילות הייתה דו צדדית, נצפו הבדלים באזורים מקבילים, עם התמחות להמיספרה שמאל בעיבוד השפתי (לטרליזציה).

על-פי תיאוריית "הלמידה המוזיקלית" (Gordon, 1997), מוזיקה נקלטת באופן הדומה לקליטת השפה - ובמקביל אליה. כפי שרכישת השפה מתרחשת בארבעה שלבים (הקשבה, דיבור, קריאה וכתובה) - כך גם רכישת השפה המוזיקלית (הקשבה, שירה, נגינה וקריאת תווים); וכשם שמילים יוצרות משפטים, כך גם צלילים יוצרים מלודיות (Gordon, 1997). יכולת ה"קישוב" (Audiation) (השמיעה הפנימית) נקבעת על ידי הכושר המוזיקלי (Gordon, 2012); והיחס בין קישוב לבין המוזיקה הוא כמו היחס בין מחשבה לבין הדיבור (Gordon, 1997). הקשר בין כישורי שפה לבין כושר מוזיקלי נבדק במספר מחקרים (Culp, 2017; Forgeard et al., 2008) באמצעות מבחני גורדון (Gordon, 1979a, 1979b, 1986a, 1986b); לדוגמא, נמצא (Forgeard et al., 2008) קשר הדוק בין מטלות קריאה, חריזה והשמטת הברות (לדוגמא: המילה Rainbow ללא Bow היא Rain) לבין כושר טונלי (Gordon, 1986a; Tonal Test) בקרב ילדים עם וללא דיסלקציה (MA = 10.1). בדומה לכך, במחקר (Culp, 2017) בקרב 17 ילדים (MA = 7.5), הציונים במבחני חריזה ובהשמטת הברות נקשרו לכושר הטונלי (Gordon, 1986a). במחקר נוסף (Anvari et al., 2002) נבדק הקשר בין מיומנות מוזיקלית, עיבוד פונולוגי ויכולת קריאה בקרב גילאי 4-5. המטלות המוזיקליות, אשר פותחו על ידי החוקרים, כללו: הבחנה בין אקורדים (שווה/שונה), בין מלודיות (שווה/שונה) ובין תבניות מקצב (שווה/שונה); ניתוח אקורדים (הושמעו בין 1-3 צלילים בו-זמנית והנבדק נדרש לזהות כמה צלילים נכללו בתוך אקורד); והפקת מקצב (שחזור של גירוי בין 3-10 פעמות). נמצא קשר בין ידע פונולוגי לבין כושר מוזיקלי (מדד כללי) בקרב בני ארבע, ואילו בקרב בני חמש נמצא קשר בין יכולת קריאה לבין הבחנה מלודית. עוד נמצא (Sallat & Jentschke, 2015), כי ישנו קשר הדוק בין הבנת השפה לבין זיהוי מלודיות מוכרות לאחר שעברו שינוי בגובה או במקצב, בקרב בני 4-5 עם וללא לקות שפתית.

במחקרים אחרים לעומת זאת, נמצא קשר בין ידע פונולוגי וקריאה לבין כושר ריתמי (Huss et al., 2011; Overy et al., 2003). במחקר (Overy et al., 2003) שבדק כישורים מוזיקליים בקרב ילדים עם

דיסלקציה, נעשה שימוש במבחני כושר מוזיקלי (MATs - Musical Aptitude Tests) שפותחו לצורך המחקר. המטלות הטונליות כללו: זיהוי סדר הצלילים (גבוה/נמוך), זיהוי כמות הצלילים (בין 2-4), הבחנה בין תבניות מלודיות (שווה/שונה), הבחנה בין צלילים בודדים (שווה/שונה), זיהוי צליל שנלמד מראש ונגינה שלו במקלדת, הבחנה בין גוון צליל (שווה/שונה), שירה, הקשת מקצב ופעמה של שיר מוכר (Happy Birthday). המטלות הריתמיות כללו: שחזור מקצב, הבחנה בין תבניות (שווה/שונה), שחזור טמפו (מהירות), הבחנה בין מהירות (שווה/שונה). נמצא, כי במטלות הריתמיות, בני תשע עם דיסלקציה השיגו תוצאות נמוכות בהשוואה לשתי קבוצות ביקורת (בגיל שווה, ברמת קריאה שווה), בעיקר בעיבוד הטמפו (מהירות); וכמו-כן נמצא קשר בין יכולת איות לבין הקשת מקצב - שתי מטלות הכרוכות בפילוח הברות. אף כי בשלוש מטלות טונליות נמצא יתרון לילדים עם דיסלקציה, החוקרים מייחסים זאת לניסיון מוזיקלי רב יותר בקבוצה זו. החוקרים הסיקו, כי עבור ילדים עם דיסלקציה עיקר הקושי הוא בתזמון וכי בשיעורי מוזיקה יש לתת דגש על מיומנויות מקצב. במחקר נוסף (Huss et al., 2011) נמצא, כי בקרב 64 בני 8-13 עם וללא דיסלקציה, המשקל (Meter) ניבא ידע פונולוגי ויכולת קריאה; וכמו-כן נמצא (Gordon et al., 2016), כי יכולת ריתמית בקרב בני שש ניבאה את יכולתם לייצר מבנים דקדוקיים מורכבים.

במחקרים נוספים נבדק הקשר בין רכישת שפה זרה לבין כושר מוזיקלי. לדוגמא, במחקר (Slevc & Miyake, 2006) בקרב בני 19-52 דוברי יפנית שהתגוררו בארה"ב ששה חודשים או יותר, הכישרון המוזיקלי נמדד במבחן ווינג (Measures of Musical Talents - Wing, 1968). המבחן כלל: ניתוח אקורדים (זיהוי מספר הצלילים שנוגנו בו זמנית), הבחנה בין אקורדים (שווה/שונה), זיהוי כיוון הצליל (עולה/יורד) בשני אקורדים שונים, זיהוי מיקום הצליל השונה (בין 3-10 צלילים) בשתי תבניות וחיכוך תבניות מלודיות בנות 3-7 צלילים. נמצא קשר בין יכולת מוזיקלית (מדד כללי) לבין הגייה ופילוח הברות (צלילי השפה) באנגלית אך לא לבין אוצר מילים ודקדוק. בסדרת מחקרים בקרב ילדים (Milovanov et al., 2008; Milovanov et al., 2009) ומבוגרים פינייים (Milovanov et al., 2010) הכישרון המוזיקלי נבדק באמצעות מבחן סישור (Seashore Measures of Musical Talents - Seashore et al., 1960) שכלל: זיהוי מיקום הצליל השונה בתבנית העוקבת (מתוך תבניות בנות 3-4 צלילים), הבחנה בגובה הצליל (נמוך/גבוה), הבחנה בגוון הצליל (שווה/שונה), הבחנה בין אורך הצליל (ארוך/קצר), הבחנה בין תבניות מקצב (שווה/שונה), הבחנה בין רמות עוצמה (חזק/חלש). במחקרים אלו נמצא קשר בין יכולת רכישת שפה זרה לבין כישרון מוזיקלי. ואולם במחקרם של תלמי ואחרים (Talamini et al., 2018) בקרב איטלקים בני 11-15 נמצא, כי לימוד נגינה, אך לא יכולת מוזיקלית, הסביר ביצועים טובים יותר במטלת הכתבה (אך לא בדקדוק). התפיסה (Perception) המוזיקלית נבחנה במבחן PROMS (Profile of Music Perception Skills - Law & Zentner, 2012), הכולל ארבע מטלות בדרגת קושי עולה: הבחנה בין תבניות מלודיות (שווה/שונה), בין אקורדים (שווה/שונה), בין מהירויות (שווה/שונה) ובין תבניות מקצב (שווה/שונה). התשובות האפשריות הן על פי סולם בן חמש דרגות ("מ"בהחלט זהה" ועד "ל"בהחלט שונה"). לטענת החוקרים, ייתכן כי לשם לימודי נגינה כמו גם לשם לימודי שפה זרה, נדרשת מוטיבציה גבוהה ומצב סוציו-אקונומי המאפשר לימודים; וכמו כן, האינטגרציה הרב-חושית הנדרשת בלימודי נגינה, עשויה לשפר את יכולת

ההבחנה במאפיינים הפונולוגיים של השפה ולקשר בין גירוי קולי לבין הסמל הכתוב.

שלנברג ווייס (Schellenberg & Weiss, 2013) הביעו הסתייגות ממסקנות החוקרים; לטענתם, בעלי יכולת כללית גבוהה מפגינים ביצועים טובים הן במבחנים מוזיקליים והן במבחני שפה. בחלק מהמחקרים לא נערך פיקוח (Milovanov et al., 2010) או מדידה (Anvari et al., 2002) של האינטליגנציה הכללית ולכן לא ניתן לקבוע כי לכישרון מוזיקלי וליכולות שפתיות מנגנונים נבדלים מן האינטליגנציה הכללית. במחקרים אחרים (Slevc & Miyake, 2006) לא נבדק הניסיון המוזיקלי, לפיכך ייתכן כי הקשר נובע מהבדלים אישיים ולא דווקא מן הכושר המוזיקלי (Schellenberg & Peretz, 2008).

נמצאו גם מחקרים סותרים (Ayotte et al., 2002; Jones et al., 2009) בקרב אוכלוסייה עם וללא אמוזיה. לדוגמא, במחקר (Ayotte et al., 2002) בקרב בני 14-71, לא נמצא הבדל בין קבוצות המחקר במבחן אינטונציה. כלומר, למרות הליקוי בכושר המוזיקלי, יכולת ההבחנה בשינויים בגובה הקול (כגון בין סימן שאלה לבין סימן קריאה) נמצאה תקינה. לטענת פרץ וזטורה (Peretz & Zatorre, 2004), ייתכן כי הלכות המוזיקלית מופיעה כסימפטום בודד; וכי למוח רשת ספציפית לתפיסה מוזיקלית שעלולה להתברר כפגומה מלידה, וכתוצאה מכך קיים קושי לעבד תהליכים מוזיקליים. לעומת זאת, במחקר (Jones et al., 2009) בקרב בני 60-15 (עם וללא אמוזיה) נמצא קשר בין עיבוד פונולוגי (במטלות כגון חריזה והשמטת הברות) לבין זיהוי צלילים חריגים במלודיות ידועות.

לסיכום, על-פי המחקרים, נמצא קשר בין ההיבטים השמיעתיים של השפה (כגון חריזה ורכישת שפה זרה) לבין הכושר המוזיקלי, אולם באשר להיבטים שאינם שמיעתיים (כגון קריאה ודקדוק) - עלו ממצאים סותרים. חוקרים אחרים טענו, כי לא ניתן כלל להפריד בין כישורי שפה וכישורים מוזיקליים לבין כישורים קוגניטיביים כלליים, וכי לבעלי יכולת גבוהה ישנם ביצועים טובים הן במבחנים מוזיקליים והן במבחני שפה. במחקרים קודמים (e.g., Schellenberg, 2004, 2011) נעשה שימוש במבחנים *אוצר מילים* (Vocabulary) ו*צד שווה* (Similarities) במטרה לבדוק את הקשר בין כישורי שפה (אינטליגנציה קריסטלית) לבין כושר והכשרה מוזיקלית בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה. מבחן *אוצר מילים* בודק ידע מילולי והבנת משמעות המילים ואילו מבחן *צד שווה* בודק המשגה והסקה מילולית מופשטת (וכסלר, 2001). לאור זאת, בחרנו להשתמש במבחנים אלו לשם בדיקת הקשר בין התחומים גם בקרב אוכלוסייה עם משיכה.

הקשר בין האינטליגנציה הפלואידית לבין הכושר המוזיקלי: האינטליגנציה הפלואידית כוללת הבנת יחסים מופשטים, תפיסה מרחבית (McGrew, 2009) ותהליכים הבאים לידי ביטוי בזיכרון לטווח קצר ולטווח ארוך (Cattell, 1987; Horn, 1988); ואילו הכושר המוזיקלי כולל זיהוי והבחנה בין תדרים המאורגנים במרחב וירטואלי (באשר לצליל) (Levitin, 2012), יכולת תיאום בין דפוס מוטורי לבין הפעמה (באשר למקצב) (Kotz et al., 2018) ומבוסס על זיכרון מוזיקלי לטווח קצר וארוך (Talamini et al., 2017).

ייצוג מנטלי של מושגים מופשטים באמצעות התנסות פיזית (מרחבית), הינו אחת מהנחות היסוד של תיאוריית "הקוגניציה המעוגנת בגוף" (Embodied Cognition - Coello & Fischer, 2016). לפי תיאוריה זו, הגוף הינו בעל תפקיד מרכזי בתהליכים קוגניטיביים ותהליכי המשגה קשורים קשר הדוק להתנסות הפיזית. יישום גישה זו בקוגניציה המוזיקלית (Embodied music cognition - Leman, 2007) מדגיש את חשיבות גוף האדם בחוויה המוזיקלית. לפעילות (Action) יש תפקיד מפתח בקשר שבין העולם המנטאלי לבין העולם הפיזי והתנועה במרחב מביעה אפיונים מבניים של המוזיקה, כגון קו מלודי עולה ויורד. פראט (Pratt, 1930) היה, ככל הנראה, הראשון אשר בדק בצורה אמפירית את "קו גובה הצליל המנטאלי" (Mental pitch line), דהיינו, את המיפוי התפיסתי של גובה הצליל במרחב הפיזי. הנבדקים, אשר התבקשו למקם חמישה צלילים שונים בסולם ממוספר מהרצפה ועד התקרה, מיקמו באופן עקבי צלילים נמוכים בחלק התחתון של הסולם, וצלילים גבוהים בחלקו העליון.

מחקרים מהשנים האחרונות העידו על אפקט ה-SMARC (Spatial-Musical Association of Response Codes) לפיו, קו הגובה המנטאלי משפיע על תגובות מוטוריות. נבדקים עם וללא הכשרה מוזיקלית קישרו צלילים גבוהים עם תנועה כלפי מעלה וצלילים נמוכים עם תנועה כלפי מטה, אולם רק מוזיקאים קישרו צד שמאל עם צלילים נמוכים וצד ימין עם צלילים גבוהים (e.g., Rusconi et al., 2006; Lidji et al., 2007). למוזיקאים יש אמנם "פסנתר בראש" (Piano in the head) (Lidji et al., 2007), אך האסוציאציה של שמאל-נמוך וימין-גבוה חזקה יותר בקרב נגני מקלדת, משום שהמקשים השמאליים מייצרים צלילים נמוכים יותר בהשוואה למקשים הימניים (Stewart et al., 2004, 2013). אפקט ה-SMARC מבוסס על אפקט ה-SNARC (Spatial Numerical Association of Response Codes); ובדומה ל"קו גובה הצליל המנטאלי" קיים "קו מספרים מנטאלי" (Mental number line) לפיו מספרים קטנים מיוצגים משמאל למספרים גדולים יותר (Dehaene et al., 1993). כלומר, המיפוי של רכיבים סדורים במיקומים מרחביים יכול להתרחש בתחומים שונים, כאשר הגירוי והתגובה חולקים את אותו "קוד" (Response code).

בעוד שבקרב מוזיקאים נמצא (e.g., Rusconi et al., 2006; Lidji et al., 2007) קשר אוטומטי בין מרחב אופקי לבין גובה הצליל (נמוך-שמאל, גבוה-ימין), הרי שהראיות לאסוציאציה כזו בקרב לא-מוזיקאים מעורבות. במחקר (Ishihara et al., 2013) בקרב לא-מוזיקאים נבדקה מטלת "חיתוך קו האמצע" (Line bisection task). נמצא, כי האזנה לצלילים נמוכים הטתה את הקו לשמאל והאזנה לצלילים גבוהים הטתה את הקו לימין; אולם ההשפעה של גובה הצליל על החיתוך האנכי (מעלה-מטה) לא הייתה חד-משמעית. לעומת זאת, במחקר (Hartmann, 2017) בקרב 20 לא-מוזיקאים לא נמצאה השפעה של גובה הצליל על נקודת החיתוך הסופית, אך מסלולי התנועה של המשתתפים הראו הטיה שיטתית: בנקודת החיתוך הראשונית, הסמן הופנה ימינה לצלילים הגבוהים בהשוואה לצלילים נמוכים ולרעש (בקררה). כלומר, גם בקרב לא-מוזיקאים ישנו קשר אוטומטי מסוים בין גובה הצליל לבין המרחב האופקי. המסקנה היא, כי אסוציאציות מרחביות-מוזיקליות אינן תלויות בהכרח בחוויות מוטוריות קבועות (כמו אצל מוזיקאים) אלא משקפות נטייה לייצג מידע סידורי על קו

ממצאים סותרים עלו גם במחקרים בקרב נבדקים עם וללא אמוזיה, בביצוע מטלת סיבוב מנטאלי ומיפוי צלילים במרחב. בעוד שבמחקרם של דאגלס ובילקי (Douglas & Bilkey, 2007) נבדקים עם אמוזיה השיגו ציונים נמוכים יותר בשתי מטלות אלו ולא קישרו בין גובה הצליל לבין גובה במרחב הפיזי, במחקרם של טילמן ואחרים (Tillmann et al., 2010) לא נמצאו הבדלים בין קבוצות המחקר בביצוע המטלות; החוקרים (Tillmann et al., 2010) הסיקו, כי הפגיעה הניירו-קוגניטיבית של האמוזיה אינה משפיעה על התפיסה המרחבית.

במחקר ERP (Widmann et al., 2004) הוצגו לנבדקים גירויים ויזואליים שכללו רצף מלבנים קטנים מסודרים בגבהים שונים ולאחריהם הושמעו מוטיבים מלודיים. במחצית מהפריטים הייתה אי-התאמה בין הגירוי הויזואלי לבין הגירוי המוזיקלי. נמצא, כי המוח הגיב מהר מאוד (100ms) להפרת הציפיות כאשר גירוי הצליל אינו תואם לגירוי הויזואלי. גם במחקר (Evans & Treisman, 2010) בקרב 84 סטודנטים בגילאי 18-30 נבדק הקשר בין מיפוי גובה הצליל לבין גירוי ויזואלי: עיגול שבתוכו קווים אלכסוניים ברמות שונות של צפיפות (תדירות מרחבית) וברמות שונות של ניגודיות בין העיגול לבין הרקע. נמצא קשר בין גובה הצליל לבין מיקום העיגול בציר האנכי, גודל העיגול והתדירות המרחבית, אך לא בין גובה הצליל לבין הניגודיות. לטענת החוקרים הקשר בין הגירוי האודיאטורי לבין הגירוי הויזואלי מתרחש ברמה התפיסתית באופן אוטומטי.

במחקרים נמצא קשר בין האינטליגנציה הפלואידית לבין כושר והכשרה מוזיקלית (e.g., Anvari et al., 2012; Besson et al., 2002; Portowitz et al., 2009; Strait et al., 2011, 2012; Zuk et al., 2014; et al., 2012) לקשר בין התחומים הינו אפקט "ההעברה" (Transfer) (Brody, 1992; Hetland, 2000;) (Thorndike & Woodworth, 1901) לפיו, לכישורים שונים ישנם תהליכי עיבוד מידע משותפים. אפקט "ההעברה" תלוי במידת הקרבה בין סוגי הלמידה. "העברה קרובה" מתרחשת כאשר מוטוריקה עדינה מתפתחת כתוצאה מאימון בנגינה ומובילה למהירות ודיוק בהקלדה; ואילו "העברה רחוקה" מתרחשת כאשר תרגול תבניות מקצב מוביל להבנה מתמטית (Hyde et al., 2009). בהתאם לכך, אוכלוסייה עם מש"ה נוטה לביצועים נמוכים במבחני מוזיקה וככל שרמת המוגבלות נמוכה ומורכבת יותר, כך כישורי המוזיקה נמוכים יותר (Braswell et al., 1988; Schellenberg & Weiss, 2013).

במחקר הדמיה (Oechslin et al., 2013) נמצא נפח בילטרלי גדול יותר של ההיפוקמפוס בקרב מוזיקאים (מקצועיים וחובבים) בהשוואה ללא-מוזיקאים (בגילאי 22.2-24.5). החוקרים הסיקו, כי הכשרה מוזיקלית מסייעת בגיוס משאבים קוגניטיביים החיוניים לאינטליגנציה הפלואידית ולתפקוד ההיפוקמפוס; ואימון מוזיקלי, אפילו ברמה מתונה, הינו אסטרטגיה יעילה להאטה של ירידה קוגניטיבית עם הגיל. נמצא (Stoesz et al., 2007) כי במבחן סידור קוביות (Wechsler, 1997a) ביצועיהם של מוזיקאים (MA = 19.11) היו טובים בהשוואה ללא מוזיקאים (MA = 18.9) מעבר לגיל, רמת השכלה, מגדר או מצב סוציו-אקונומי. עוד

נמצא (Swaminathan et al., 2017), כי ישנו קשר הדוק בין ביצוע מבחן רייבן לבין מסוגלות (Competence) מוזיקלית בקרב מוזיקאים בהשוואה ללא-מוזיקאים ($MA = 19.1$). המסוגלות נבדקה במבחן MET (Musical Ear Test - Wallentin et al., 2010) הכולל: הבחנה בין תבניות מלודיות (בנות 3-8 צלילים, מנוגנות בפסנתר) ותבניות ריתמיות (בנות 4-11 פעימות, מבוצעות בכלי עץ), אשר מדורגות ברמות קושי שונות ומופיעות בסדר אקראי. החוקרים הסיקו, כי בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים נוטים להיות גם בעלי מסוגלות מוזיקלית גבוהה וגם ללמוד נגינה. גם במחקרם של ברגמן-נוטלי ואחרים (Bergman-Nutley et al., 2013) נמצא קשר חיובי בין ביצוע מבחן רייבן (Raven, 2003) לבין אימון בנגינה, בקרב בני 6-25. בהדמיה מוחית נמצא כי נפח החומר האפור באזור הטמפורלי-אוקסיפיטלי (אזור הנקשר לקריאת תווים) גדל במהלך שנתיים ביחס למספר שעות הנגינה, אך לא נמצאה השפעה של כמות שעות האימון על ביצוע מבחן רייבן. בדומה לכך, בתכנית התערבות מוזיקלית (Portowitz et al., 2009) שהתבססה על תיאוריית "הלמידה המתוכנת" (Feuerstein et al., 1988), נמצא שיפור משמעותי בביצוע מבחן רייבן (Raven) לאחר שנתיים בקרב ילדים בסיכון בגילאי 6-12, בהשוואה לקבוצת ביקורת. סווימינתן ואחרים (Swaminathan et al., 2017) הסתייגו ממסקנות אלו. לטענתם, שימוש בקבוצת ביקורת יחידה פסיבית, אינו מאפשר לייחס את ההבדלים בין הקבוצות להיבטים שונים הנובעים מההתערבות.

לטענת שלנברג ווייס (Schellenberg & Weiss, 2013), קשר בין כישרון מוזיקלי לבין יכולות קוגניטיביות כלליות או להישגים לימודיים מפרק תיאוריות מודולריות (Peretz & Coltheart, 2009; Peretz, 2003) או מוזיקה כמייצגת אינטליגנציה נפרדת (Gardner, 1983, 1999). על-פי תפיסת המודולריות (Peretz, 2003) או מוזיקה כמייצגת אינטליגנציה נפרדת (Gardner, 1983, 1999). על-פי תיאוריית "האינטליגנציות המרובות" (Gardner, 1983, 1999) אוטומטי על ידי הערוץ המתאים. על-פי תיאוריית "האינטליגנציות המרובות" (Gardner, 1983, 1999) אינטליגנציה היא מערכת רב-ממדית המבוססת על כשרים ספציפיים (כגון, אינטליגנציה קינסטטית, בין-אישית, תוך-אישית, לשונית, לוגית-מתמטית, מרחבית ומוזיקלית). בהתאם לכך, לאוכלוסייה עם תסמונת הסוואנט-סאבנט (Savant Syndrome) ישנה יכולת מנטלית יוצאת דופן (לרוב חישובית, חזותית או מוזיקלית) (Schellenberg & Weiss, 2013; Treffert, 2009). יש לציין, כי תסמונת זו מיוחסת בעיקר לאוכלוסייה עם אוטיזם או למי שעברו פגיעות מוחיות (Treffert, 2014).

בהמשך לכך, במטא-אנליזה (Sala & Gobet, 2017) נמצאה השפעה כללית מועטה ($d^+ = 0.16$) של ההכשרה המוזיקלית על הכישורים הקוגניטיביים בקרב ילדים ומתבגרים בגילאי 3-16, ואף נמצא קשר הפוך בין מידת ההשפעה לבין האיכות המתודולוגית של המחקר. החוקרים הסיקו, כי העברה רחוקה מתרחשת רק לעיתים נדירות. גם במחקרים אחרים (Costa-Giomi, 2004; Rauscher & Zupan, 2000) לא נמצא קשר חד-משמעי בין התחומים. לטענת החוקרים (Schlaug et al., 2005), קריאת תווים (הבנת ייצוג של גובה ומשך צליל) ותרגול נגינה אמנם מפעילים יכולות מרחביות, אולם נבדקים אשר בוחרים לנגן הם גם כך בעלי מוטיבציה גבוהה, ושיעורי המוזיקה מספקים להם התנסויות הדורשות יכולות קוגניטיביות. הסבר נוסף לממצאים

הסותרים ניתן לייחס לגורמים חוץ-מוזיקליים המשפיעים על תהליכי הלמידה (Butzlaff, 2000), כגון, איכות המורים וההוראה (Rauscher, 2008) או הפעלת תכניות לימודים זהות מבלי להתחשב בהבדלים תרבותיים ובדפוסי למידה (Upitis & Smithrim, 2001). לטענת החוקרים, השוואה בין מוזיקאים לבין לא-מוזיקאים היא מאתגרת מטבעה (Ullén et al., 2016), סביר להניח כי בעלי כישרון מוזיקלי גם יחפצו בלימודים אשר בתורם, יוכלו לשפר את ביצועיהם במבחנים - אינטראקציה קלאסית של סביבה ותורשה (Swaminathan, & Schellenberg, 2018). גם מדידת הכושר המוזיקלי בגיל הילדות מהווה אתגר, משום שההכשרה וההתבגרות מתרחשות בו זמנית, מה שמקשה על הפרדה בין השפעת הניסיון המוזיקלי לבין ההתפתחות הקוגניטיבית (Galván, 2010; Corrigall & Schellenberg, 2015).

לסיכום, על-פי המחקרים, אחד ההסברים לקשר בין האינטליגנציה הפלואידית לבין הכושר המוזיקלי הינו אפקט "ההעברה" לפיו, לכישורים שונים ישנם תהליכי עיבוד מידע משותפים. בהתאם לכך, אוכלוסייה עם מש"ה נוטה לביצועים נמוכים במבחני מוזיקה וככל שרמת המוגבלות נמוכה ומורכבת יותר, כך כישורי המוזיקה נמוכים יותר. במחקרים קודמים נעשה שימוש במבחן סידור קוביות (Block Design) (e.g., Stoesz et al., 2007) ובמבחן רייבן (Raven, 1958) (e.g., Swaminathan et al., 2017) במטרה לבדוק את הקשר בין כישורים חזותיים-מרחביים (אינטליגנציה פלואידית) לבין כושר והכשרה מוזיקלית בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה. מבחן סידור קוביות בודק יכולת ארגון, המשגה וכושר מרחבי (וכסלר, 2001) ומבחן רייבן בודק הסקה אנלוגית, סיבתיות, חשיבה לוגית ותפיסת גשטלט (Raven et al., 1986). לאור זאת, בחרנו להשתמש במבחנים אלו לשם בדיקת הקשר בין התחומים גם בקרב אוכלוסייה עם מש"ה.

הקשר בין זיכרון העבודה לבין הכושר המוזיקלי: כאמור, זיכרון עבודה מתייחס למערכת אחסון מידע לטווח קצר והפעלת מניפולציה על המידע, החיונית במטלות קוגניטיביות מורכבות כהבנת שפה, למידה והיסק (Baddeley, 1990, 2007). בהמשך למודל זיכרון העבודה שהציגו בדלי ואחרים (Baddeley, 1990, 2007; Berz, 1995) ברץ (Baddeley et al., 2011) הציע מודל זיכרון עבודה מוזיקלי לפיו, בנוסף ללולאה הפונולוגית קיימת גם לולאה מוזיקלית המשועבדת אליה במסלול השמע, אם כי בעיבוד ושימור המוזיקה היא נפרדת ממנה. מודל כזה עשוי לסייע בהבנת תוצאות של מבחנים מוזיקליים, בהם נדרשת השוואה בין תבניות; ייתכן כי התוצאות עשויות להצביע על הבדלים בזיכרון העבודה, ולא דווקא על רמה מוזיקלית (Berz, 1995). שולץ וקולש (Schulze & Koelsch, 2012) מסכימים כי ישנם רמזים לקיומה של לולאה מוזיקלית וכי זיכרון עבודה פונולוגי ומוזיקלי מבוסס על ידע קודם בהפקת הצלילים, אולם בעוד שישנה חפיפה בין השפה והצלילים באזורי הליבה (באזור ברוקה [Broca], בקליפת המוח הקדמית [Premotor cortex] ובאונה הקודקודית התחתונה [Inferior parietal lobule]), אזורי משנה מעידים על קיומן של רשתות עצביות נפרדות. בסקירת מחקרים (Caclin & Tillmann, 2018) בקרב משתתפים בריאים (מוזיקאים ולא-מוזיקאים) ועם הפרעות נוירולוגיות (אמזיה, מוזיקאים עם וללא דיסלקציה, אלצהיימר, שבץ מוחי ותסמונת לנדאו-קלפנר), נמצאה עדות חלקית לקיומן של רשתות עיבוד משותפות לזיכרון המוזיקלי והמילולי. עם זאת, המחלוקת אודות קיומן של מערכות

במחקרים (Lesiuk, 2014; Strait et al., 2011) בקרב ילדים עם וללא לקויות למידה, נמצא קשר בין זיכרון עבודה לבין כושר ריתמי, אך לא לבין כושר טונלי. לדוגמא, נמצא (Lesiuk, 2014) כי ביצועיהם של בני 9-11 עם לקות בתפקודים הניהוליים, היו נמוכים בהשוואה לבני גילם עם התפתחות תקינה, במבחני המקצב ומשך הצליל. התפיסה המוזיקלית נבדקה בשלוש מטלות (זיהוי מיקום הצליל השונה, הבחנה בין משכי צליל, הבחנה בין תבניות מקצב) מתוך מבחני סישור (Seashore et al., 1960) ובשתי מטלות (הבחנה בגובה הצליל, הקשת פעמה ללא גירוי חיצוני) מתוך מבחני מילס (Group tests of musical abilities - Mills, 1988). התפקודים הניהוליים נבדקו במבחן BRIEF (Gioia et al., 2000). החוקר הסיק, כי מבחני מקצב ומשך עשויים לשמש כאמצעי להערכת תפקודים ניהוליים, וכן, כי פעילות מוזיקלית (בעיקר ריתמית) עשויה לשמש כלי חשוב בעבודה עם ילדים עם לקויות. במחקר נוסף (Strait et al., 2011) בקרב בני 8-13 עם וללא לקות קריאה, נמצא קשר בין מטלת זיכרון ספרות (Woodcock et al., 2001) לבין כושר ריתמי (Gordon, 1986a). עיבוד שפתי, אשר נבדק באמצעות מדידת רגישות עצבית לסדירות אקוסטית בגזע המוח (כלומר: תגובה להברה מסוימת שהושמעה ברצפים משתנים), נקשר לכושר מוזיקלי (טונלי וריתמי) ולכישורי קריאה. החוקרים הסיקו, כי בבסיס יכולת הקריאה והיכולת המוזיקלית עומדים מנגנונים מוחיים משותפים, אשר נקשרים לסדירות אקוסטית.

במטא-אנליזה (Talamini et al., 2017) אשר כללה נתונים מתוך 29 מחקרי זיכרון שנערכו בין השנים 1987-2017 נמצא, כי למוזיקאים ($MA = 23.38$) יתרון מתון בביצוע מטלות זיכרון עבודה פונולוגי, יתרון קטן בזיכרון חזותי-מרחבי לטווח קצר (כגון *זכירה מרחבית קדימה*) והיעדר יתרון בזיכרון עבודה חזותי-מרחבי (כגון *זכירה מרחבית לאחור*). לעומת זאת בכל מטלות הזיכרון המוזיקלי נמצא למוזיקאים יתרון גדול. לטענת החוקרים, ייתכן כי היתרון במטלות המוזיקליות מסייע למוזיקאים במטלות מילוליות בהן הגירויים מוצגים לעתים קרובות בעל-פה. עם זאת, לא נמצא מחקר שהצליח להסביר את כל התוצאות שנתקבלו. במחקרם של הנסן ואחרים (Hansen et al., 2012) נמצא יתרון למוזיקאים (גילאי 18-29) במטלת *זכירת ספרות* (Wechsler, 1997a) אך לא במטלת *זכירה מרחבית* (Wechsler, 1997b). בנוסף, במטלת *זכירת ספרות קדימה* נמצאה קורלציה עם הציונים במדד הכולל במבחן MET (Wallentin et al., 2010) ובמבחן מקצב. בדומה לכך, במחקר (Roden et al., 2014) בו נבחנה תרומת ההשתתפות בתכנית העשרה (במוזיקה או במדעים) בקרב בני 7-8, נמצא יתרון לקבוצת המוזיקה במטלות זיכרון פונולוגי (One-Syllable Word Span; Nonword Recall Test), אך לא בזיכרון עבודה חזותי-מרחבי. יתרון בזיכרון העבודה המילולי בקרב מוזיקאים, נקשר לשימוש מוגבר במנגנוני השינון (Rehearsal mechanisms) (Franklin et al., 2008).

בניגוד לכך, במחקרים אחרים (Granot et al., 2013; Sua'ez et al., 2015; Williamson et al., 2010) לא נמצא יתרון למוזיקאים בזיכרון עבודה מילולי. גרנות ואחרים (Granot et al., 2013) בחנו את השפעת החשיפה לנירו-הורמון וזופרסין (Vasopressin) על זיכרון העבודה המילולי והזיכרון המוזיקלי. המחקר התבסס

על ממצאים (Granot et al., 2007) לפיהם, גן ה-AVPR1a מווסת עבור הזופרסין את רמות הקולטנים במוח ומעורב בזיכרון המוזיקלי. השתתפו 50 גברים לא-מוזיקאים ($MA = 25.08$), אשר מחציתם נחשפו להורמון ומחציתם לפלצבו. זיכרון העבודה המילולי נבדק במבחן זכירת ספרות קדימה ולאחור (Wechsler, 1997a) והזיכרון המוזיקלי נבדק במבחנים דימוי מלודי (Gordon, 1965) ובמבחן Interval מתוך סוללת MBEA (The Montreal Battery of Evaluation of Amusia) להערכת אמוזיה (Peretz et al., 2003), בו נדרשת הבחנה בין תבניות מלודיות (שווה/שונה) בעלות קווי מתאר שווים. נמצאה השפעה חיובית של החשיפה להורמון על הציונים במבחנים המוזיקליים, אך לא על המבחן המילולי. לטענת החוקרים, ייתכן כי דפוס התוצאות השונה קשור למידע הרגשי שישנו בזיכרון המוזיקלי אך לא בזיכרון המילולי; בנוסף, לחסרי הכשרה מוזיקלית יש ניסיון רב יותר בביצוע מטלות מילוליות מאשר בביצוע מטלות מוזיקליות. בעוד שבמבחנים המוזיקליים נדרשת השוואה בין תבניות (היכר) וניתן להסתמך על זיכרון פרוצדורלי (תהליכי), הרי שבמבחן זיכרון ספרות נדרש זיכרון אקטיבי (חזרה על מלים) וניתן להסתמך על זיכרון דקלרטיבי (מפורש); ובעוד שלתבניות המוזיקליות יש ייצוג שמיעתי בלבד (עבור לא-מוזיקאים), לספרות יש ייצוג חזותי, מילולי ושמיעתי. בדומה לכך, במחקרם של וויליאמסון ואחרים (Williamson et al., 2010) נמצא יתרון למוזיקאים ($MA = 21.97$) במטלות זכירת גובה צלילים, אך לא במטלות מילוליות (זכירת רצף אותיות). החוקרים הסיקו, כי השפה והצלילים מאוחסנים בנפרד, אך לשניהם תהליך שינון הגייה (Articulatory rehearsal processes) משותף, המשמר פריטים בזיכרון. גם במחקרם של סוארז ואחרים (Sua'ez et al., 2015) לא נמצא יתרון למוזיקאים ($N = 24, MA = 22.5$) במטלת זכירת ספרות קדימה (Wechsler, 2008) ובזיכרון חזותי-סטטי (Static matrix span), אך נמצא יתרון בקידוד ספרות (החלפת ספרות במספרים) (Digit-symbol coding; Wechsler, 2008), בזכירת ספרות לאחור (Backward digit span; Wechsler, 2008), במטלת מטריצה חזותית-מרחבית דינמית (Dynamic matrix span) ובמבחני הכושר המוזיקלי (AMMA - Advanced Measures of Music Audiation; Gordon, 1989) בהם נדרשת הבחנה בין תבניות טונליות (שווה/שונה) וריתמיות (שווה/שונה). החוקרים הסיקו, כי הכשרה במוזיקה נקשרת למיומנויות ספציפיות (ולא כלליות) של זיכרון עבודה, אשר דומות בתהליכי העיבוד.

לסיכום, אף כי במודלים ובמחקרי הדמיה נמצאה עדות חלקית לרשתות עיבוד משותפות לזיכרון מילולי ומוזיקלי, עדיין ישנה מחלוקת אודות קיומן. לטענת החוקרים, לא נמצא מחקר שהצליח להסביר את כל התוצאות שנתקבלו. במחקרים קודמים נעשה שימוש במבחן זכירת ספרות (Digit span), אשר בודק את רכיבי זיכרון העבודה באופנות המילוליות (וכסלר, 2001) ובמבחן זכירה מרחבית (Spatial span), אשר בודק את רכיבי זיכרון העבודה באופנות החזותי-מרחביות (Wechsler, 1997b), במטרה לבדוק את הקשר בין זיכרון העבודה המילולי (e.g., Granot et al., 2013) והחזותי-מרחבי (e.g., Hansen et al., 2012) לבין כושר והכשרה מוזיקלית בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה. לאור זאת, בחרנו להשתמש במבחנים אלו לשם בדיקת הקשר בין התחומים גם בקרב אוכלוסייה עם מש"ה.

הקשר בין הזיכרון האפיזודי (לטווח ארוך) לבין הכושר המוזיקלי: כאמור, זיכרון לטווח ארוך הינו

מנגנון אכסון מידע לתקופה ממושכת (Cowan, 2008), המחולק לזיכרון סמוי וזיכרון מפורש (Squire, 2004). טולווינג (Tulving, 1983, 2002) הבחין בין שני סוגי זיכרון מפורש: זיכרון סמנטי - המתייחס לידע כללי על העולם, אוצר מילים, חוקים ועובדות; וזיכרון אפיזודי - המתייחס לחוויות אישיות על פי ההקשר והסדר בו התרחשו. בהמשך להבחנה זו, פלטל (Platel, 2005) הבחין בין זיכרון סמנטי מוזיקלי - היזכרות במלודיה מוכרת (כגון מרש החתונה), שאינה תלויה בזמן ובמקום בו נשמעה, לבין זיכרון אפיזודי מוזיקלי - היזכרות וזיהוי מלודיה, תלויה הקשר לזמן, למקום ולאופן הביצוע. בהאזנה למלודיות מוכרות נצפתה פעילות דו-צדדית באונה הפרונטלית, אך גם באזורים השמאליים באונה הטמפורלית וברכס הזוויתי (Angular gyrus); ואילו בהאזנה למלודיות לא מוכרות נצפתה פעילות דו-צדדית באונה הפרונטלית ובפרכונאוס (Precuneus). במחקר (Groussard et al., 2010) בו דורגה רמת היכרות עם מלודיות בקרב מוזיקאים ולא-מוזיקאים בגילאי 20-35, נצפתה (ב-FMRI) פעילות דו-צדדית בהיפוקמפוס ברכס הקדמי-אמצעי ובאזור הטמפורלי, המצביעה על אינטראקציה בין זיכרון אפיזודי וסמנטי; צפיפות החומר האפור בקרב המוזיקאים, הייתה גבוהה יותר. החוקרים הסיקו, כי מיומנות מוזיקלית משפרת זיכרון לטווח ארוך ומקדמת גמישות מבנית ותפקודית במוח. עוד נמצא (Rainey & Larsen, 2002), כי למידת מילים חסרות הקשר באמצעות מוזיקה, סייעה לזכירתן בטווח ארוך.

במחקר אורך (Ho et al., 2003) נערכה השוואה בין מוזיקאים בגילאי 6-15 (שלמדו נגינה בין 1-5 שנים) לבין לא-מוזיקאים במטלות זיכרון מילולי (בשפה הסינית) וחזותי. לאחר שנה נמצא, כי מתוך רשימה של 16 מילים, בעלי ההכשרה המוזיקלית (מתחילים ומתקדמים) למדו כ-20% יותר מילים, והראו יכולת שימור טובה יותר בזיכרון (לאחר 10 ו-30 דקות השהייה) בהשוואה לקבוצת הביקורת. תשעה חודשים מתום הניסוי גם ציוני התלמידים שהפסיקו ללמוד מוזיקה נותרו יציבים. החוקרים הסיקו, כי ללימודי מוזיקה השפעה ארוכת טווח על הזיכרון המילולי (אך לא החזותי). ממצאים דומים נתקבלו גם במחקר (Roden et al., 2012) בו נבחנה השפעתה של תכנית התערבות מוזיקלית על הזיכרון המילולי (Rey [1941] בגרסה גרמנית). נגנים, תלמידי מדעים וקבוצת ביקורת ($MA = 7.73$) נבדקו בשלוש נקודות זמן, במהלך 18 חודשים. השיפור הגדול ביותר חל בקבוצת המוזיקה בזיכרון המילולי (אך לא החזותי). במחקר נוסף (Rickard et al., 2010) נבדקו בני שמונה, אשר מחציתם השתתפו בתוכנית נגינה בכלי קשת ומחציתם בקורס לוליינות (Juggling). הם נבדקו במטלות זיכרון מילולי (Children's Memory Scale; Cohen, 1997) וחזותי (Benton's Visual Retention Test; Sivan, 1992). אף כי לאחר שנת התערבות נמצא לקבוצת הנגינה יתרון בלמידה מילולית מידית, היתרון נעלם לאחר שנה. בנוסף, לא נמצאה השפעה של לימודי הנגינה על זיכרון מילולי דחוי ועל זיכרון חזותי. מכאן, כי לחינוך מוזיקלי תרומה בשיפור זמני של הזיכרון המילולי. במחקר (Jakobson et al., 2008) בקרב מבוגרים (גילאי 18-25) פסנתרנים ולא-מוזיקאים, נמצא כי לפסנתרנים יתרון בלמידה מילולית מידית ודחוייה (CVLT-II; Delis et al., 2000) ובלמידה חזותית מידית ודחוייה (RVDLT; Rey, 1964). כלומר, ההכשרה המוזיקלית נקשרה לשיפור כללי בזיכרון המילולי והחזותי.

לסיכום, במחקרים קודמים נמצאה השפעה של ההכשרה המוזיקלית על ביצוע מטלות זיכרון אפיזודי, אך לגבי משך ההשפעה עלו סתירות. במחקרים קודמים (Jakobson et al., 2008; Roden et al., 2012) נעשה שימוש במבחן Rey ללמידה מילולית (Vakil & Blachstein, 1993, 1997; Vakil et al., 1998), אשר בודק יכולת זכירה מידית, דחוייה, היכר, שיעור למידה ועקומת למידה (Lezak, 2004), במטרה לבדוק את הקשר בין הזיכרון האפיזודי לבין הכשרה מוזיקלית בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה. לאור זאת, בחרנו להשתמש במבחנים אלו לשם בדיקת הקשר בין התחומים גם בקרב אוכלוסייה עם מש"ה.

1.6. מוזיקה בקרב אוכלוסייה עם מש"ה

בסקירת מחקרים (Hooper et al., 2008a, 2008b) שדנה במוזיקה בקרב אוכלוסייה עם מש"ה בין השנים 1943-2006, הוצגו 606 מסמכים בשלוש קטגוריות עיקריות: ספרות תיאורטית, מאמרים פילוסופיים ומחקרים אמפיריים. המחקרים עסקו בתרפיה במוזיקה ובדרכי הוראה בקרב אוכלוסייה עם מש"ה, ת"ד, תסמונת וויליאמס, תסמונת רט, תסמונת סוואנט ואוטיזם. לטענת החוקרים, קיים מחסור במחקרי השוואה בין אוכלוסייה עם מש"ה לבין אוכלוסייה עם התפתחות תקינה; במחקרים המוקדמים משנות ה-70 וה-80 קיימים ליקויים מתודולוגיים רבים, והם התמקדו ברובם בגילאים הצעירים. החוקרים אף מטילים ספק באשר לתקפות המבחנים המוזיקליים הסטנדרטיים (e.g., Bentley, 1966; Seashore, 1919) עבור אוכלוסייה עם מש"ה. במבחנים אלו המשתתפים נותרים פסיביים, הגירויים קצרים ותשומת-לב מועטה מוקדשת להכשרה המוזיקלית וליכולת הביצוע. ייתכן אף כי קיים קושי בהבנת ההוראות, או שחוסר היכרות הנבדקים עם הגירויים המוזיקליים (כגון צלילים אלקטרוניים) משפיע לרעה על ביצועיהם. כך לדוגמא, מקליש והיגס (McLeish & Higgs, 1982), בדקו כושר מוזיקלי (טונלי וריתמי) באמצעות מבחני שישור (Seashore, 1919) ומבחני בנטלי (Bentley, 1966) בקרב ילדים עם מש"ה ($N = 121$, $CA = 8-16$, $IQ = 40-85$). נמצא קשר בין רמת האינטליגנציה לבין הציונים במבחני הכושר המוזיקלי, אך לא נמצא קשר בין הגיל הכרונולוגי לבין הציונים.

בראון וג'ליסון (Brown & Jellison, 2012) סקרו 45 מחקרים שנערכו בארה"ב בין השנים 1999-2009, אשר בדקו את מקומה של המוזיקה באוכלוסיות עם מוגבלויות שונות, מגילאי לידה ועד 21. בהשוואה לסקירה קודמת (Jellison, 2000) מהשנים 1975-1999, נמצאה ירידה דרמטית בכמות המחקרים בקרב אוכלוסייה עם מש"ה (25% בסקירה קודמת לעומת 12% בנוכחית) לעומת עלייה בכמות המחקרים בקרב אוכלוסייה עם אוטיזם (7% לעומת 23%, בהתאמה). לטענת החוקרים, הסבר אפשרי לשינוי המגמה הוא אבחנה מדויקת יותר של האוטיזם, ובתוך כך הפיכתו לנושא מחקר בעל עדיפות אסטרטגית בקרב האגודה האמריקאית לטיפול במוזיקה (AMTA - American Music Therapy Association). בנוסף, רוב המחקרים עסקו בתרומת הפעילות המוזיקלית לכישורים קוגניטיביים וחברתיים.

קבוצה נוספת של מחקרים הצביעה על תרומת הפעילות המוזיקלית לפיתוח הכישורים הקוגניטיביים בקרב אוכלוסייה עם מש"ה (Detzner, 1997; Levitin, 2005; MacDonald et al., 1999). מקדונלד ואחרים (MacDonald et al., 1999) לדוגמא, בדקו את תרומת ההשתתפות של אוכלוסייה עם מש"ה קלה ובינונית בסדנת כלי הקשה (בסגנון גאמלאן) ($\text{Mean CA} = 40.4$), בהשוואה להשתתפות בשיעורי אמנות ואפייה (MCA = 37.6) ולקבוצת ביקורת ($\text{MCA} = 28.9$). בניסוי שנמשך 10 שבועות נמצא שיפור משמעותי בקרב קבוצת כלי ההקשה במטלות המוזיקליות (הפקה וזיהוי מקצבים) ובשיום תמונות; וכמו-כן נמצא שיפור בתפיסה העצמית ובתקשורת הבין-אישית, אשר נשמר גם חצי שנה לאחר סיום התכנית. במחקר נוסף (Smolej et al., 2019), נבחנה תרומתה של תכנית התערבות מוזיקלית שנתית (שכללה 35 מפגשי שירה, תנועה, תפיסת צלילים ומקצבים) לפיתוח כישורי שפה (מילוי הוראות, הגייה והבחנה בין הברות) בקרב 8 תלמידים ($\text{MCA} = 9.6$) עם מש"ה קלה ובינונית. בסיום התוכנית נמצא שיפור משמעותי במיומנות השפתית וביכולת הבחנה בין תבניות מקצב. התוכנית אשר פותחה לאור משנתו של הפדגוג ווילס (Willemis, 2012) הדגישה את חשיבות החינוך המוזיקלי והנגינה החל מגיל צעיר; ומכיוון שהתכנית אינה מחייבת קריאת תווים, היא נמצאה מתאימה למשתתפים עם מש"ה. גם במחקרו של דצנר (Detzner, 1997) נמצא שיפור בכישורי ההגייה של מתבגרים עם מש"ה עמוקה ($\text{CA} = 12-21$) בעקבות תכנית התערבות מוזיקלית. במחקרים אחרים נמצאה תרומה של האזנה למוזיקה לשיפור רמת העוררות (Hooper et al., 2011) ותרומה של מוזיקת רקע (קבועה או מקבילה לזמן הפעילות) לשיפור ביצוע מטלות, שיפור התנהגות והגברת מעורבות (Schwartz et al., 2017).

1.7. סיכום, מטרות, רציונל, השערות ושאלות המחקר

בסקירת הספרות הוצגו מחקרים אשר בדקו את נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי), האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי). מחקרים נוספים בדקו את הקשר בין ביצוע מטלות שפתיות (קריסטליות), מרחביות (פלואידיות) ומטלות זיכרון (זיכרון עבודה וזיכרון אפיזודי) לבין כושר והכשרה מוזיקלית. לאור זאת, מטרתו העיקרית של המחקר הייתה לבדוק, אם ובאיזו מידה הכושר המוזיקלי מתפתח בדומה לנתיבי האינטליגנציה והזיכרון בגיל ההתבגרות (17-21) ובבגרות (25-40), בקרב אוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה. מטרה נוספת של המחקר הייתה לבדוק, אם ובאיזו מידה דפוסי הקשר בין מדדים שונים של האינטליגנציה והזיכרון לבין הכושר המוזיקלי שנמצאו באוכלוסייה עם התפתחות תקינה, קיימים גם באוכלוסייה עם מש"ה. נציין, כי שתי האוכלוסיות הינן חסרות הכשרה מוזיקלית. ייחודו של המחקר מתבטא בנקודות הבאות:

א. נתיבי ההתפתחות: נתיבי ההתפתחות של הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) נבדקו לאור מודל תיאורטי המציע שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי באוכלוסייה עם מש"ה

בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015): נתיב לקוי, יציב ומתמשך (מפצה).

ב. גיל: נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי נבדקו מההתבגרות (גילאי 17-21) ועד לבגרות (גילאי 25-40).

ג. מדדי הכלים המוזיקליים: המבחנים המוזיקליים נבדקו בשני מדדים: (א) מדד ההישגים - הציון במבחני הכושר המוזיקלי השונים (בין 0-15 נקודות); (ב) מדד ה- d' (d prime) - היחס בין מספר התשובות הנכונות (Hit) לבין מספר התשובות השגויות (FA - False Alarm). מדד ה-Hit המרכיב את מדד ה- d' , הינו כמות הפריטים בה הנבדק ענה נכונה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שווה/דומה"; ומדד ה-FA המרכיב את מדד ה- d' , הינו כמות הפריטים בה הנבדק ענה שגיאה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שונה". מבין השניים, מדד ה- d' הינו "המשוכלל" ביותר, משום שהוא כולל את היחס בין התשובות הנכונות לבין התשובות השגויות ובכך מונע הטיה בציונים בעקבות ניחוש. נציין, כי בכל מבחן נעשה שימוש ב-15 פריטים (מתוך 40 בגרסה המלאה); ולפיכך נערכה בדיקת מהימנות מבחן חצוי (*split half*). להלן יוצגו מטרות, רציונל, שאלות והשערות המחקר:

1.7.1. חלק א': נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלאידיית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי, בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40)

מטרה: בדיקת נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלאידיית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי באוכלוסייה עם התפתחות תקינה בהשוואה לאוכלוסייה עם מש"ה, בשתי קבוצות גיל: ההתבגרות העליונה (17-21) והבגרות הצעירה (25-40).

אינטליגנציה קריסטלית

אוכלוסייה עם התפתחות תקינה - רציונל: נמצא (Lee et al., 2001; Kaufman, 2001; Chen et al., 2017), כי חלה עליה ביכולת הקריסטלית כתוצאה מידע נרכש, ניסיון, חשיפה לתרבות ולסביבה עד גילאי 60 (2008), 40 (Horn & Cattell, 1967; Chen et al., 2017; Alfonso et al., 2005). **השערה:** הציונים במבחנים אנונימיים (עד שווה (וכסלר, 2001) בבגרות (25-40) יהיו גבוהים בהשוואה לציונים בגיל ההתבגרות (17-21).

אוכלוסייה עם מש"ה - רציונל: על-פי תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz-Vahav, 2020; Lifshitz, 2015), לגיל הכרונוולוגי תפקיד חשוב בהתפתחות הכושר הקוגניטיבי בקרב אוכלוסייה עם מש"ה, מעבר לגיל השכלי; ההשפעה המצטברת של הלמידה, ניסיון החיים והבשלות, מסייעת להמשך פיתוח התפקודים

הקוגניטיביים בגיל המבוגר. במחקרים (Chen et al., 2017; Lifshitz et al., 2020) נמצאה עלייה באינטליגנציה זו לאחר שנות ה-40. **השערה:** הציונים בבגרות (25-40) יהיו גבוהים בהשוואה לציונים בגיל ההתבגרות (17-21).

אינטליגנציה פלואידית

אוכלוסייה עם התפתחות תקינה - רציונל: האינטליגנציה הפלואידית רגישה יותר לגיל ומגיעה לשיא בסביבות גיל 20-25. עם העלייה בגיל ועצירת ההתפתחות חלה ירידה ביכולת זו (Cattell, 1963; Chen et al., 2017; Hanushek et al., 2011; Horn, 1985; McGrew, 2009). מחלוקת. בחלק מהמחקרים נמצאה ירידה מהעשור השני (Kaufman, 2001; Salthouse, 2004), ואילו באחרים נשמרה יציבות לפחות עד לעשור הרביעי ויותר (Ryan et al., 2000; Schaie, 2005, 2010, 2013). לאור הממצאים הבלתי אחידים, העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** מה תהייה מגמת הציונים במבחן **סידור קוביות** (וכסלר, 2001) ובמבחן **רייבן** (Raven, 1958)? האם תישמר יציבות בבגרות (25-40) בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21), תחול ירידה או תחול עלייה בציונים?

אוכלוסייה עם מש"ה - רציונל: לאור תיאוריית **"הגיל המפצה"** (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015) בחלק מהמחקרים (Chen et al., 2017; Lifshitz et al., 2020) נמצאה עלייה באינטליגנציה הפלואידית לאחר שנות ה-40. במחקרים אחרים (Burt et al., 2005; Devenny et al., 2005) נשמרה יציבות. לאור הממצאים הבלתי אחידים, העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** מה תהייה מגמת הציונים במבחן **סידור קוביות** (וכסלר, 2001) ובמבחן **רייבן** (Raven, 1958)? האם תישמר יציבות בבגרות (25-40) בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21), תחול ירידה או תחול עלייה בציונים?

זיכרון עבודה מילולי

אוכלוסייה עם התפתחות תקינה - רציונל: בעוד שבחלק מן המחקרים נמצאה יציבות כבר בגילאי העשרה (Lee et al., 2008; Wisdom et al., 2012), במחקרים אחרים נמצאה עלייה עד לגילאי ה-40 (Johnson et al., 2010), ה-50 (Wilde et al., 2004) ואף עד לגילאי ה-60 (Lezak et al., 2004). לאור הממצאים הבלתי אחידים, העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** מה תהייה מגמת הציונים במבחן **זכירה מילולית** (וכסלר, 2001)? האם תישמר יציבות בבגרות (25-40) בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21), תחול ירידה או תחול עלייה בציונים?

אוכלוסייה עם מש"ה - רציונל: בעוד שבחלק מן המחקרים נשמרה יציבות בזיכרון העבודה המילולי (Baddeley & Jarrold, 2007; Chapman & Hesketh, 2001; Lanfranchi et al., 2012; Lifshitz et al., 2020), במחקרה של קילברג (2019) הציונים בבגרות הצעירה (25-40) נמצאו גבוהים בהשוואה לציונים בגיל ההתבגרות (17-21). לאור הממצאים הבלתי אחידים, העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** מה תהייה מגמת הציונים

במבחן זכירה מילולית (וכסלר, 2001)? האם תישמר יציבות בבגרות (25-40) בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21), תחול ירידה או תחול עלייה בציונים?

זיכרון עבודה חזותי-מרחבי

אוכלוסייה עם התפתחות תקינה - רציונל: נמצאה (Conklin et al., 2007; Farrell Pagulayan et al., 2006) התייצבות כבר בגילאי העשרה. עם זאת, באשר למועד ומידת הירידה - קיימת מחלוקת. בחלק מהמחקרים נמצאה ירידה כבר בגילאי ה-20 (Schroeder & Salthouse, 2004) וה-30 (Hester et al., 2004; Myerson et al., 2003), ואילו במחקרים אחרים רק בגילאי ה-50 (Chen et al., 2017; Cansino et al., 2013; Monaco et al., 2013) או ה-60 (Lezak et al., 2004). לאור הממצאים הבלתי אחידים, העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** מה תהייה מגמת הציונים במבחן זכירה מרחבית (Wechsler, 1997b)? האם תישמר יציבות בבגרות (25-40) בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21), תחול ירידה או תחול עלייה בציונים?

אוכלוסייה עם מש"ה - רציונל: במחקרים נמצאה יציבות מהתבגרות לבגרות (Chen et al., 2017; Lifshitz et al., 2020) או ירידה מתונה (לא מובהקת) (קילברג, 2019). לאור הממצאים הבלתי אחידים, העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** מה תהייה מגמת הציונים במבחן זכירה מרחבית (Wechsler, 1997b)? האם תישמר יציבות בבגרות (25-40) בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21), תחול ירידה או תחול עלייה בציונים?

זיכרון אפיזודי

אוכלוסייה עם התפתחות תקינה - רציונל: נמצא (Clark et al., 2006; Vakil et al., 1998; Vakil et al., 2010), כי כבר בגילאי 11-14 ישנה הבשלה של התפקודים הנדרשים לביצוע מטלות הזיכרון בצורה אופטימלית, עם זאת, לגבי מועד ושיעור הירידה - ממצאי המחקרים אינם אחידים. בעוד שחלקם (Vakil & Blachstein, 1997) הצביעו על ירידה רק משנות ה-60, באחרים (Messinis et al., 2007; Salthouse, 2004) נמצאה ירידה כבר משנות ה-40 או ה-50. לאור הממצאים הבלתי אחידים, העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** מה תהייה מגמת הציונים במדדי הזיכרון האפיזודי (רמת למידה, אפקט השהייה ורמת ההיכר) (Rey AVLT; Vakil & Blachstein, 1993, 1997)? האם תישמר יציבות בבגרות (25-40) בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21), תחול ירידה או תחול עלייה בציונים?

אוכלוסייה עם מש"ה - רציונל: נמצאה (Chen et al., 2017) יציבות בין גיל ההתבגרות לבין הבגרות בכל המדדים או עלייה (בוסתן, 2018) במדד אפקט השהייה. לאור הממצאים הבלתי אחידים, העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** מה תהייה מגמת הציונים במדדי הזיכרון האפיזודי (רמת למידה, אפקט השהייה ורמת ההיכר) (Rey AVLT; Vakil & Blachstein, 1993, 1997)? האם תישמר יציבות בבגרות (25-40) בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21), תחול ירידה או תחול עלייה בציונים?

1.7.2. חלק ב': נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40)

מטרה: בדיקת נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) באוכלוסייה עם התפתחות תקינה בהשוואה לאוכלוסייה עם מש"ה, בשתי קבוצות גיל: ההתבגרות העליונה (17-21) והבגרות הצעירה (25-40).

ציונים בכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) - רציונל: הכושר המוזיקלי כולל הבחנה בגובה הצלילים, דהיינו, בתדרים (מנמוכים ועד לגבוהים) המאורגנים במרחב וירטואלי (Levitin, 2012) ומבוסס על זיכרון מוזיקלי (Talamini et al., 2017, 2018); ואילו האינטליגנציה הפלואידית (Horn, 1968; McGrew, 2009) כוללת הבנת יחסים מופשטים, תפיסה מרחבית ותהליכים הבאים לידי ביטוי בזיכרון לטווח קצר ולטווח ארוך (Cattell, 1987; Horn, 1988). כלומר, הכושר המוזיקלי הוא פלואידי באופיו (Oechslin et al., 2013; Stoesz et al., 2007; Swaminathan et al., 2017). בהתאם לכך, אוכלוסייה עם מש"ה נוטה לביצועים נמוכים במבחני מוזיקה (Hooper et al., 2008b; Schellenberg & Weiss, 2013). **השערה:** בכושר המוזיקלי (מדד כללי) הציונים בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה יהיו גבוהים בהשוואה לאלו של נבדקים עם מש"ה. בהתאם לכך, במבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, מבחן דימוי מלודיה ומבחן דימוי הרמוניה) והריתמי (מבחן מקצב, מבחן דימוי מפעם ומבחן דימוי משקל) מדד ההישגים ומדד ה-d' ימצאו גבוהים יותר בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה.

נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40)

אוכלוסייה עם התפתחות תקינה - רציונל: הכושר המוזיקלי (Trainor & Corrigall, 2010), זיכרון העבודה החזותי-מרחבי (Conklin et al., 2007) והזיכרון האפיזודי (Clark et al., 2006), מתייצבים במקביל, במהלך ההתבגרות האמצעית, ולכל המאוחר בגיל 16. נמצא קשר בין הכושר המוזיקלי לבין האינטליגנציה והזיכרון (Talamini et al., 2017), ועלו ממצאים סותרים באשר לנתיבי התפתחותם מגיל ההתבגרות (16+) ועד לבגרות. בשל היעדר חומר תיאורטי באשר להתפתחות הכושר המוזיקלי מגיל ההתבגרות (17-21) ועד לבגרות (25-40) העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** מה תהיה מגמת הציונים בכושר המוזיקלי (מדד כללי)? האם תישמר יציבות בבגרות (25-40) בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21), תחול ירידה או תחול עלייה בציונים? בהתאם לכך, האם במבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, מבחן דימוי מלודיה ומבחן דימוי הרמוניה) והריתמי (מבחן מקצב, מבחן דימוי מפעם ומבחן דימוי משקל) תישמר יציבות במדד ההישגים ובמדד ה-d' בבגרות בהשוואה לגיל ההתבגרות, תחול ירידה או תחול עלייה בציונים?

אוכלוסייה עם מש"ה - רציונל: ככל הידוע, לא נמצאו מחקרים אשר בדקו את התפתחות הכושר המוזיקלי בקרב אוכלוסייה עם מש"ה. כאמור, נמצא קשר בין הכושר המוזיקלי לבין האינטליגנציה והזיכרון (Talamini et al., 2017); ולאור תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz-Vahav, 2015; Lifshitz, 2020), חלה עלייה באינטליגנציה הפלואידית עד לגילאי 40 ויותר (Chen et al., 2017; Lifshitz et al., 2020). בשל היעדר חומר תיאורטי באשר להתפתחות הכושר המוזיקלי בקרב אוכלוסייה עם מש"ה, העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** מה תהייה מגמת הציונים בכושר המוזיקלי (מדד כללי)? האם תישמר יציבות בבגרות (25-40) בהשוואה לגיל ההתבגרות (17-21), תחול ירידה או תחול עלייה בציונים? בהתאם לכך, האם במבחני הכושר הטונלי (**מבחן צליל**, **מבחן דימוי מלודיה** ומבחן דימוי הרמוניה) והריתמי (**מבחן מקצב**, **מבחן דימוי מופעם** ומבחן דימוי משקל) תישמר יציבות במדד ההישגים ובמדד ה-d' בבגרות בהשוואה לגיל ההתבגרות, תחול ירידה או תחול עלייה בציונים?

דפוס התשובות במבחני הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40)

מטרה: בדיקת ההבדלים בציונים כתלות בסוג מבחן הכושר הטונלי (**מבחן צליל**, **מבחן דימוי מלודיה** ומבחן דימוי הרמוניה) והריתמי (**מבחן מקצב**, **מבחן דימוי מופעם** ומבחן דימוי משקל) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40). בהיעדר מחקרים אשר בדקו נושא זה באוכלוסייה עם התפתחות תקינה ועם מש"ה, העדפנו לנסח **שאלת מחקר:** האם יימצאו הבדלים בציונים (על-פי מדד ההישגים) בקבוצות המחקר ובקבוצות הגיל כתלות בסוג מבחן הכושר הטונלי (**מבחן צליל**, **מבחן דימוי מלודיה** ומבחן דימוי הרמוניה) והריתמי (**מבחן מקצב**, **מבחן דימוי מופעם** ומבחן דימוי משקל)?

1.7.3. חלק ג': הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי); ותרומת משתני הרקע (גיל ומגדר) והמשתנים התלויים (אינטליגנציה וזיכרון) להסבר השונות בכושר המוזיקלי

מטרה: בדיקת הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בקרב נבדקים עם מש"ה בהשוואה לנבדקים עם התפתחות תקינה, בגילאי 17-40.

רציונל: במחקרים נמצא קשר בין ביצוע מטלות שפתיות-פונולוגיות (כגון: חריזה, פילוח והשמטת הברות) (Culp, 2017; Sallat & Jentschke, 2015), הסקה מרחבית (Oechslin et al., 2013; Stoesz et al., 2007; Swaminathan et al., 2017), זיכרון-עבודה (מילולי וחזותי-מרחבי) וזיכרון לטווח ארוך (Suares et al., 2015; Talamini et al., 2017) לבין כושר והכשרה מוזיקלית; ומכאן, כי לסוגי למידה שונים ישנם תהליכי

עיבוד מידע משותפים (Besson et al., 2012). לאור זאת, מצאנו לנכון לבדוק, אם ובאיזו מידה דפוסי הקשר שנמצאו באוכלוסייה עם התפתחות תקינה יימצאו גם באוכלוסייה עם מש"ה. **השערה:** יימצא קשר חיובי בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלאידיית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיוודי) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בשתי קבוצות המחקר.

מטרה: בדיקת התרומה של משתני הרקע (גיל ומגדר) והמשתנים התלויים (האינטליגנציה והזיכרון) להסבר השונות בכושר המוזיקלי בקרב נבדקים עם מש"ה בהשוואה לנבדקים עם התפתחות תקינה, בגילאי 40-17.

רציונל: הקשר בין יכולות קוגניטיביות לבין כושר מוזיקלי הוא אסוציאטיבי-מעגלי ואינו מעיד על סיבתיות (Schellenberg & Weiss, 2013). הכשרה מוזיקלית אמנם עשויה לנבא ביצועים טובים יותר במבחני הכושר המוזיקלי, אך כיוון הסיבתיות אינו ברור (Swaminathan & Schellenberg, 2018). בהתאם לכך, מחקרנו מתמקד בתרומת היכולות הקוגניטיביות ומשתני הרקע (גיל ומגדר) להסבר השונות בכושר המוזיקלי, בקרב שתי קבוצות מחקר, שהינן חסרות הכשרה מוזיקלית.

שאלת מחקר: מה מידת תרומתם של משתני הרקע (גיל ומגדר), האינטליגנציה (הקריסטלית והפלאידיית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיוודי) להסבר השונות בכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בקרב נבדקים עם מש"ה בהשוואה לנבדקים עם התפתחות תקינה, בגילאי 40-17?

2. שיטת המחקר

2.1. משתתפים

במחקר הנוכחי השתתפו 97 נבדקים אשר השתייכו לשתי קבוצות מחקר. הקבוצה האחת כללה 49 נבדקים עם מש"ה (50.5%) והקבוצה השנייה 48 נבדקים עם התפתחות תקינה (49.5%).

קריטריונים להשתתפות במחקר: משתתפים עם מש"ה: גיל כרונולוגי 17-21, 25-40; מוגבלות שכלית התפתחותית קלה (Grossman, 1983) בטווח $IQ = 55-70$; ללא אטיולוגיה ספציפית (לא"ס); תעסוקה בקהילה או במפעל מוגן; דיור במסגרת המשפחה, בדירה או בהוסטל; מצב בריאותי יציב, ללא ליקוי חושי (עיוורון או לקות שמיעה) וללא בעיות התנהגות. **משתתפים עם התפתחות תקינה:** גיל כרונולוגי 17-21, 25-40; מנת משכל בטווח הנורמה $IQ = 85-115$ (וכסלר, 2001); מצב בריאותי יציב, ללא ליקוי חושי (עיוורון או חירשות) וללא בעיות התנהגות.

רקע מוזיקלי: למחקר התקבלו משתתפים (עם מש"ה ועם התפתחות תקינה) אשר לא למדו או שאינם לומדים מוזיקה מעבר למסגרות החינוך, לא למדו ואינם יודעים לנגן, לא עסקו ואינם עוסקים במוזיקה באופן פורמלי ובאופן בלתי-פורמלי.

גיל כרונולוגי: נדגמו משתתפים משתי שכבות גיל: שכבת הגיל הראשונה הינה 17-21 (גיל ההתבגרות) ($n = 48$; $CA = 17-21$, $M = 18.54$, $SD = 1.47$). שכבת הגיל השנייה הינה 25-40 (גיל הבגרות) ($n = 49$; $CA = 25-40$, $M = 30.72$, $SD = 4.65$). החלוקה לקבוצות הגיל נשענת על החלוקה באוכלוסייה עם התפתחות תקינה. לפי חלוקה זו, בתקופת ההתבגרות נכללים גילאי 17-21 (Selfhout et al., 2009) ובתקופת הבגרות נכללים גילאי 21-45 (הבגרות הצעירה) (Van der Werf et al., 2001). באשר לבגרות הצעירה (21-45), לא נכלל כל טווח הגילאים אלא נבדקים בגילאי 25-40 המייצגים תקופת גיל זו. **משתתפים עם מש"ה:** נכללו 25 נבדקים בגילאי 17-21 ו-24 נבדקים בגילאי 25-40. **משתתפים עם התפתחות תקינה:** נכללו 24 משתתפים בגילאי 17-21 ו-24 משתתפים בגילאי 25-40.

מגדר: מכלל נבדקי המחקר ($N = 97$), 53 היו נשים (54.6%) ו-44 גברים (45.4%). נערכו מבחני χ^2 לאי תלות. נמצא, כי לא קיימת תלות בין קבוצות הגיל השונות לבין המגדר $p = .926$, $\chi^2(1) = .01$. כלומר, התפלגות הנבדקים בקבוצות הגיל השונות לפי המגדר אינה שונה באופן מובהק. לוח 1 מציג את התפלגות הנבדקים במשתתפים: מגדר וקבוצות מחקר על פי קבוצות הגיל השונות.

לוח 1: התפלגות הנבדקים במשתנים מגדר וקבוצות המחקר על פי קבוצות הגיל השונות

שם המשתנה	ערכים	גיל ההתבגרות (n = 49)	גיל הבגרות (n = 48)	χ^2	p
מגדר	זכר	22 (44.9%)	22 (45.8%)		
	נקבה	27 (55.1%)	26 (54.2%)	.01	.926
קבוצות מחקר	מש"ה	25 (51%)	24 (50%)		
	התפתחות תקינה	24 (49%)	24 (50%)	.01	.920

מהתבוננות בלוח 1 ניתן לראות כי התפלגות הנבדקים בקבוצות הגיל השונות לפי מגדר וקבוצות מחקר אינה שונה במובהק.

מנת משכל: חישוב מנת המשכל שנקבע על פי מבחן וכסלר (2001) בגרסה למבוגרים (WAIS-III^{HEB}), נערך לפי המבחנים אוצר מילים, צד שווה וסידור קוביות באמצעות שימוש בנוסחה למנת משכל כללית בהסתמך על חלק מהמבחנים (Axelrod et al., 2001). המבחנים נמצאו כמייצגים כישורי אינטליגנציה במבחן וכסלר המקוצר (WASITM - Wechsler Abbreviated Intelligence Scale; Wechsler, 1999). החישוב נערך בהדרכה של פסיכולוגית מומחית לפי לוחות המרה המצורפות במדריך למבחן (וכסלר, 2001). משתתפים עם מש"ה: ממוצע מנת המשכל נמצא בטווח המתאים למוגבלות שכלית קלה ($M = 62.31$, $SD = 5.30$) (Grossman, 1983). על מנת לבחון האם קיימים הבדלים במנת המשכל בין קבוצות הגיל השונות נערך מבחן t (Two independent samples t-test) לשני מדגמים בלתי תלויים. נמצא, כי לא קיימים הבדלים מובהקים סטטיסטית במנת המשכל על פי קבוצות הגיל השונות, $t(47) = .66$, $p = .510$, Cohen's $d = 0.19$. כלומר, מנת המשכל בגיל ההתבגרות (21-17), ($M = 62.80$, $SD = 5.13$) אינה שונה באופן מובהק ממנת המשכל בגיל הבגרות (40-25), ($M = 61.79$, $SD = 5.54$). משתתפים עם התפתחות תקינה: ממוצע מנת המשכל נמצא בטווח המתאים להתפתחות תקינה (21-17), ($M = 104.12$, $SD = 10.71$). על מנת לבחון האם קיימים הבדלים במנת המשכל בין קבוצות הגיל השונות נערך מבחן t לשני מדגמים בלתי תלויים (Two independent samples t-test). נמצא כי לא קיימים הבדלים מובהקים במנת המשכל על פי קבוצות הגיל השונות, $t(46) = -1.42$, $p = .162$, Cohen's $d = 0.19$. כלומר, מנת המשכל בקרב קבוצת הנבדקים בגיל ההתבגרות (21-17), ($M = 101.96$, $SD = 9.58$), אינה שונה במובהק ממנת המשכל של קבוצת הנבדקים בגיל הבגרות (40-25), ($M = 106.29$, $SD = 11.52$).

2.2. כלים

לבדיקת הכישורים הקוגניטיביים נעשה שימוש בשבעה כלים (1-2 מבחנים לכל תחום קוגניטיבי) ולבדיקת הכושר המוזיקלי, שהינו ליבת המחקר הנוכחי, נעשה שימוש בששה מבחנים (שלושה מבחני כושר טונלי ושלושה מבחני כושר ריתמי). תחילה יוצגו הכלים לבדיקת הכישורים הקוגניטיביים, ולאחר מכן הכלים לבדיקת הכושר המוזיקלי (ראה גם נספח 4, עמ' 174):

2.2.1. כלים לבדיקת הכישורים הקוגניטיביים

אינטליגנציה קריסטלית, אינטליגנציה פלואידית וזיכרון עבודה נבדקו באמצעות חמישה מבחנים מתוך Wechsler (WAIS-III^{HEB} - וכסלר, 2001; WMS-III - Wechsler, 1997b). אינטליגנציה פלואידית נבדקה גם באמצעות מבחן המטריצות הסטנדרטיות של רייבן (SPM - Standard Progressive Matric; Raven, 1958). זיכרון אפיזודי נבדק באמצעות מבחן ה-Rey ללמידה מילולית (RAVLT - Rey Auditory Verbal Learning; Test; Vakil & Blachstein, 1993, 1997; Vakil et al., 1998). מכיוון שבמבחני Wechsler המרת ציוני הגלם לציוני התקן מתבצעת ביחס לגיל הנבדקים, לא ניתן היה לבחון את השפעת הגיל על הביצוע באמצעות ציוני התקן. לפיכך, במחקר הנוכחי נעשה שימוש בציונים הגולמיים של המבחנים ולא בציוני התקן.

אינטליגנציה קריסטלית

אינטליגנציה קריסטלית נבדקה באמצעות שני מבחנים מתוך מבחן וכסלר למבוגרים (WAIS-III^{HEB}; וכסלר, 2001): מבחן אוצר מילים (Vocabulary) ומבחן צד שווה (Similarities). המבחנים נמצאו כמייצגים כישורי אינטליגנציה במבחן וכסלר המקוצר (WASITM; Wechsler, 1999) ונעשה בהם שימוש בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Canivez et al., 2009) ובקרב אוכלוסייה עם מש"ה (Gawrylowicz et al., 2012). המבחנים הועברו בהתאם להוראות במדריך (WAIS-III^{HEB}, מדריך העברה וציון; וכסלר, 2001). להלן הפירוט:

מבחן אוצר מילים (Vocabulary) - מטרה: בדיקת ידע מילולי, הבנת משמעות המילים. **תיאור:** הנבדק נדרש להגדיר בעל פה 33 מילים המדורגות בסדר קושי עולה, אשר מוצגות בפניו ומוקראות לו, לדוגמא: "מיטה" (פריט ראשון ברשימה) ו"תוכחה" (פריט אחרון). הבחינה אינה מוגבלת בזמן, אך מופסקת לאחר ששה כישלונות רצופים. **ציון:** תשובה מלאה מזכה בשתי נקודות ותשובה חלקית בנקודה אחת. **טווח הציונים:** 0-66.

מבחן צד שווה (Similarities) - מטרה: בדיקת יכולת המשגה מילולית והסקה מילולית מופשטת. **תיאור:** מציגים לנבדק בעל-פה שתי מילים המייצגות עצמים או מושגים יומיומיים והנבדק נדרש לציין קשר סמנטי ביניהן. במבחן 19 פריטים המדורגים בסדר קושי עולה, לדוגמא: "מזלג - כף" (פריט ראשון ברשימה) ו"אויב - חבר" (פריט אחרון). הבחינה אינה מוגבלת בזמן, אך מופסקת לאחר ארבעה כישלונות רצופים. **ציון:** בפריטים 1-5 תשובה נכונה מזכה בנקודה אחת, בפריטים 6-19 תשובה מלאה מזכה בשתי נקודות ותשובה חלקית בנקודה אחת. **טווח הציונים:** 0-33.

אינטליגנציה פלואידית

אינטליגנציה פלואידית נבדקה באמצעות מבחן **סידור קוביות** (Block Design) מתוך מבחן וכסלר למבוגרים (WAIS-III^{HEB}; וכסלר, 2001). המבחן נמצא כמייצג כישורי אינטליגנציה פלואידית בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Simos et al., 2011) ובקרב אוכלוסייה עם מש"ה (Van Nieuwenhuijzen et al., 2011). המבחן הועבר לנבדקים בהתאם להוראות במדריך (WAIS-III^{HEB}, מדריך העברה וציון; וכסלר, 2001). **מטרה:** בדיקת יכולת ארגון, המשגה וכושר מרחבי. על הנבדק לשחזר בזמן מוגבל ובאמצעות קוביות בצבעי אדום-לבן דגם אשר הופיע בתמונה. **תיאור:** בפני הנבדק מוצגים 14 דגמים המדורגים בסדר קושי עולה: החל משתיים או ארבע קוביות ועד לדגם המורכב מתשע קוביות. **ציון:** בפריטים 1-6 תשובה מלאה בזמן הקצוב מזכה בשתי נקודות, תשובה נכונה רק לאחר ניסיון נוסף מזכה בנקודה אחת. בפריטים 7-14 תשובה נכונה בזמן הקצוב מזכה בארבע נקודות, תשובה מהירה יותר מזכה ב-1-3 נקודות נוספות. **טווח הציונים:** 0-68.

אינטליגנציה פלואידית נבדקה גם באמצעות **מבחן המטריצות הסטנדרטיות של רייבן** (SPM - Raven, 1958). המבחן נמצא כמייצג כישורי אינטליגנציה פלואידית בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה (De Alwis et al., 2014) ועם מש"ה (Numminen et al., 2002; Vakil & Lifshitz-Zehavi, 2012). **מטרה:** הערכת יכולת הסקה אנלוגית תוך ביצוע השוואות, מציאת קשרים בין משתנים, סיבתיות, חשיבה לוגית ותפיסת גשטלט (Raven et al., 1986). **תיאור:** על הנבדק להשלים חלק חסר במטריצה על-ידי בחירה באחת מבין שש או שמונה אפשרויות המוצגות לפניו. המבחן כולל 60 פריטים המחולקים לחמש סדרות (A, B, C, D, E). 12 הפריטים מופיעים בשחור-לבן וכוללים מרכיבים כהשלמת סדרה פשוטה (A1-A12) והסקה אנלוגית (B, C, D, E). הפריטים במבחן כולו מוצגים בסדר קושי עולה. **ציון:** תשובה נכונה בכל פריט מזכה את הנבדק בנקודה, הציון הגולמי מורכב מסך מספר התשובות הנכונות. **טווח הציונים:** בכל סדרה 0-12 ובמבחן כולו 0-60.

זיכרון עבודה

זיכרון עבודה נבדק באמצעות שני מבחנים: מבחן **זכירת ספרות** (Digit span) (WAIS-III^{HEB}, וכסלר, 2001) הבודק את רכיבי זיכרון העבודה באופן המילולי ומבחן **זכירה מרחבית** (Spatial span) (WMS-III, Wechsler, 1997b) הבודק את רכיבי זיכרון העבודה באופן החזותי-מרחבי. מבחנים אלו נפוצים לבדיקת רכיבי זיכרון העבודה על-פי המודל של בדלי והייטצ' (Baddeley et al., 2011) בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Conklin et al., 2007) ובקרב אוכלוסייה עם מש"ה (Numminen et al., 2000; Rowe et al., 2006).

מבחן **זכירת ספרות** (Digit span) מורכב משתי מטלות: **זכירת ספרות קדימה** (Forward digit span) להערכת רכיב הלולאה הפונולוגית, **זכירת ספרות לאחור** (Backward digit span) להערכת רכיב המעבד המרכזי. הספרות מוקראות בקצב של ספרה אחת בכל שנייה; הבחינה אינה מוגבלת בזמן, אך מופסקת לאחר שני כישלונות רצופים בפריט אחד. להלן פירוט המטלות: **זכירת ספרות קדימה - מטרה:** על הנבדק לחזור על רצף מספרים כפי שהוקראו על ידי הבוחן, עם תום ההקראה. **תיאור:** במטלה שמונה פריטים (שני ניסיונות

לפריט) המדורגים בסדר קושי עולה (בין שתיים לתשע ספרות), לדוגמה, פריט ראשון : "1-7", פריט אחרון (ב'8) : "8-6-5-4-3-2-1-7". ציינו : תשובה נכונה בכל ניסיון מזכה בנקודה אחת. *טווח ציונים* : 0-16. *זכירת ספרות לאחור* - מטרה : על הנבדק לחזור על סדרת המספרים הפוך מסדר ההקראה. *תיאור* : במטלה שבעה פריטים (שני ניסיונות לפריט) המדורגים בסדר קושי עולה (בין 2-8 ספרות), לדוגמה, פריט ראשון : "2-4" ופריט אחרון (ב'8) : "7-2-8-1-9-6-3-5". ציינו : תשובה נכונה מזכה בנקודה אחת. *טווח ציונים* : 0-14.

מבחן **זכירה מרחבית** (Spatial span) מורכב משתי מטלות : *זכירה מרחבית קדימה* (Forward spatial span) להערכת רכיב הלוח חזותי-מרחבי, *זכירה מרחבית לאחור* (Backward spatial span) להערכת רכיב המעבד המרכזי. *תיאור* : לפני הנבדק מונח לוח שאליו מוצמדות 10 קוביות במערך מסוים. עליו להקיש על הקוביות שהקיש הבוחן בקצב של קובייה אחת בכל שנייה. בכל אחת מהמטלות שמונה פריטים בסדר קושי עולה. המבחן מופסק לאחר קבלת ציון 0 בשני הניסיונות לאותו פריט. להלן פירוט המטלות : *זכירה מרחבית קדימה* - על הנבדק להקיש על קוביות באותו הרצף שהקיש בפניו הבוחן. לדוגמה, פריט ראשון הנו : "3-10" ופריט אחרון (ב'8) : "8-2-6-1-10-3-4-9". *זכירה מרחבית לאחור* - על הנבדק להקיש ברצף הפוך מזה שהקיש בפניו הבוחן. לדוגמה, פריט ראשון הנו : "4-7" ופריט אחרון (ב'8) : "5-8-4-10-3-9-6". ציינו : תשובה נכונה בכל ניסיון מזכה את הנבדק בנקודה אחת. *טווח הציונים* : בכל מטלה 0-16, טווח כולל 0-32.

זיכרון אפיזודי

לבדיקת הזיכרון האפיזודי נעשה שימוש במבחן **ה-Rey ללמידה מילולית** (Rey AVLT- Rey Auditory Verbal Learning Test; Rey, 1958, 1964; Vakil & Blachstein, 1993, 1997; Vakil et al., 1998). במבחן זה נעשה שימוש לבדיקת הזיכרון האפיזודי בקרב אוכלוסייה עם משימה (Vakil et al., 1997). *מטרה* : בדיקת יכולת זכירה מידית, דחוייה, היכר, שיעור למידה ועקומת למידה (Lezak, 2004). *תיאור* : במבחן שתי רשימות מילים, בכל אחת 15 מילים חסרות הקשר ביניהן. העברה 1-5 : לנבדק מוקראת רשימה של 15 שמות עצם שכיחים (רשימה 1). הרשימה מוקראת חמש פעמים ולאחר כל הקראה על הנבדק לשחזר מילים מן הרשימה, לדוגמה, מילה ראשונה : "תוף", מילה אחרונה, (מספר 15) "נהר". העברה 6 : לנבדק מוקראת רשימת 15 פריטים חדשים (רשימה 2) ועליו לשחזר את המילים מרשימה זו. רשימה זו מוקראת פעם אחת בלבד ומהווה רשימת הסחה, לדוגמה, מילה ראשונה : "שולחן" ומילה אחרונה מס' 15 : "דג". העברה 7 : על הנבדק לשחזר את המילים מן הרשימה הראשונה ללא הקראה נוספת. העברה 8 : לאחר שהייה של 20 דקות הנבדק מתבקש לשחזר את המילים שהוא זוכר מן הרשימה הראשונה ללא הקראה נוספת. העברה 9 : לנבדק מוקראת רשימה של 50 מילים הכוללת 15 מילים מן הרשימה הראשונה, 15 מילים מן הרשימה השנייה ו-20 מילים דומות למילים משתי הרשימות מבחינה סמנטית או פונטית. על הנבדק לזהות את המילים מהרשימה הראשונה בלבד. ציינו : תשובה נכונה בכל העברה, מזכה את הנבדק ב-1 נקודה. סך-הכול 15 נקודות לכל העברה. *טווח הציונים* : 0-15.

במבחן זה הופקו המדדים הבאים :

א. *רמת הלמידה* (Total Learning) : סכום חמש ההעברות הראשונות.

ב. אפקט השהייה (Delayed recall): העברה שמינית בהשוואה להעברה חמישית, כלומר: ההפרש בין הזכירה הטובה ביותר בשלב הלמידה, לבין ההיזכרות החופשית של הרשימה הראשונה לאחר 20 דקות.

ג. רמת היכר (Retrieval Efficiency): ההעברה התשיעית בהשוואה להעברה השמינית, כלומר: הפרש בין מספר התשובות הנכונות במבחן ההיכר לבין ההיזכרות החופשית של רשימת המילים הראשונה לאחר 20 דקות.

2.2.2. כלים לבדיקת הכושר המוזיקלי

הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) נבדק באמצעות ששה מבחנים מתוך שתי סוללות מבחני (IMMA) Gordon (Intermediate Measures of Music Audiation; Gordon, 1986a, 1986b; MAP - Musical Aptitude Profile; Gordon, 1995a, 1995b). מתוך סוללת IMMA (Gordon, 1986a) נעשה שימוש בשני מבחנים: מבחן צליל (Tonal Test) ומבחן מקצב (Rhythm Test). המבחן כולו מיועד לגילאי 6-11, מהימנותו הכוללת: $r = .81$. מתוך סוללת MAP (Gordon, 1995a) נעשה שימוש בארבעה מבחנים מתוך שתי חטיבות. מתוך חטיבת דימוי טונלי (Tonal Imagery) נעשה שימוש במבחן דימוי מלודיה (Melody Imagery) ובמבחן דימוי הרמוניה (Harmony Imagery); ומתוך חטיבת דימוי ריתמי (Rhythm Imagery) נעשה שימוש במבחן דימוי מפעם (Tempo Imagery) ובמבחן דימוי משקל (Meter Imagery). המבחן מיועד לבני תשע ומעלה, זהה לכל הגילאים ולא נדרשת השכלה מוזיקלית לשם ביצועו. גרסת 1995 זהה לזו של 1965 למעט השימוש ב-CD. מהימנותו הכוללת: $r = .83-.92$. המבחנים הועברו בהתאם להוראות (Gordon, 1986b, 1995b).

רציונל לבחירת הכלים המוזיקליים: מבחני גורדון (Gordon, 1986a, 1995a) הינם נפוצים (Hanson, 2019) לבדיקת הכושר המוזיקלי בקרב אוכלוסיות שונות. בסוללת MAP, אשר מבוססת על מחקר בקרב 12,805 סטודנטים בגילאי 9-18 (Gordon, 1965, 1995a), נעשה שימוש בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Granot et al., 2013; Zdzinski, 1992) ובקרב אוכלוסייה עם משי"ה (Bixler, 1968; Gordon, 1968; Rice, 1970). בסוללת IMMA (Gordon, 1986a), שהיא אחת מסוללות ההמשך של MAP (Hanson, 2019), נעשה שימוש בקרב ילדים עם וללא לקויות למידה (Forgeard et al., 2008; Strait et al., 2011).

הסוללות במחקרינו בודקות את הכושר המוזיקלי שנחשב (e.g., Krumhansl, 2000) לאספקט מרכזי בתפיסת המוזיקה. בסוללות אחרות נבדקת גם יכולת הפקת מקצב (e.g., Fujii, & Schlaug, 2013) או שירה (Overy et al., 2003) (בקרב לא-מוזיקאים). אולם, תפיסה והפקה של אירועים טמפורליים הן שתי מיומנויות שונות זו מזו, למרות שלעיתים הן ממוקמות תחת כותרת אחת של תפיסה מוזיקלית (Trainor & Corrigan, 2010).

שילוב בין הסוללות אפשר גיוון מבחינת העומס הקוגניטיבי של המטלות : במבחנים מבחן צליל, מבחן מקצב, דימוי מפעם ודימוי משקל נדרשת השוואה (שווה/שונה) בין תבניות ואילו במבחנים דימוי מלודי דימוי הרמוני נדרשת מציאת דמיון (דומה/שונה). לשם מציאת דמיון בין תבניות נדרשת מעורבות גבוהה יותר של זיכרון העבודה (Granot et al., 2013). שילוב בין הסוללות אפשר גם גיוון מבחינת צליל הגירוי : בעוד שבמבחן IMMA הצליל הינו אלקטרוני (סינטטי), במבחן MAP הצליל הינו של כלי-קשת.

כמות הפריטים הכוללת (90 פריטים) נקבעה בהתאם למבחנים אחרים : לדוגמא, בסוללת IMMA המלאה (Gordon, 1986a) ישנם סך-הכול 80 פריטים ובסוללת MET (Wallentin et al., 2010) סך-הכול 104 פריטים. במחקרנו נעשה שימוש ב-15 פריטים (1-15) מתוך כל מבחן (40 פריטים בגרסה המקורית) על-פי סדר הופעתם במקור, וכך ניתן היה לבדוק ששה היבטים שונים של הכושר המוזיקלי (צליל, מלודיה, הרמוניה, מקצב, מפעם ומשקל) מבלי להעמיס על הנבדקים. לאור זאת גם נערכה בדיקת מהימנות מבחן חצוי (split half) על כל מבחן בנפרד (כמפורט להלן). מכיוון שבמחקר נבדקה אוכלוסייה עם משי"ה, נעשתה התאמה, כדלקמן :

א. המבחנים המקוריים הינם קבוצתיים והנבדקים ממלאים את טופס התשובות בעצמם. במחקר הנוכחי המבחנים נערכו באופן פרטני, נבדקים עם משי"ה ענו בעל-פה והחוקרת רשמה את תשובותיהם. אפשרות זו ניתנה גם לנבדקים עם התפתחות תקינה.

ב. במבחנים המקוריים יש חמש שניות הפסקה בין כל זוג תבניות (ללא תוספת זמן), במהלכן על הנבדקים להחליט אם התבניות שוות/דומות או שונות. במחקר הנוכחי החוקרת אפשרה לנבדקים (עם התפתחות תקינה ועם משי"ה) לחרוג ממסגרת הזמן אם לא הספיקו לספק תשובה.

כאמור, לבדיקת הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) נעשה שימוש בששה מבחנים. תחילה יוצגו שלושת המבחנים לבדיקת הכושר הטונלי (באשר לצלילים) ולאחר מכן שלושת המבחנים הריתמיים (באשר לקצב). להלן יוצגו מטרות, תיאור, צינור, טווח ומהימנות המבחנים :

מבחני הכושר הטונלי

מבחן צליל (Tonal Test) - מטרה : בדיקת יכולת הבחנה (שווה/שונה) בין שתי תבניות צלילים. תיאור : הנבדק מאזין לשתי תבניות צלילים עוקבות. בכל תבנית שלושה צלילים המנוגנים במקצב קבוע, על-ידי כלי אלקטרוני. בין כל זוג תבניות יש חמש שניות הפסקה, בזמן זה על הנבדק לקבוע אם התבניות שוות (Same) או שונות (Different) (30 תבניות, 15 זוגות) (דוגמא 1, עמ' 110). צינור : תשובה נכונה מזכה בנקודה. טווח ציונים : 0-15. מהימנות : במבחן מבחן חצוי (split half) המקורי (Gordon, 1986b) נמצאה מהימנות $r = .72$, ואילו במדגם הנוכחי נמצאה מהימנות מבחן חצוי גבוהה ביחס ל-15 הזוגות אשר נערך בהם שימוש במחקר $r = .82$.

מבחן דימוי מלודיה (Melody Imagery) - מטרה : בדיקת יכולת הבחנה (דומה/שונה) בין שתי מלודיות. תיאור : הנבדק מאזין לשתי מלודיות עוקבות המנוגנות בכינור. במלודיה השנייה ישנם תמיד יותר צלילים מאשר במלודיה ראשונה, אולם הנבדק מתבקש לדמיין שהצלילים הנוספים לא באמת הושמעו. בין כל זוג מלודיות יש חמש שניות הפסקה, בזמן זה על הנבדק לקבוע אם לאחר הורדת הצלילים הנוספים בדמיון המלודיות דומות

(Like) או שונות (Different) (30 תבניות, 15 זוגות) (דוגמא 4, עמ' 127). ציינן : תשובה נכונה מזכה בנקודה אחת. טווח ציונים : 0-15. מהימנות : במבחן מבחן חצוי (*split half*) המקורי (Gordon, 1995b) נמצאה מהימנות $r = .83$, ואילו במדגם הנוכחי נמצאה מהימנות מבחן חצוי גבוהה ביחס ל-15 הזוגות אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי $r = .70$.

מבחן דימוי הרמוניה (Harmony Imagery) - מטרה : בדיקת יכולת הבחנה (דומה/שונה) בין שתי תבניות דו-קוליות. תיאור : הנבדק מאזין לשתי תבניות דו-קוליות עוקבות. הקו המלוּדי מנוגן בכינור וקו הבאס מנוגן בצ'לו. בקו המלוּדי שתי המנגינות תמיד שוות. הנבדק מתבקש להתמקד בקו הבס ; בתבנית השנייה ישנם תמיד יותר צלילים מאשר בתבנית הראשונה, אולם על הנבדק לדמיין שהצלילים הנוספים לא באמת הושמעו. בין כל זוג תבניות יש חמש שניות הפסקה, בזמן זה על הנבדק לקבוע אם התבניות דומות (Like) או שונות (Different) (30 תבניות, 15 זוגות) (דוגמא 5, עמ' 128). ציינן : תשובה נכונה מזכה בנקודה אחת. טווח ציונים : 0-15. מהימנות : במבחן מבחן חצוי (*split half*) המקורי (Gordon, 1995b) נמצאה מהימנות של $r = .84$, ואילו במדגם הנוכחי נמצאה מהימנות מבחן חצוי גבוהה ביחס ל-15 הזוגות אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי $r = .72$.

מבחני הכושר הריתמי

מבחן מקצב (Rhythm Test) - מטרה : בדיקת יכולת הבחנה (שווה/שונה) בין שתי תבניות ריתמיות. תיאור : הנבדק מאזין לשתי תבניות מקצב עוקבות בגובה צליל אחיד, מבוצעות על-ידי כלי אלקטרוני. בין כל זוג תבניות חמש שניות הפסקה, בזמן זה על הנבדק לקבוע אם התבניות שוות (Same) או שונות (Different) (30 תבניות, 15 זוגות) (דוגמא 2, עמ' 110). ציינן : תשובה נכונה מזכה בנקודה אחת. טווח ציונים : 0-15. מהימנות : במבחן מבחן חצוי (*split half*) המקורי (Gordon, 1986b) נמצאה מהימנות $r = .70$, ואילו במדגם הנוכחי נמצאה מהימנות מבחן חצוי גבוהה ביחס ל-15 הזוגות אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי $r = .72$.

מבחן דימוי מפעם (Tempo Imagery) - מטרה : בדיקת יכולת הבחנה (שווה/שונה) בשינוי המפעם (טמפו/מהירות) בין שתי מלודיות. תיאור : הנבדק מאזין לשתי מלודיות עוקבות המנוגנות בכינור. עליו לקבוע אם שתי המלודיות במהירות שווה (Same) או אם המלודיה השנייה מנוגנת במהירות שונה (Different) (30 תבניות, 15 זוגות). ציינן : תשובה נכונה מזכה בנקודה אחת. טווח ציונים : 0-15. מהימנות : במבחן מבחן חצוי (*split half*) המקורי (Gordon, 1995b) נמצאה מהימנות $r = .80$, ואילו במדגם הנוכחי נמצאה מהימנות מבחן חצוי גבוהה ביחס ל-15 הזוגות אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי $r = .72$.

מבחן דימוי משקל (Meter Imagery) - מטרה : בדיקת יכולת הבחנה בשינוי משקל (כלומר : בארגון הפעמות המוטעמות בתיבה). תיאור : הנבדק מאזין לשתי מלודיות עוקבות. עליו לקבוע אם הן שוות (Same) או שונות (Different). אם המלודיות שונות הסיבה לכך היא שהמשקל השתנה ; כלומר, הצלילים המוטעמים במלודיה השנייה שונים מהצלילים המוטעמים במלודיה הראשונה (30 תבניות, 15 זוגות) (דוגמא 3, עמ' 111).

ציינון : תשובה נכונה מזכה בנקודה אחת. טווח ציונים : 0-15. מהימנות : במבחן מבחן חצוי (*split half*) המקורי (Gordon, 1995b) נמצאה מהימנות $r = .80$, ואילו במדגם הנוכחי נמצאה מהימנות מבחן חצוי גבוהה ביחס ל-15 הזוגות אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי $r = .71$.

2.3. הליך המחקר

משתתפים עם מש"ה : המחקר נערך לאחר קבלת אישור לביצועו מוועדת האתיקה של אוניברסיטת בר-אילן, מהמדען הראשי במשרד החינוך (עבור גילאי 17-21) וממשרד העבודה והרווחה (עבור גילאי 25-40). כחלק מהליך זה נכתבו מכתבי אישור על-ידי ההורים/האפוטרופוסים והנבדקים עצמם, אשר אושרו על-ידי הגורמים הנ"ל. לאחר קבלת האישורים נעשו פניות לשם גיוס נבדקים בהתאם לקבוצות הגיל השונות מאזור תל-אביב וגוש דן. לצורך גיוס נבדקים בגילאי 17-21 נעשתה פניה למנהלי בתי ספר ; לצורך גיוס נבדקים בגילאי 25-40 נעשתה פניה למנהלי מסגרות מע"ש, עבודה בקהילה, הוסטלים, דירות, מועדוניות ולרכזת "עוצמות" (פרויקט העשרה אקדמית באוניברסיטת בר-אילן). למנהלים אשר הביעו נכונות להשתתף במחקר, נשלח הסבר מפורט על ההליך, וכן מכתבי בקשה לאישורי ההורים או האפוטרופוס הממונה. לאחר קבלת האישורים ובתיאום עם נציגי המסגרות, נקבעו מועדים לביצוע המחקר. המבחנים הועברו על ידי החוקרת באופן פרטני ובחדר שקט. במפגש הראשון, הוצגה לנבדק מטרת המחקר בעל פה ובכתב. אם הביע נכונות להשתתף במחקר הוא התבקש לחתום על טופס הסכמה מדעת. הובהר לכל נבדק כי המבחנים יתקיימו ב-3-4 מפגשים, אורך כל מפגש עד חצי שעה וכי הוא יוכל לסיים את השתתפותו בכל שלב שיחפוץ. נבדקים בגילאי 25-40 תוגמלו כספית על-ידי החוקרת. הליך העברת המבחנים : מפגש א' - מבחן צליל, אוצר מילים, מבחן מקצב, צד שווה. מפגש ב' : רייבן, מבחן מפעם, זכירת ספרות, מבחן משקל, זכירה מרחבית. מפגש ג' : מבחן ה-Rey ללמידה מילולית, דימוי מלודיה, דימוי הרמוניה, סידור קוביות (והמשך מבחן ה-Rey). בסדר העברת המבחנים נשמר העיקרון כי המבחנים המילוליים (כגון : אוצר מילים, מבחן ה-Rey) יועברו בסמיכות למבחנים הביצועיים (כגון : סידור קוביות, רייבן) או המוזיקליים, זאת על מנת להימנע מהשפעה של עומס המערכת המילולית על רמת הביצוע.

משתתפים עם התפתחות תקינה : בשלב הבא החל גיוס נבדקים עם התפתחות תקינה, בהתאמה לגיל ומין הנבדקים עם מש"ה, דרך הפצת מודעות ובפייסבוק של אוניברסיטת בר-אילן. השתתפות נבדקים מתחת לגיל 18 התאפשרה רק לאחר קבלת אישור הורים. מפגש פרטני עם כל נבדק נערך בחדר שקט על-פי העדפתו : באוניברסיטה, בביתו או בבית החוקרת. המבחנים הועברו על-פי הסדר שהועברו לנבדקים עם מש"ה, אם כי במפגש יחיד (עד שעתיים), במהלכו ניתנו לנבדק הפסקות של מספר דקות בהתאם לבקשתו. יש לציין כי המחקר וחישוב הציונים במבחני הוכסלר נערכו בהדרכה ובפיקוח פסיכולוגית מומחית ; הוסבר למשתתפים כי הציונים (או כל פרט אחר) משמשים לצורך המחקר בלבד, ולכל גורם אחר לא תינתן גישה לנתונים.

3. תוצאות

פרק זה כולל שלושה חלקים. חלק א' מציג את נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי, בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40); חלק ב' מציג את נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר והגיל; וחלק ג' מציג את הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי); ותרומת משתני הרקע (גיל ומגדר) והמשתנים התלויים (אינטליגנציה וזיכרון) להסבר השונות בכושר המוזיקלי.

טרם לבחינת שאלות והשערות המחקר נבחנו האם מדדי המחקר השונים מתפלגים נורמלית בכל אחת מקבוצות הגיל (מתבגרים, מבוגרים) ובכל אחת מקבוצות המחקר (נבדקים עם מש"ה, נבדקים עם התפתחות תקינה). ניתוחי Shapiro-Wilk הבוחנים קיומה של התפלגות נורמלית הראו, כי רוב מדדי המחקר אינם מתפלגים נורמלית בקבוצות המחקר והגיל ($p < .05$). עקב ממצא זה, ראוי היה לבחון את שאלות והשערות המחקר באמצעות ניתוחים א-פרמטריים. כמו כן, טרם לבחינת שאלות והשערות המחקר, נבחנו האם השונות במדדי המחקר בין שתי קבוצות המחקר והגיל דומות, באמצעות מבחן ליון לבחינת שוויון בין שונות (Leven's test for equality of variances). נמצא כי קיימים הבדלים בין השונות בחלק ממדדי המחקר. ממצא זה גם מעיד על הצורך לבחון את שאלות והשערות המחקר באמצעות ניתוחים א-פרמטריים.

בבואנו לבחון את השערות המחקר באמצעות ניתוחים א-פרמטריים ובאמצעות ניתוחים פרמטריים, נמצאה התאמה כמעט מלאה בממצאים. על כן, לשם הנוחות באופן ההצגה, יוצגו הממצאים בפרק זה באמצעות הניתוחים הפרמטריים אשר בוצעו לצורך בחינת שאלות והשערות המחקר ויוצגו **ממצאי הניתוחים הא-פרמטריים רק בניתוח שבו נמצאה חוסר התאמה בין ממצאי הניתוחים הא-פרמטריים לניתוחים הפרמטריים**. נספח 2 (עמ' 172) ונספח 3 (עמ' 173) מציגים את ממצאי העיבודים הא-פרמטריים.

3.1. חלק א': נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי, בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40)

בחלק זה נבדקו ההבדלים על פי קבוצות המחקר והגיל בארבעה תחומים קוגניטיביים: אינטליגנציה קריסטלית, אינטליגנציה פלואידית, זיכרון עבודה (מילולי וחזותי-מרחבי) וזיכרון אפיזודי. בכל החלקים נערך ניתוח שונות דו כיווני (2x2) מסוג MANOVA כאשר המשתנים הבלתי תלויים הינם: קבוצות המחקר והגיל והמשתנים התלויים הינם הציונים במבחנים בהם נערך שימוש במחקר הנוכחי.

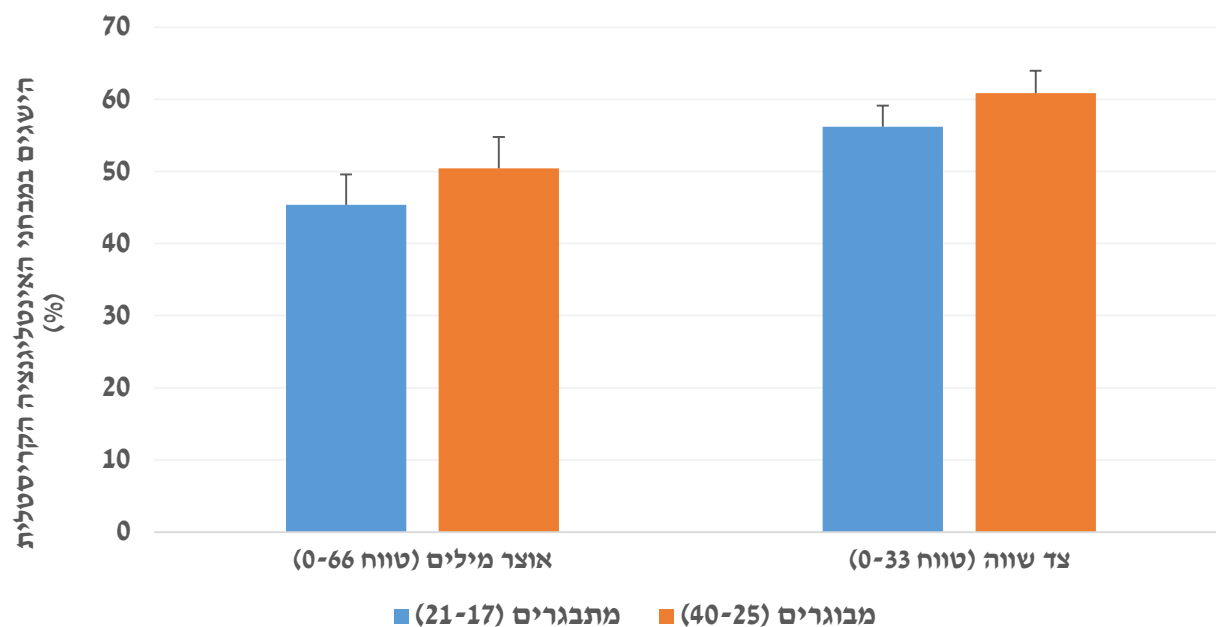
3.1.1. האינטליגנציה הקריסטלית בזיקה לקבוצות המחקר והגיל

האינטליגנציה הקריסטלית נבדקה באמצעות שני מבחנים: מבחן אוצר מילים ומבחן צד שווה. להלן יוצגו הממצאים:

אוצר מילים וצד שווה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: על מנת לבדוק האם קיימים הבדלים בציונים במבחנים אוצר מילים וצד שווה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל, נערך מבחן ניתוח שונות MANOVA דו כיווני (2x2) (קבוצות גיל X קבוצות מחקר). בניתוח זה נמצא, כי קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות הגיל, $F(2,92) = 3.50$, $p = .034$, $\eta_p^2 = .07$ וביחס לקבוצות המחקר, $F(2,92) = 385.20$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .89$. לעומת זאת, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(2,92) = .00$, $p = .996$, $\eta_p^2 = .00$.

ציונים במבחן אוצר מילים בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 5.25$, $p = .024$, $\eta_p^2 = .05$, כאשר הציונים במבחן אוצר מילים גבוהים במובהק בקרב המבוגרים ($M = 33.71$, $SD = 20.08$) בהשוואה למתבגרים ($M = 30.14$, $SD = 19.75$). כמו כן, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 709.59$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .88$, כאשר הציונים במבחן אוצר מילים גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 50.65$, $SD = 7.50$) בהשוואה לנבדקים עם משייה ($M = 13.55$, $SD = 6.40$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה מובהקת סטטיסטית של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .01$, $p = .941$, $\eta_p^2 = .00$.

ציונים במבחן צד שווה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 4.92$, $p = .029$, $\eta_p^2 = .05$, כאשר הציונים במבחן צד שווה גבוהים במובהק בקרב המבוגרים ($M = 20.29$, $SD = 7.00$) בהשוואה למתבגרים ($M = 18.76$, $SD = 6.80$). כמו כן, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 367.34$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .80$, כאשר הציונים במבחן צד שווה גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 25.69$, $SD = 3.55$) בהשוואה לנבדקים עם משייה ($M = 13.47$, $SD = 2.78$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .01$, $p = .943$, $\eta_p^2 = .00$. תרשים 1 מציג את ממצאי האפקט העיקרי לגיל בשני מבחני האינטליגנציה הקריסטלית.



תרשים 1: ממוצעים (ושגיאות תקן - SE) של הציונים במבחן אוצר מילים ובמבחן צד שווה על פי קבוצות הגיל

מהתבוננות בתרשים 1 ניתן לראות, כי הציונים בשני המבחנים המודדים את האינטליגנציה הקריסטלית גבוהים בקרב המבוגרים בהשוואה למתבגרים. לוח 2 מציג את הממוצעים, סטיות התקן, טווח הציונים וערכי ה-F במבחנים הקריסטליים על פי קבוצות המחקר והגיל. ציר ה-Y של התרשים הינו באחוזים ולא בציון הגולמי מכיוון שטווח הציונים במבחן אוצר המילים אינו זהה לטווח הציונים במבחן צד שווה.

לוח 2: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני האינטליגנציה הקריסטלית על פי קבוצות

המחקר והגיל ($N = 97$)

F	F	F	התפתחות תקינה			מש"ה				
אינטראקציה	קבוצות	קבוצות	(n = 48)			(n = 49)			קבוצות	שם המבחן
	מחקר	גיל	טווח	SD	M	טווח	SD	M	גיל	
(1,93)	(1,93)	(1,93)								
.01	709.59***	5.25*	26-62	7.69	49.00	6-28	5.14	12.04	מתבגרים	אוצר מילים
			35-63	7.08	52.29	7-36	7.27	15.13	מבוגרים	(טווח 0-66)
.01	367.34***	4.92*	19-33	3.14	24.96	8-19	2.78	12.80	מתבגרים	צד שווה
			19-32	3.84	26.42	10-20	2.65	14.17	מבוגרים	(טווח 0-33)

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

לסיכום, בהתייחס לאינטליגנציה הקריסטלית, נמצא כי הציונים של המבוגרים גבוהים משל המתבגרים וכי הציונים במבחני האינטליגנציה הקריסטלית של נבדקים עם התפתחות תקינה גבוהים משל נבדקים עם מש"ה.

3.1.2. האינטליגנציה הפלואידית בזיקה לקבוצות המחקר והגיל

האינטליגנציה הפלואידית נבדקה באמצעות שני מבחנים: מבחן סידור קוביות ומבחן רייבן. להלן יוצגו הממצאים:

מבחן סידור קוביות ומבחן רייבן בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: על מנת לבדוק האם קיימים הבדלים בציונים במבחן סידור קוביות ובמבחן רייבן בזיקה לקבוצות המחקר והגיל, נערך מבחן ניתוח שונות MANOVA דו כיווני (2x2) (קבוצות גיל X קבוצות מחקר). בניתוח זה נמצא כי לא קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות הגיל, $F(2,92) = 1.23$, $p = .298$, $\eta_p^2 = .03$. לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק ביחס לקבוצות המחקר, $F(2,92) = 333.03$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .88$. לבסוף, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(2,92) = .98$, $p = .378$, $\eta_p^2 = .02$.

ציונים במבחן סידור קוביות בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 1.58$, $p = .212$, $\eta_p^2 = .02$. כלומר, הציונים במבחן סידור קוביות בקרב המבוגרים ($M = 29.88$, $SD = 19.01$) אינם שונים במובהק בהשוואה למתבגרים ($M = 27.35$, $SD = 16.83$). לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) =$

$\eta_p^2 = .77$, $p = .000$, 304.61 , כאשר הציונים במבחן סידור קוביות גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 44.27$, $SD = 11.11$) בהשוואה לנבדקים עם משייה ($M = 13.24$, $SD = 5.75$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $\eta_p^2 = .02$, $p = .168$, $F(1,93) = 1.93$.

ציונים במבחן רייבן בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $\eta_p^2 = .02$, $p = .163$, $F(1,93) = 1.98$. כלומר, הציונים במבחן רייבן בקרב מבוגרים ($M = 35.75$, $SD = 15.96$) אינם שונים במובהק בהשוואה למתבגרים ($M = 33.84$, $SD = 15.33$). לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $p = .000$, $F(1,93) = 621.38$, $\eta_p^2 = .87$. כאשר הציונים במבחן רייבן גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 49.38$, $SD = 5.60$) בהשוואה לנבדקים עם משייה ($M = 20.49$, $SD = 5.84$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $\eta_p^2 = .01$, $p = .412$, $F(1,93) = .68$. לוח 3 מציג את הממוצעים, סטיות התקן, טווח הציונים וערכי ה-F במבחנים הפלואידים על פי קבוצות המחקר והגיל.

לוח 3: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני האינטליגנציה הפלואידית על פי קבוצות המחקר והגיל (N = 97)

שם המבחן	קבוצות גיל	מש"ה			התפתחות תקינה			F	F	F
		(n = 49)			(n = 48)			קבוצות	קבוצות	אינטראקציה
		M	SD	טווח	M	SD	טווח	מחקר	גיל	מחקר
סידור קוביות (טווח 0-68)	מתבגרים	13.36	5.59	4-26	41.92	11.16	24-62	1.58	304.61***	1.93
	מבוגרים	13.13	6.04	4-28	46.63	10.78	24-62			
רייבן (טווח 0-60)	מתבגרים	20.16	6.09	13-34	48.08	6.04	35-56	1.98	621.38***	.68
	מבוגרים	20.83	5.68	11-37	50.67	4.91	39-57			

*** $p < .001$

לסיכום, בהתייחס לאינטליגנציה הפלואידית נמצא, כי הציונים של נבדקים עם התפתחות תקינה גבוהים משל נבדקים עם משייה. לא נמצאו הבדלים בין קבוצות הגיל בציונים במבחני האינטליגנציה הפלואידית.

3.1.3. זיכרון עבודה מילולי בזיקה לקבוצות המחקר והגיל

זיכרון עבודה מילולי נבדק באמצעות שתי מטלות: מטלת זכירת ספרות קדימה ומטלת זכירת ספרות לאחור. להלן יוצגו הממצאים:

זכירת ספרות קדימה ולאחור בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: על מנת לבדוק האם קיימים הבדלים בציונים במטלות זכירת ספרות קדימה ולאחור בזיקה לקבוצות המחקר והגיל, נערך מבחן ניתוח שונות MANOVA דו כיווני (2x2) (קבוצות גיל X קבוצות מחקר). בניתוח זה נמצא, כי קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות הגיל, $F(2,92) = 4.30, p = .016, \eta_p^2 = .09$, וביחס לקבוצות המחקר, $F(2,92) = 119.79, p = .000$, לבסוף, נמצאה גם אינטראקציה מובהקת סטטיסטית של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(2,92) = 9.78, p = .000, \eta_p^2 = .17$.

ציונים במטלת זכירת ספרות קדימה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .35, p = .553, \eta_p^2 = .00$, כלומר, הציונים במטלת זכירת ספרות קדימה בקרב המבוגרים ($M = 7.15, SD = 3.48$) אינם שונים במובהק בהשוואה למתבגרים ($M = 7.37, SD = 3.53$). לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 182.20, p = .000, \eta_p^2 = .66$, כאשר הציונים במטלת זכירת ספרות קדימה גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 10.00, SD = 2.09$) בהשוואה לנבדקים עם משי"ה ($M = 4.57, SD = 2.27$). לבסוף, קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = 4.12, p = .045, \eta_p^2 = .04$.

ציונים במטלת זכירת ספרות לאחור בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי קיים אפקט עיקרי לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 8.02, p = .006, \eta_p^2 = .08$, כאשר הציונים במטלת זכירת ספרות לאחור בקרב המבוגרים ($M = 5.48, SD = 3.39$) גבוהים במובהק בהשוואה למתבגרים ($M = 4.96, SD = 3.21$). כמו כן, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 173.22, p = .000, \eta_p^2 = .65$, כאשר הציונים במטלת זכירת ספרות לאחור גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 8.04, SD = 2.14$) בהשוואה לנבדקים עם משי"ה ($M = 2.45, SD = 1.17$). לבסוף, קיימת אינטראקציה מובהקת סטטיסטית של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = 6.49, p = .012, \eta_p^2 = .06$. לוח 4 מציג את הממוצעים, סטיות התקן, טווח הציונים וערכי ה-F במבחן זיכרון עבודה מילולי על פי קבוצות המחקר והגיל.

לוח 4: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחן זיכרון עבודה מילולי על פי קבוצות המחקר והגיל

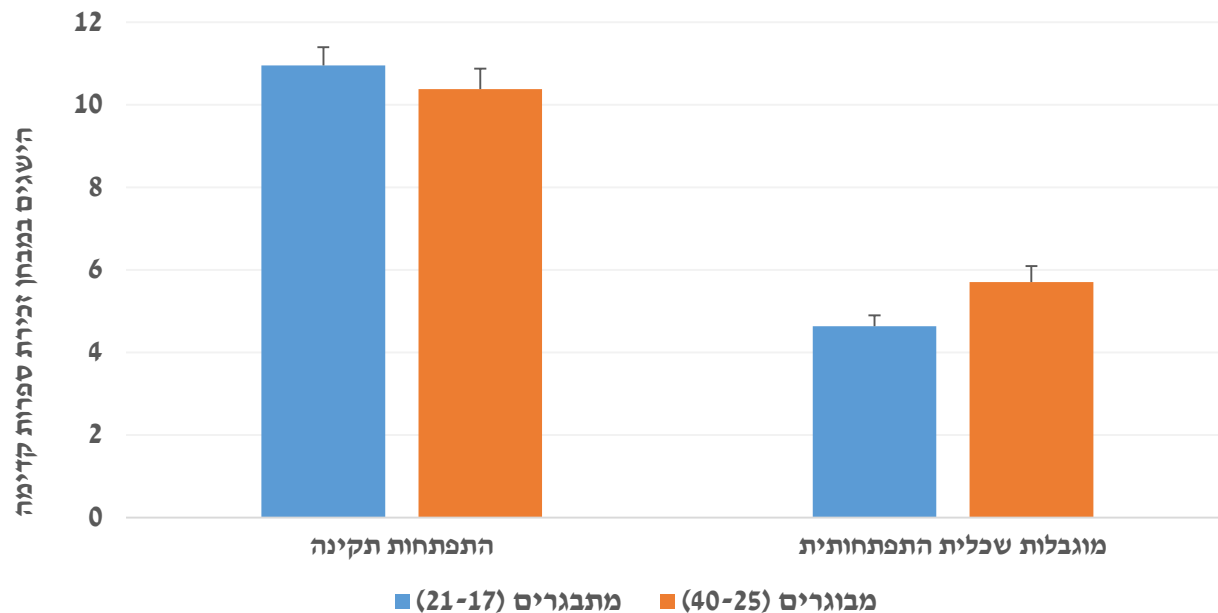
(N = 97)

F	F	F	התפתחות תקינה			מש"ה				
אינטראקציה	קבוצות	קבוצות	(n = 48)			(n = 49)				
	מחקר	גיל	טווח	SD	M	טווח	SD	M	קבוצות	שם המטלה
(1,93)	(1,93)	(1,93)							גיל	
4.12*	182.20***	.35	8-14	1.97	10.29	2-10	2.12	4.56	מתבגרים	זכירת ספרות קדימה
			3-12	2.22	9.71	2-12	2.47	4.58	מבוגרים	(טווח 0-16)
6.49*	173.22***	8.02**	4-14	2.22	7.67	0-5	2.22	2.36	מתבגרים	זכירת ספרות לאחור
			4-13	2.04	8.42	1-5	2.04	2.54	מבוגרים	(טווח 0-14)

***p < .001

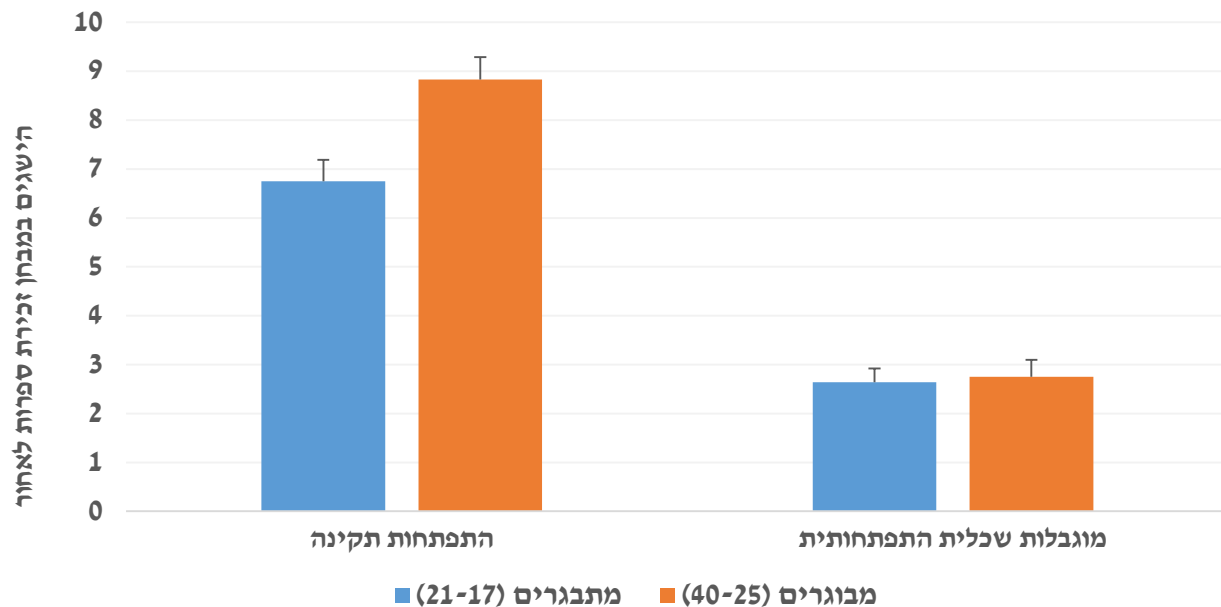
על מנת לבחון את מקור האינטראקציה באשר לשתי המטלות הבוחנות את זיכרון העבודה המילולי, נערכו מבחני t לשני מדגמים בלתי תלויים (Two independent samples t-test) לבחינת ההבדלים בין שתי קבוצות הגיל בכל אחת מקבוצות המחקר.

באשר לציונים במטלת זכירת ספרות קדימה נמצא, כי בעוד שבקרב נבדקים עם התפתחות תקינה לא קיימים הבדלים מובהקים סטטיסטית בין קבוצות הגיל, $t(46) = .87, p = .389, \text{Cohen's } d = 0.01$, קיימים הבדלים מובהקים בין קבוצות הגיל בקרב נבדקים עם מש"ה, $t(47) = -2.29, p = .026, \text{Cohen's } d = 0.28$. נמצא כי הציונים במטלת זכירת ספרות קדימה בקרב מבוגרים עם מש"ה הינם גבוהים במובהק מהציונים במבחן זה בקרב מתבגרים עם מש"ה. תרשים 2 מציג את הממוצעים ושגיאות התקן של אפקט האינטראקציה במטלת זכירת ספרות קדימה.



תרשים 2: ממוצעים (ושגיאות תקן - SE) של הציונים במטלת זכירת ספרות קדימה על פי קבוצות המחקר והגיל

באשר לציונים במטלת זכירת ספרות לאחר נמצא, כי בעוד שבקרב נבדקים עם משי"ה לא קיימים הבדלים מובהקים בין קבוצות הגיל, $t(47) = -.25, p = .806, \text{Cohen's } d = 0.08$, קיימים הבדלים מובהקים בין קבוצות הגיל בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה $t(47) = -3.27, p = .002, \text{Cohen's } d = 0.35$. נמצא, כי הציונים במטלת זכירת ספרות לאחר בקרב מבוגרים עם התפתחות תקינה הינם גבוהים במובהק מהציונים במטלה זו בקרב מתבגרים עם התפתחות תקינה. תרשים 3 מציג את הממוצעים ושגיאות התקן של אפקט האינטראקציה במטלת זכירת ספרות לאחר.



תרשים 3: ממוצעים (ושגיאות תקן - SE) של הציונים במטלת זכירת ספרות לאחר על פי קבוצות המחקר והגיל

לסיכום, בהתייחס לזיכרון העבודה המילולי, נמצא כי הציונים של נבדקים עם התפתחות תקינה גבוהים משל נבדקים עם מש"ה הן במטלת זכירת ספרות קדימה והן במטלת זכירת ספרות לאחר. בבחינת ההבדלים בין שתי קבוצות הגיל, בקרב כל אחת מקבוצות המחקר בנפרד נמצא, כי למבוגרים עם מש"ה ציונים גבוהים במטלת זכירת ספרות קדימה בהשוואה למתבגרים וכי למבוגרים עם התפתחות תקינה ציונים גבוהים במטלת זכירת ספרות לאחר בהשוואה למתבגרים.

3.1.4. זיכרון העבודה החזותי-מרחבי בזיקה לקבוצות המחקר והגיל

זיכרון עבודה חזותי-מרחבי נבדק באמצעות שתי מטלות: מטלת זכירה מרחבית קדימה ומטלת זכירה מרחבית לאחר. להלן יוצגו הממצאים:

זכירה מרחבית קדימה ולאחר בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: על מנת לבדוק האם קיימים הבדלים בציונים במטלות זכירה מרחבית קדימה ולאחר בזיקה לקבוצות המחקר והגיל, נערך מבחן ניתוח שונות MANOVA דו כיווני (2x2) (קבוצות גיל X קבוצות מחקר). נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק ביחס לקבוצות הגיל, $F(2,92) = 1.87, p = .160, \eta_p^2 = .04$. לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית ביחס לקבוצות המחקר, $F(2,92) = 140.54, p = .000, \eta_p^2 = .75$. לבסוף, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת סטטיסטית של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(2,92) = 1.04, p = .358, \eta_p^2 = .02$.

ציונים במטלת זכירה מרחבית קדימה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: ANOVA

דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי לקבוצות הגיל, $\eta_p^2 = .00$, $F(1,93) = .39$, $p = .532$. כלומר, הציונים במטלת זכירה מרחבית קדימה בקרב המבוגרים ($M = 7.15$, $SD = 3.48$) אינם שונים במובהק בהשוואה למתבגרים ($M = 7.37$, $SD = 3.53$). לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $\eta_p^2 = .61$, $F(1,93) = 147.66$, $p = .000$, כאשר הציונים במטלת זכירה מרחבית קדימה גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 10.00$, $SD = 2.09$) בהשוואה לנבדקים עם משי"ה ($M = 4.57$, $SD = 2.27$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה מובהקת סטטיסטית של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .46$, $p = .499$, $\eta_p^2 = .01$.

ציונים במטלת זכירה מרחבית לאחור בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: ANOVA

דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי לקבוצות הגיל, $\eta_p^2 = .02$, $F(1,93) = 1.78$, $p = .185$. כלומר, הציונים במטלת זכירה מרחבית לאחור בקרב המבוגרים ($M = 5.48$, $SD = 3.39$) אינם שונים במובהק בהשוואה למתבגרים ($M = 4.96$, $SD = 3.21$). לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $\eta_p^2 = .73$, $F(1,93) = 256.37$, $p = .000$, כאשר הציונים במטלת זכירה מרחבית לאחור גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 8.04$, $SD = 2.14$) בהשוואה לנבדקים עם משי"ה ($M = 2.45$, $SD = 1.17$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $\eta_p^2 = .66$, $F(1,93) = .66$, $p = .418$. לוח 5 מציג את הממוצעים, סטיות התקן, טווח הציונים וערכי ה-F במבחן זיכרון עבודה חזותי-מרחבי על פי קבוצות המחקר והגיל.

לוח 5: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחן זיכרון עבודה חזותי-מרחבי על פי קבוצות המחקר

והגיל (N = 97)

שם המטלה	קבוצות גיל	משי"ה (n = 49)			התפתחות תקינה (n = 48)			קבוצות מחקר	F (1,93)	F (1,93)	אינטראקציה (1,93)
		M	SD	טווח	M	SD	טווח				
מרחבית קדימה (טווח 0-16)	מתבגרים	4.56	2.12	2-10	10.29	1.97	8-14				
	מבוגרים	4.58	2.47	2-12	9.71	2.22	3-12		147.66***	.39	.46
מרחבית לאחור (טווח 0-16)	מתבגרים	2.36	2.22	0-5	7.67	2.22	4-14				
	מבוגרים	2.54	2.04	1-5	8.42	2.04	4-13		256.37***	1.78	.66

*** $p < .001$

לסיכום, בהתייחס לזיכרון העבודה החזותי-מרחבי נמצא כי הציונים של נבדקים עם התפתחות תקינה גבוהים משל נבדקים עם משייה. לא נמצאו הבדלים בין קבוצות הגיל בציונים במטלות הזכירה המרחבית קדימה ולאחור.

3.1.5. הזיכרון האפיזודי: מדדי מבחן ה-Rey ללמידה מילולית בזיקה לקבוצות המחקר והגיל

במחקר הנוכחי חושבו שלושת מדדי הציונים מבחן ה-Rey ללמידה מילולית: רמת למידה, אפקט השהייה ורמת היכר. ראשית, מוצגים ממצאי ניתוח השונות למדד רמת הלמידה, לאחר מכן, למדד אפקט השהייה ולבסוף לציונים של מדד רמת היכר. בסוף חלק זה מוצגת טבלה המסכמת את הממוצעים, סטיות התקן וטווח הציונים בשלושת מדדי מבחן ה-Rey ללמידה מילולית (לוח 6).

שלושת מדדי הציונים במבחן ה-Rey ללמידה מילולית חושבו באופן הבא:

- א. **רמת הלמידה** – סכום חמשת ההעברות הראשונות.
- ב. **אפקט השהייה** – ההפרש שבין ההעברה החמישית להעברה השמינית.
- ג. **רמת היכר** – ההפרש שבין ההעברה התשיעית להעברה השמינית.

הזיכרון האפיזודי על פי שלושת מדדי מבחן ה-Rey בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: על מנת לבדוק האם קיימים הבדלים בציונים בשלושת מדדי הזיכרון האפיזודי בזיקה לקבוצות המחקר והגיל, נערך מבחן ניתוח שונות MANOVA דו כיווני (2x2) (קבוצות גיל X קבוצות מחקר). בניתוח זה נמצא, כי קיים אפקט עיקרי ביחס לקבוצות הגיל, $F(3,91) = 2.95, p = .037, \eta_p^2 = .09$. כמו כן, נמצא אפקט עיקרי מובהק ביחס לקבוצות המחקר, $F(3,91) = 44.46, p = .000, \eta_p^2 = .59$. לבסוף, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(3,91) = 0.93, p = .429, \eta_p^2 = .03$.

מדד רמת הלמידה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 1.59, p = .210, \eta_p^2 = .02$. כלומר, רמת הלמידה אשר נמדדה בקרב המבוגרים ($M = 44.98, SD = 16.46$) אינה שונה במובהק בהשוואה למתבגרים ($M = 42.10, SD = 15.23$). לעומת זאת, נמצא כי קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 134.76, p = .000, \eta_p^2 = .59$, כאשר רמת הלמידה גבוהה במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 55.73, SD = 8.97$) בהשוואה לנבדקים עם משייה ($M = 31.57, SD = 11.31$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .13, p = .720, \eta_p^2 = .01$.

מדד אפקט השהייה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 6.22, p = .014, \eta_p^2 = .06$, כאשר אפקט השהייה בקרב המבוגרים ($M = 1.25, SD = 2.36$) נמוך במובהק בהשוואה למתבגרים ($M = 2.33, SD = 1.89$). לעומת זאת, לא נמצא אפקט עיקרי מובהק לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 1.17, p = .283, \eta_p^2 = .01$, כלומר אפקט השהייה בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 2.02, SD = 2.01$) אינו שונה במובהק בהשוואה לנבדקים עם משייה ($M = 1.57, SD = 2.35$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = 1.53, p = .219, \eta_p^2 = .02$.

ממצאי ניתוחים א-פרמטריים באשר למדד אפקט השהייה

ממצאי ניתוחים א-פרמטריים מסוג מאן-וויטני (Mann-Whitney) הבוחנים את ההבדלים בין שתי קבוצות הגיל בכל אחת מקבוצות המחקר בנפרד, מעידים כי קיימים הבדלים מובהקים בין קבוצות הגיל במדד אפקט השהייה בקרב נבדקים עם משייה, $U = 179.50, p = .015, r = 0.35$, כאשר מדד אפקט השהייה נמוך באופן מובהק בקרב המבוגרים ($Mdn = 1.00$) בהשוואה למתבגרים ($Mdn = 2.00$). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שתי קבוצות הגיל במדד אפקט השהייה בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה, $U = 250.00, p = .433, r = 0.11$ ($Mdn = 2.00$ עבור קבוצת המתבגרים ו- $Mdn = 1.50$ עבור קבוצת המבוגרים).

מדד רמת היכר בזיקה לקבוצות המחקר והגיל: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 3.69, p = .050, \eta_p^2 = .04$, כאשר מדד רמת היכר בקרב המבוגרים ($M = 3.71, SD = 3.29$) נמוך במובהק בהשוואה למתבגרים ($M = 4.90, SD = 3.58$). כמו כן, נמצא אפקט עיקרי מובהק לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 36.27, p = .000, \eta_p^2 = .28$, כאשר מדד רמת היכר נמצא נמוך במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 2.48, SD = 2.31$) בהשוואה לנבדקים עם משייה ($M = 6.10, SD = 3.51$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .03, p = .855, \eta_p^2 = .00$. לוח 6 מציג את הממוצעים, סטיות התקן, טווח הציונים וערכי ה-F בשלושת מדדי מבחן ה-Rey.

לוח 6: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במדדי מבחן ה-Rey המילולי (N = 97)

שם המדד	קבוצות גיל	מש"ה (n = 49)			התפתחות תקינה (n = 48)			F קבוצות גיל (1,93)	F קבוצות מחקר (1,93)	F אינטראקציה (1,93)
		M	SD	טווח	M	SD	טווח			
רמת למידה	מתבגרים	29.92	8.30	13-43	54.79	9.11	37-72			
(סכום 5 ההעברות ראשונות)	מבוגרים	33.29	13.74	14-60	56.67	8.92	36-69	1.59	134.76***	.13
אפקט השתייה	מתבגרים	2.36	1.80	(-1)-6	2.29	2.01	0-6	6.22*	1.17	1.53
(העברה 5 פחות 8)	מבוגרים	0.75	2.61	(-6)-7	1.75	2.01	(-2)-7			
רמת היכר (העברה 9 פחות 8)	מתבגרים	6.72	3.63	0-13	3.00	2.38	0-7	3.69*	36.27***	.03
	מבוגרים	5.46	3.34	0-7	1.96	2.16	0-9			
זיהוי שגוי	מתבגרים	7.16	8.91	0-35	0.54	0.88	0-3	3.14	22.92***	3.14
	מבוגרים	3.58	3.55	0-12	0.54	1.91	0-9			

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

באשר למדד רמת היכר, עלולה להיות הטיה במדד זה לאור ניחוש של נבדקים. בשלב המודד את רמת היכר הוקראו לנבדק 50 מילים ועל הנבדק היה לזהות 15 המילים מתוך הרשימה הראשונה. יתכן כי נבדק יעיד על כל 50 מילים כי הוא מזהה אותן כמילים אשר הופיעו ברשימה. במצב כזה תמצא רמת היכר גבוהה מאד של הנבדק וינתן לו ציון 15 בהעברה התשיעית של מבחן ה-Rey, על אף ש-35 המילים האחרות אשר לא הופיעו ברשימה היו מבחינת הנבדק כניחוש. על מנת לנטרל הטיה זו, חושב מדד נוסף ובו נספרו כמות המילים בהם הנבדק העיד כי הן מופיעות ברשימה הראשונה, אך לא הופיעו בה קודם לכן. כלומר, הנבדק ענה "כן" (המילה מופיעה ברשימה), אך מילה זו לא הופיעה בה. מדד זה נקרא בלוח 6 בשם "זיהוי שגוי".

על מנת לבחון האם קיימים הבדלים בין קבוצות המחקר והגיל במידת הזיהוי השגוי נערך ניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2). המשתנים הבלתי תלויים הינם קבוצות המחקר וקבוצות הגיל. המשתנה התלוי הינו מידת הזיהוי השגוי. נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 3.14$, $\eta_p^2 = .03$, $p = .080$. כלומר, מידת הזיהוי השגוי בקרב המבוגרים ($M = 2.06$, $SD = 3.21$) אינה שונה במובהק בהשוואה למידת הזיהוי השגוי בקרב המתבגרים ($M = 3.92$, $SD = 7.16$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 22.92$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .20$, כאשר מידת הזיהוי השגוי נמצאה נמוכה

באופן מובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 0.54, SD = 1.47$) בהשוואה לנבדקים עם מש"ה ($M = 5.41, SD = 7.00$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = 3.14, p = .080, \eta^2 = .03$ (לוח 6).

מעבר לניתוחי השונות הבוחנים את הציונים בשלושת מדדי מבחן ה-Rey המילולי בשתי קבוצות המחקר והגיל, חשוב לבחון האם מדד אפקט השהייה של הנבדקים המשתייכים לכל אחת מקבוצות הגיל הינו מובהק ושונה מהערך 0. שוני מובהק של ציוני מדד אפקט השהייה מהערך 0 מראה כי לנבדק ציונים המעידים על אפקט השהייה מובהק. למשל: בחישוב ציוני מדד אפקט השהייה בוצעה החסרה של מספר המילים שהנבדק זכר בהעברה השמינית ממספר המילים שהנבדק זכר בהעברה החמישית. אם הנבדק זכר בהעברה השמינית 6 מילים ובהעברה החמישית גם זכר 6 מילים, אזי ההפרש בין שתי ההעברות אלו הינו 0 והנתונים מעידים כי ציוני הנבדק לא העידו על אפקט השהייה מובהק של רשימת המילים אשר הוצגה בפניו.

על מנת לבחון את השוני של ציוני מדד אפקט ההשהייה מהערך 0 נערכו מבחני t למדגם בודד (One sample t-test) בכל אחת מקבוצות המחקר והגיל. לוח 7 מציג את ערכי t של השוני מהערך 0 של מדד אפקט השהייה בכל קבוצת מחקר וגיל.

לוח 7: ערכי ה-t של השוני של מדד אפקט ההשהייה מהערך 0 בכל קבוצת מחקר וגיל

קבוצות המחקר			
התפתחות תקינה (n = 48)		מש"ה (n = 49)	
מבוגרים (df = 23)	מתבגרים (df = 23)	מבוגרים (df = 23)	מתבגרים (df = 24)
4.27***	5.58***	1.41	6.56***
מדד אפקט ההשהייה			

*** $p < .001$

מהתבוננות בלוח 7 ניתן לראות, כי שתי קבוצות הגיל בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה הציגו ציונים של אפקט השהייה מובהק. ציונים אלה מעידים על ירידה מובהקת במספר המילים אשר נזכרו מההעברה החמישית להעברה השמינית שבה נתבקשו הנבדקים לחזור על רשימת המילים מהרשימה הראשונה לאחר עיכוב של 20 דקות. אפקט השהייה מובהק נמצא גם בקרב המתבגרים עם מש"ה, אך לא בקרב מבוגרים. כלומר, התקיימה ירידה מובהקת במספר המילים אשר נזכרו מההעברה החמישית להעברה השמינית שבה נתבקשו הנבדקים לחזור על רשימת המילים מהרשימה הראשונה לאחר עיכוב של 20 דקות רק בקרב מתבגרים עם מש"ה. לוח 8 מציג את הממוצעים וסטיות התקן של הציונים בכל אחת מתשע ההעברות של מבחן ה-Rey המילולי על פי קבוצות המחקר והגיל.

לוח 8: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים בתשע ההעברות של מבחן ה-Rey המילולי (N = 97)

התפתחות תקינה			מש"ה			קבוצות גיל	שם המבחן
(n = 48)			(n = 49)				
SD	M	טווח	SD	M	טווח		
1.99	6.96	3-12	1.30	3.76	1-6	מתבגרים	העברה ראשונה
1.76	7.17	4-11	2.59	4.46	1-9	מבוגרים	
2.72	9.46	4-15	1.85	5.52	2-10	מתבגרים	העברה שניה
1.97	10.33	713	2.74	5.96	3-12	מבוגרים	
2.08	11.63	815	2.13	6.04	2-11	מתבגרים	העברה שלישית
2.12	12.17	7-15	3.04	7.00	3-14	מבוגרים	
1.88	13.17	9-15	2.17	6.88	3-10	מתבגרים	העברה רביעית
1.99	13.33	8-15	3.04	7.87	2-13	מבוגרים	
1.77	13.58	9-15	2.51	7.72	3-12	מתבגרים	העברה חמישית
2.44	13.67	7-15	3.43	8.00	3-15	מבוגרים	
2.25	7.13	3-14	1.41	3.40	1-6	מתבגרים	העברה שישית
2.44	6.00	1-11	2.34	4.25	0-10	מבוגרים	
2.42	11.13	7-15	3.55	4.96	0-13	מתבגרים	העברה שביעית
2.38	11.79	5-15	3.43	6.79	0-14	מבוגרים	
2.44	11.29	7-15	3.16	5.36	0-12	מתבגרים	העברה שמינית
2.55	11.92	5-15	3.60	7.25	0-13	מבוגרים	
1.12	14.29	11-15	3.01	12.08	4-15	מתבגרים	העברה תשיעית
1.39	13.88	10-15	2.68	12.71	8-15	מבוגרים	

לסיכום, בהתייחס לזיכרון האפיזודי נמצא, כי הציונים של נבדקים עם התפתחות תקינה גבוהים משל נבדקים עם מש"ה במבחן ה-Rey ללמידה מילולית, בשלושת המדדים: רמת למידה, אפקט השהייה ורמת היכר. בבחינת ההבדלים בין קבוצות הגיל: באוכלוסייה עם מש"ה נמצא אפקט השהייה מובהק בקרב מתבגרים, אך לא בקרב מבוגרים. הממצאים מעידים כי רק בקרב נבדקים מתבגרים ומבוגרים עם התפתחות תקינה ובקרב מתבגרים עם מש"ה התקיימה ירידה מובהקת במספר המילים אשר נזכרו לאחר עיכוב של 20 דקות. ירידה דומה לא נמצאה בקרב קבוצת המבוגרים עם מש"ה. במדדים רמת למידה ורמת היכר לעומת זאת, לא נמצאו הבדלים בין קבוצות הגיל. בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה לא נמצאו הבדלים בין קבוצות הגיל בציונים בשלושת המדדים.

3.2. חלק ב': נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40)

בחלק זה נבדקו ההבדלים על-פי קבוצות המחקר (מש"ה והתפתחות תקינה) והגיל (17-21, 25-40) בשני רכיבים של הכושר המוזיקלי: כושר טונלי (באשר לצליל) וכושר ריתמי (באשר לקצב). שני רכיבים אלו נבדקו באמצעות שישה מבחנים, מתוכם שלושה מבחני כושר טונלי (מבחן צליל, מבחן דימוי מלודיה ומבחן דימוי הרמוניה) ושלושה מבחני כושר ריתמי (מבחן מקצב, מבחן דימוי מפתח ומבחן דימוי משקל). בשני רכיבי הכושר המוזיקלי השונים נערכו ניתוח שונות דו כיווניים (2x2) מסוג MANOVA כאשר המשתנים הבלתי תלויים הינם: קבוצות המחקר וקבוצות הגיל והמשתנים התלויים היו (א) ההישגים במבחני הכושר המוזיקלי; ו-(ב) מדד ה- d' (prime). יש לציין, כי במבחן צליל ובשלושת מבחני הכושר הריתמי התשובה היא "שווה" או "שונה"; במבחן דימוי מלודיה ובמבחן דימוי הרמוניה התשובה היא "דומה" או "שונה". כאמור בפרק הכללים, להלן הסבר קצר על המדדים המהווים את המשתנים התלויים במבחני הכושר המוזיקלי:

- **מדד ההישגים** הינו הציון של הנבדק במבחני הכושר המוזיקלי השונים. הציון נע בין 0 (הנבדק לא ענה נכונה על אף אחד מתוך 15 פריטי המבחן) לבין 15 (הנבדק ענה נכונה "שווה/דומה" או "שונה" על כל 15 פריטי המבחן).
- **מדד ה- d' (d prime)** הינו היחס בין מספר התשובות הנכונות (Hit) לבין מספר התשובות השגויות (False Alarm - FA). מדד ה-Hit המרכיב את מדד ה- d' הינו כמות הפריטים בה הנבדק ענה נכונה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שווה/דומה". מדד ה-FA המרכיב את מדד ה- d' הינו כמות הפריטים בה הנבדק ענה שגיאה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שונה". מדד זה נבנה על מנת לבחון האם הנבדקים בקבוצות המחקר ובקבוצות הגיל השונות עברו רמת ניחוש. מדד זה הינו חשוב מכיוון שמדד התשובות הנכונות (Hit) עלול לכלול הטיה למתן ציון גבוה לנבדק אשר ניחש על כלל פריטי המבחן תשובה זהה, למשל: ענה על הכול "שווה".

טרם לבחינת ההבדלים במבחנים המודדים את הכושר המוזיקלי בכל אחד משני הרכיבים שנבדקו (טונליות וריתמוס), נערכו שני מבחני ניתוח שונות ANOVA דו כיווניים (2x2) לבחינת ההבדלים בכושר המוזיקלי (מדד כללי) כתלות בקבוצות המחקר והגיל. ניתוח אחד נערך עבור מדד ההישגים והניתוח השני עבור מדד ה-d'.

3.2.1. הכושר המוזיקלי (מדד כללי) בזיקה לקבוצות המחקר והגיל

מדד ההישגים ומדד ה-d' של הכושר המוזיקלי (מדד כללי) נבנו כממוצע כללי של מבחני הכושר המוזיקלי. להלן הממצאים של שני ניתוחי השונות:

הכושר המוזיקלי (מדד כללי) בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ההישגים: בניתוח שונות מסוג

ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .00, p = .999, \eta_p^2 = .00$. כלומר, הציונים במבחני הכושר המוזיקלי (מדד כללי) בקרב המבוגרים ($M = 10.74, SD = 2.03$) אינם שונים במובהק בהשוואה לציונים בקרב המתבגרים ($M = 10.71, SD = 1.86$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 135.82, p = .000, \eta_p^2 = .59$, כאשר הציונים במבחני הכושר המוזיקלי נמצאו גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 12.22, SD = 1.09$) בהשוואה לנבדקים עם מש"ה ($M = 9.25, SD = 1.38$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .30, p = .587, \eta_p^2 = .00$.

הכושר המוזיקלי (מדד כללי) בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ה-d': בניתוח שונות מסוג

ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .00, p = .977, \eta_p^2 = .00$. כלומר, מדד ה-d' במבחני הכושר המוזיקלי בקרב המבוגרים ($M = 1.59, SD = 1.04$) אינו שונה במובהק בהשוואה למדד ה-d' בקרב המתבגרים ($M = 1.58, SD = 1.01$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 110.56, p = .000, \eta_p^2 = .54$, כאשר מדד ה-d' במבחני הכושר המוזיקלי נמצא גבוה במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 2.36, SD = 0.74$) בהשוואה לנבדקים עם מש"ה ($M = 0.83, SD = 0.68$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של שתי קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .21, p = .647, \eta_p^2 = .00$. לוח 9 מציג את הממוצעים, סטיות התקן וטווח של מדד ההישגים ומדד ה-d' במדד הכללי של הכושר המוזיקלי.

לוח 9: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של מדד ההישגים ומדד ה- d' במדד הכללי של הכושר המוזיקלי
($N = 97$)

שם המדד	קבוצות גיל	מש"ה			התפתחות תקינה			F	קבוצות מחקר	F	קבוצות גיל	F	אינטראקציה
		(n = 49)			(n = 48)								
		SD	טווח	M	SD	טווח	M						
הישגים (0-15)	מתבגרים	9.32	1.30	7.33-12.50	12.15	1.09	9.50-14.00	.59	135.82***	.00			
	מבוגרים	9.18	1.48	7.17-13.17	12.29	1.11	10.00-14.17						
מדד d'	מתבגרים	0.86	0.68	0-2.88	2.32	0.72	1.33-3.80	.21	110.56***	.00			
	מבוגרים	0.80	0.70	(-0.16)-2.78	2.40	0.77	1.07-3.79						

*** $p < .001$

לסיכום, מהממצאים עולה כי הן מדד ההישגים והן מדד ה- d' הינם גבוהים יותר במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה בהשוואה לנבדקים עם מש"ה בכושר המוזיקלי. כלומר, לנבדקים עם התפתחות תקינה היו ציונים גבוהים יותר והם ניחשו פחות במבחני הכושר המוזיקלי במדד הכללי.

מעבר להבדלים בין קבוצות המחקר, חשוב היה לבחון האם שתי קבוצות הגיל בשתי קבוצות המחקר עברו רמת ניחוש במדד הכללי של הכושר המוזיקלי. מעבר רמת ניחוש מתרחש כאשר מדד ה- d' שונה מהערך 0 באופן מובהק. ערך ה- d' שווה לערך 0 כאשר מדד ה-Hit ומדד ה-FA של הנבדקים זהה. כלומר, מספר התשובות הנכונות ומספר התשובות השגויות הינו זהה ומכאן היחס ביניהם הינו 0. על מנת לבחון האם ערך ה- d' שונה מהערך 0, נערכו מבחני t למדגם בודד (One sample t-test) בכל אחת מקבוצות המחקר והגיל. נמצא, כי בשתי קבוצות הגיל של נבדקים עם מש"ה ($t(24) = 6.34, p < .001$) עבור המתבגרים וכן ($t(23) = 5.59, p < .001$) עבור המבוגרים) ובשתי קבוצות הגיל של נבדקים עם התפתחות תקינה ($t(23) = 15.71, p < .001$) עבור המתבגרים וכן ($t(23) = 15.30, p < .001$) עבור המבוגרים) עברו רמת ניחוש במדד הכללי של הכושר המוזיקלי.

3.2.2. הכושר הטונלי בזיקה לקבוצות המחקר והגיל

הכושר הטונלי (באשר לצלילים) נבדק באמצעות שלושה מבחנים: מבחן צליל, מבחן דימוי מלודיה ומבחן דימוי הרמוניה. להלן פירוט הממצאים במבחנים אלו באשר למדד ההישגים ומדד ה- d' :

מבחן צליל, מבחן דימוי מלווה ומבחן דימוי הרמוניה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ההישגים

על מנת לבדוק האם קיימים הבדלים בציונים במבחן צליל, מבחן דימוי מלווה ומבחן דימוי הרמוניה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל, נערך מבחן ניתוח שונות MANOVA דו כיווני (2x2) (קבוצות גיל X קבוצות מחקר). בניתוח זה נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית ביחס לקבוצות הגיל, $F(3,91) = .76, p = .516, \eta_p^2 = .02$. לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית ביחס לקבוצות המחקר, $F(3,91) = 35.00, p = .000, \eta_p^2 = .54$. לבסוף, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(3,91) = .75, p = .522, \eta_p^2 = .02$.

מבחן צליל בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ההישגים: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 1.45, p = .232, \eta_p^2 = .01$. כלומר, הציונים במבחן צליל בקרב המבוגרים ($M = 11.83, SD = 2.92$) אינם שונים במובהק בהשוואה לציונים במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 12.29, SD = 2.47$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 82.31, p = .000, \eta_p^2 = .47$. כאשר הציונים במבחן צליל גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 13.90, SD = 1.46$) בהשוואה לנבדקים עם משי"ה ($M = 10.27, SD = 2.41$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = 2.30, p = .133, \eta_p^2 = .02$.

מבחן דימוי מלווה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ההישגים: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .05, p = .824, \eta_p^2 = .00$. כלומר, הציונים במבחן דימוי מלווה בקרב המבוגרים ($M = 10.00, SD = 2.59$) אינם שונים במובהק בהשוואה לציונים במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 9.88, SD = 2.59$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 65.84, p = .000, \eta_p^2 = .41$. כאשר הציונים במבחן דימוי מלווה נמצאו גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 11.60, SD = 2.19$) בהשוואה לנבדקים עם משי"ה ($M = 8.31, SD = 1.76$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .24, p = .623, \eta_p^2 = .00$.

מבחן דימוי הרמוניה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ההישגים: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .50, p = .480, \eta_p^2 = .01$. כלומר, הציונים במבחן דימוי הרמוניה בקרב המבוגרים ($M = 9.46, SD = 2.22$) אינם שונים במובהק בהשוואה לציונים במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 9.71, SD = 1.68$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 12.85, p = .001, \eta_p^2 = .12$. כאשר הציונים במבחן דימוי הרמוניה נמצאו גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 10.27, SD = 2.09$) בהשוואה לנבדקים עם

מש"ה ($M = 8.92, SD = 1.58$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .00$, $\eta_p^2 = .00$, $p = .706$, $p = .14$. לוח 10 מציג את הממוצעים, סטיות התקן, טווח הציונים וערכי ה-F של הציונים במבחני הכושר הטונלי על פי קבוצות המחקר והגיל.

לוח 10: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של הציונים במבחני הכושר הטונלי ($N = 97$)

שם המבחן	קבוצות גיל	מש"ה			התפתחות תקינה			קבוצות גיל	קבוצות מחקר	F	F	F
		(n = 49)			(n = 48)							
		טווח	SD	M	טווח	SD	M					
מבחן צליל	מתבגרים	10.80	2.25	7-15	13.83	1.58	9-15	1.45	82.31***	2.30		
	מבוגרים	9.71	2.48	6-14	13.96	1.37	10-15					
דימוי מלודיה	מתבגרים	8.36	1.63	5-12	11.46	2.47	4-15	.05	65.84***	.24		
	מבוגרים	8.25	1.92	5-13	11.75	1.92	9-15					
דימוי הרמוניה	מתבגרים	9.12	1.59	6-13	10.33	1.58	7-12	.50	12.85***	.14		
	מבוגרים	8.71	1.57	5-12	10.21	2.54	6-14					

*** $p < .001$

לסיכום, מהממצאים עולה כי הציונים במבחני הכושר הטונלי הינם גבוהים יותר במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה בהשוואה לנבדקים עם מש"ה בשלושת המבחנים המודדים את הכושר הטונלי.

מבחן צליל, דימוי מלודיה ודימוי הרמוניה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ה-d'

על מנת לבדוק האם קיימים הבדלים במדד ה-d' בציונים במבחן צליל, דימוי מלודיה ודימוי הרמוניה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל, נערך מבחן ניתוח שונות MANOVA דו כיווני (2×2) (קבוצות גיל X קבוצות מחקר). בניתוח זה נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית ביחס לקבוצות הגיל, $F(3,91) = 1.05$, $p = .03$, $\eta_p^2 = .373$. לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית ביחס לקבוצות המחקר, $F(3,91) = 30.64$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .50$. לבסוף, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(3,91) = .02$, $\eta_p^2 = .633$, $p = .57$.

מבחן צליל בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ה-d': ניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2×2)

נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 1.65$, $p = .202$, $\eta_p^2 = .02$. כלומר, מדד ה-d' במבחן צליל בקרב המבוגרים ($M = 2.38, SD = 1.74$) אינו שונה במובהק בהשוואה למדד ה-d' במבחן זה

בקרב המתבגרים ($M = 2.70, SD = 1.55$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 61.29, p = .000, \eta_p^2 = .40$, כאשר מדד ה- d' במבחן צליל נמצא גבוה במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 3.58, SD = 1.22$) בהשוואה לנבדקים עם משייה ($M = 1.53, SD = 1.37$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = 1.49, p = .225, \eta_p^2 = .02$.

מבחן דימוי מלווה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ה- d' : ניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .22, p = .638, \eta_p^2 = .00$. כלומר, מדד ה- d' במבחן דימוי מלווה בקרב המבוגרים ($M = 1.18, SD = 1.32$) אינו שונה במובהק בהשוואה למדד ה- d' במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 1.28, SD = 1.43$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 40.40, p = .000, \eta_p^2 = .30$, כאשר מדד ה- d' במבחן דימוי מלווה נמצא גבוה במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 1.98, SD = 1.25$) בהשוואה לנבדקים עם משייה ($M = 0.49, SD = 1.05$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .60, p = .441, \eta_p^2 = .01$.

מבחן דימוי הרמוניה בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ה- d' : ניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .97, p = .326, \eta_p^2 = .01$. כלומר, מדד ה- d' במבחן דימוי הרמוניה בקרב המבוגרים ($M = 0.92, SD = 1.21$) אינו שונה במובהק בהשוואה למדד ה- d' במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 0.71, SD = 1.03$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 28.32, p = .000, \eta_p^2 = .23$, כאשר מדד ה- d' במבחן דימוי הרמוניה נמצא גבוה במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 1.35, SD = 1.08$) בהשוואה לנבדקים עם משייה ($M = 0.28, SD = 0.88$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .03, p = .868, \eta_p^2 = .00$. לוח 11 מציג את הממוצעים, סטיות התקן, טווח הציונים וערכי ה-F במדד ה- d' של מבחני הכושר הטונלי על פי קבוצות המחקר והגיל.

לוח 11: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של מדד ה- d' במבחני הכושר הטונלי ($N = 97$)

שם המבחן	קבוצות גיל	מש"ה			התפתחות תקינה			F קבוצות מחקר (1,93)	F קבוצות (1,93)	F אינטראקציה (1,93)
		(n = 49)			(n = 48)					
		טווח	SD	M	טווח	SD	M			
מבחן צליל	מתבגרים	1.85	1.33	(-0.41)-4.65	3.58	1.26	0.18-4.65	1.65	61.29***	1.49
	מבוגרים	1.20	1.35	(-0.77)-3.45	3.57	1.20	1.08-4.65			
דימוי מלודיה	מתבגרים	0.63	1.21	(-1.25)-4.65	1.95	1.35	(-1.23)-4.65	.22	40.40***	.60
	מבוגרים	0.34	0.85	(-0.89)-3.00	2.02	1.17	0.55-4.65			
דימוי הרמוניה	מתבגרים	0.20	1.00	(-1.89)-2.77	1.24	0.76	0.00-2.77	.97	28.32***	.03
	מבוגרים	0.37	0.73	(-1.10)-1.73	1.47	1.34	(-0.80)-3.55			

*** $p < .001$

לסיכום, מהממצאים עולה כי מדד ה- d' הינו גבוה יותר במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה בהשוואה לנבדקים עם מש"ה בשלושת המבחנים המודדים את הכושר הטונלי. כלומר, נבדקים עם התפתחות תקינה היו בעלי כושר טונלי גבוה יותר וניחשו פחות במבחנים.

מעבר להבדלים בין קבוצות המחקר, חשוב לבחון האם שתי קבוצות הגיל בשתי קבוצות המחקר עברו רמת ניחוש במבחני הכושר הטונלי. מעבר רמת ניחוש מתרחש כאשר מדד ה- d' שונה מהערך 0 באופן מובהק. ערך ה- d' שווה לערך 0 כאשר מדד ה-Hit ומדד ה-FA של הנבדקים זהה. כלומר, מספר התשובות הנכונות ומספר התשובות השגויות הינו זהה ומכאן היחס ביניהם הינו 0. על מנת לבחון האם ערך ה- d' שונה מהערך 0, נערכו מבחני t למדגם בודד (One sample t-test) לכל אחד משלושת המבחנים של הכושר הטונלי בכל אחת מקבוצות המחקר והגיל. לוח 12 מציג את ערכי ה-t של השוני של שלושת מדדי ה- d' של מבחני הכושר הטונלי מהערך 0 בכל קבוצת מחקר וגיל.

לוח 12: ערכי ה- t של השוני של שלושת מדדי ה- d' של מבחני הכושר הטונלי מהערך 0 בכל קבוצת מחקר

וגיל				
קבוצות המחקר				
מש"ה		התפתחות תקינה		
(n = 49)		(n = 48)		
שם המבחן	מתבגרים	מבוגרים	מתבגרים	מבוגרים
	(df = 24)	(df = 23)	(df = 23)	(df = 23)
מבחן צליל	6.95***	4.36***	13.95***	14.55***
דימוי מלודיה	2.61*	1.96	7.05***	8.47***
דימוי הרמוניה	1.01	2.46*	8.02***	5.36***

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

מהתבוננות בלוח 12 ניתן לראות, כי הן המתבגרים והן המבוגרים עם התפתחות תקינה עברו רמת ניחוש בשלושת מבחני הכושר הטונלי. על אף מדד ה- d' הנמוך במובהק בקרב נבדקים עם מש"ה בהשוואה לנבדקים עם התפתחות תקינה, גם נבדקים עם מש"ה עברו רמת ניחוש בשני מבחנים של כושר טונלי מתוך שלושה שנערכו. מתבגרים עם מש"ה עברו רמת ניחוש במבחן צליל דימוי מלודיה. מבוגרים עם מש"ה עברו רמת ניחוש במבחן צליל ובמבחן דימוי הרמוניה. ראוי לציין מדד ה- d' במבחן דימוי מלודיה בקרב מבוגרים עם מש"ה קרוב למובהקות בשוני שלו מהערך 0 ($p = .062$). כמו כן, ראוי לציין כי הממצאים המוצגים בלוח 12 מעידים כי גם נבדקים עם מש"ה עברו רמת ניחוש בשתי קבוצות הגיל, אך כפי שניתן לראות בלוח 11 לעיל, ההבדלים בין שתי קבוצות הגיל לא הגיעו לכדי מובהקות סטטיסטית בקרב שתי קבוצות המחקר.

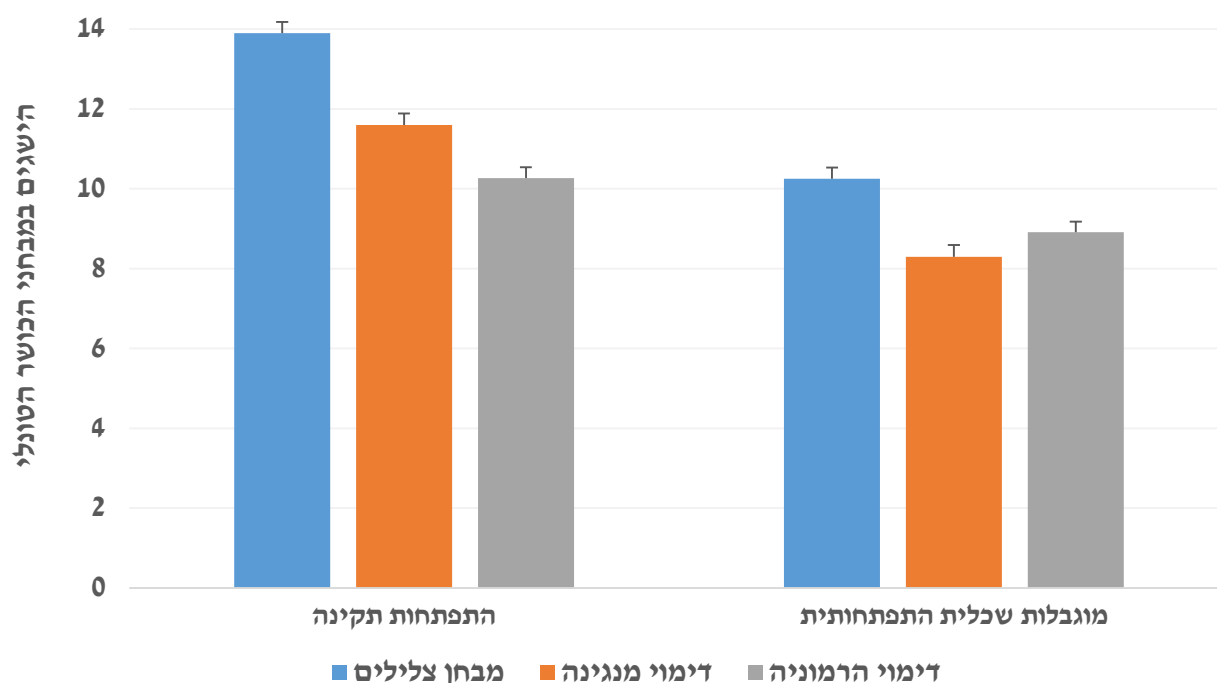
הבדלים במדד ההישגים בכושר הטונלי בזיקה לקבוצות המחקר, קבוצות הגיל וסוג המטלה הטונלית

על מנת לבחון יותר לעומק האם קיימים הבדלים במדד ההישגים בקבוצות המחקר והגיל כתלות במבחני הכושר הטונלי, נערך מבחן ניתוח שונות תלת כיווני ($3 \times 2 \times 2$) עם מדידות חוזרות (Three way mixed ANOVA). המשתנים הבלתי תלויים הינם קבוצות הגיל וקבוצות המחקר (בין נבדקי) וסוג המבחן של הכושר הטונלי (מבחן צליל, מבחן דימוי מלודיה, מבחן דימוי הרמוניה - תוך נבדקי). המשתנה התלוי הינו הישגי הנבדקים במבחנים אלו. ניתוח זה נערך בנוסף על מנת לבחון האם קיימים הבדלים בקבוצות המחקר והגיל בהישגים במבחני הכושר הטונלי.

נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית ביחס לגיל, $F(1,93) = .60$, $p = .442$, $\eta_p^2 = .01$. לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק ביחס לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 93.97$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .50$, כאשר ממוצע ההישגים בשלושת מבחני הכושר הטונלי גבוה במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 11.92$, $SD = 1.35$) בהשוואה לנבדקים עם מש"ה ($M = 9.16$, $SD = 1.46$). לבסוף, קיים אפקט עיקרי מובהק לסוג

מבחן הכושר הטונלי, $F(2,92) = 67.44$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .59$. בבדיקת המשך מסוג Bonferroni נמצא כי ממוצע הישגי הנבדקים במבחן צליל ($M = 12.06$, $SD = 2.70$) גבוה מממוצע ההישגים של הנבדקים במבחן דימוי מלוזיה ובמבחן דימוי הרמוניה ($M = 9.94$, $SD = 2.58$ וכן $M = 9.59$, $SD = 1.96$), בהתאמה ($p = .000$).

בבחינת האינטראקציות הזוגיות נמצא, כי קיימת אינטראקציה מובהקת בין קבוצות המחקר X סוג מבחן הכושר הטונלי, $F(2,92) = 11.97$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .21$. ניתוחי המשך מסוג Bonferroni לבחינת ההבדלים בין סוגי מבחני הכושר הטונלי בכל קבוצת מחקר בנפרד נמצא, כי בשתי קבוצות המחקר ממוצע ההישגים במבחן צליל גבוה במובהק בהשוואה למבחנים דימוי מלוזיה ודימוי הרמוניה ($p = .000$), אך בעוד שבקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ממוצע ההישגים במבחן דימוי מלוזיה גבוה במובהק בהשוואה למבחן דימוי הרמוניה ($p = .001$), לא נמצאו הבדלים בין שני מבחנים אלו בקרב נבדקים עם משי"ה ($p = .248$). תרשים 4 מציג את הממוצעים ושגיאות התקן של אפקט האינטראקציה של ההישגים במבחני הכושר הטונלי על פי קבוצות המחקר וסוג מבחן הכושר המוזיקלי.



תרשים 4: ממוצעים (ושגיאות תקן - SE) של הישגי הנבדקים במבחני הכושר הטונלי על פי קבוצות המחקר וסוגי המבחנים של הכושר הטונלי

שתי האינטראקציות הזוגיות של קבוצות הגיל X סוג מבחן הכושר הטונלי, $F(2,92) = .84, p = .436$, $\eta_p^2 = .02$ ושל קבוצות הגיל X קבוצות המחקר, $F(1,93) = 1.24, p = .269, \eta_p^2 = .01$ לא נמצאו מובהקות. לבסוף, האינטראקציה המשולשת קבוצות הגיל X קבוצות המחקר X סוג המבחן, $F(2,92) = .60, p = .548$, $\eta_p^2 = .01$ לא נמצאה מובהקת.

לסיכום, מהממצאים עולה כי הן מדד ההישגים והן מדד ה- d' הינם גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה בהשוואה לנבדקים עם מש"ה בשלושת מבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, דימוי מלודיה ודימוי הרמוניה). כלומר, נבדקים עם התפתחות תקינה היו בעלי כושר טונלי גבוה יותר וניחשו פחות במבחנים. בשתי קבוצות המחקר ההישגים במבחן צליל גבוהים במובהק בהשוואה למבחנים דימוי מלודיה ודימוי הרמוניה. אך בעוד שבקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ההישגים במבחן דימוי מלודיה גבוהים בהשוואה לציונים במבחן דימוי הרמוניה, לא נמצאו הבדלים בין שני מבחנים אלו בקרב נבדקים עם מש"ה.

3.2.3. הכושר הריתמי בזיקה לקבוצות המחקר והגיל

הכושר הריתמי (באשר לקצב) נבדק באמצעות שלושה מבחנים: מבחן מקצב, מבחן דימוי מפעם ומבחן דימוי משקל. להלן פירוט הממצאים במבחנים אלו באשר למדד ההישגים ומדד ה- d' :

מבחן מקצב, מבחן דימוי מפעם ומבחן דימוי משקל בזיקה לקבוצות המחקר והגיל -

מדד ההישגים

על מנת לבדוק האם קיימים הבדלים בציונים במבחן מקצב, דימוי מפעם ודימוי משקל בזיקה לקבוצות המחקר והגיל, נערך מבחן ניתוח שונות MANOVA דו כיווני (2x2) (קבוצות גיל X קבוצות מחקר). ניתוח זה נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק ביחס לקבוצות הגיל, $F(3,91) = .74, p = .530, \eta_p^2 = .02$. לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות המחקר, $F(3,91) = 41.03, p = .000, \eta_p^2 = .57$. לבסוף, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת סטטיסטית של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(3,91) = .23, p = .873, \eta_p^2 = .01$.

מבחן מקצב בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ההישגים: ניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני

(2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 1.19, p = .278, \eta_p^2 = .01$. כלומר, הציונים במבחן מקצב בקרב המבוגרים ($M = 11.29, SD = 2.40$) אינם שונים במובהק בהשוואה לציונים במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 10.86, SD = 2.59$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 87.79, p = .000, \eta_p^2 = .49$, כאשר הציונים במבחן מקצב גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 12.86, SD = 2.59$) בהשוואה לנבדקים עם מש"ה ($M = 9.37, SD = 2.02$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .15, p = .702, \eta_p^2 = .00$.

מבחן דימוי מפעם בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ההישגים: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .04, p = .847, \eta_p^2 = .00$. כלומר, הציונים במבחן דימוי מפעם בקרב המבוגרים ($M = 10.85, SD = 2.50$) אינם שונים במובהק בהשוואה לציונים במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 9.39, SD = 2.03$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 57.27, p = .000, \eta_p^2 = .38$. כאשר הציונים במבחן דימוי מפעם נמצאו גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 12.40, SD = 1.84$) בהשוואה לנבדקים עם משי"ה ($M = 9.39, SD = 2.03$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה מובהקת סטטיסטית של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .29, p = .590, \eta_p^2 = .00$.

מבחן דימוי משקל בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ההישגים: בניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2) נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .82, p = .368, \eta_p^2 = .00$. כלומר, הציונים במבחן דימוי משקל בקרב המבוגרים ($M = 10.98, SD = 2.42$) אינם שונים במובהק בהשוואה לציונים במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 10.61, SD = 2.35$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 69.27, p = .000, \eta_p^2 = .43$. כאשר הציונים במבחן דימוי משקל נמצאו גבוהים במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 12.35, SD = 1.66$) בהשוואה לנבדקים עם משי"ה ($M = 9.27, SD = 1.96$). לבסוף, נמצא כי לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .01, p = .907, \eta_p^2 = .00$. לוח 13 מציג את הממוצעים, סטיות התקן, טווח הציונים וערכי ה-F של הציונים במבחני הכושר הריתמי על פי קבוצות המחקר והגיל.

לוח 13: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של ההישגים במבחני הכושר הריתמי ($N = 97$)

שם המבחן	קבוצות גיל	מס"ה			התפתחות תקינה			קבוצות מחקר	קבוצות גיל	F	F אינטראקציה (1,93)
		(n = 49)			(n = 48)						
		טווח	SD	M	טווח	SD	M				
מבחן מקצב	מתבגרים	9.24	2.33	5-14	12.54	1.59	8-15	87.79***	1.19	.15	
	מבוגרים	9.50	1.67	7-13	13.08	1.50	9-15				
דימוי מפעם	מתבגרים	9.32	1.97	5-13	12.54	1.64	8-15	57.27***	.04	.29	
	מבוגרים	9.46	2.13	6-15	12.25	2.05	7-15				
דימוי משקל	מתבגרים	9.08	1.71	7-12	12.21	1.82	10-15	69.27***	.82	.01	
	מבוגרים	9.46	2.21	6-14	12.50	1.50	10-15				

*** $p < .001$

לסיכום, מהממצאים עולה, כי הציונים במבחני הכושר הריתמי הינם גבוהים יותר במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה בהשוואה לנבדקים עם משי"ה בשלושת המבחנים המודדים את הכושר הריתמי.

מבחן מקצב, דימוי מפעם חימוי משקל בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ה- d'

על מנת לבדוק האם קיימים הבדלים במדד ה- d' במבחן מקצב, מבחן דימוי מפעם ומבחן דימוי משקל בזיקה לקבוצות המחקר והגיל, נערך מבחן ניתוח שונות MANOVA דו כיווני (2x2) (קבוצות גיל X קבוצות מחקר). נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית ביחס לקבוצות הגיל, $F(3,91) = .77, p = .513, \eta_p^2 = .02$. לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק ביחס לקבוצות המחקר, $F(3,91) = 25.50, p = .000, \eta_p^2 = .46$. לבסוף, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת סטטיסטית של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(3,91) = .14, p = .938, \eta_p^2 = .00$.

מבחן מקצב בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ה- d' : ניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2)

נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = 1.26, p = .264, \eta_p^2 = .01$. כלומר מדד ה- d' במבחן מקצב בקרב המבוגרים ($M = 1.89, SD = 1.44$) אינו שונה במובהק בהשוואה למדד ה- d' במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 1.62, SD = 1.35$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק סטטיסטית לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 55.03, p = .000, \eta_p^2 = .37$, כאשר מדד ה- d' במבחן המקצב נמצא גבוה במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 2.61, SD = 1.12$) בהשוואה לנבדקים עם משי"ה ($M = 0.92, SD = 1.10$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .04, p = .839, \eta_p^2 = .00$.

מבחן דימוי מפעם בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ה- d' : ניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2)

נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .19, p = .665, \eta_p^2 = .00$. כלומר, מדד ה- d' במבחן דימוי מפעם בקרב המבוגרים ($M = 1.59, SD = 1.36$) אינו שונה במובהק בהשוואה למדד ה- d' במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 1.67, SD = 1.31$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 36.08, p = .000, \eta_p^2 = .28$, כאשר מדד ה- d' במבחן דימוי מפעם נמצא גבוה במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 2.34, SD = 1.23$) בהשוואה לנבדקים עם משי"ה ($M = 0.94, SD = 1.04$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .18, p = .668, \eta_p^2 = .00$.

מבחן דימוי משקל בזיקה לקבוצות המחקר והגיל - מדד ה- d' : ניתוח שונות מסוג ANOVA דו כיווני (2x2)

נמצא, כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .28, p = .598, \eta_p^2 = .00$. כלומר, מדד ה- d' במבחן דימוי משקל בקרב המבוגרים ($M = 1.61, SD = 1.31$) אינו שונה במובהק בהשוואה למדד ה- d' במבחן זה בקרב המתבגרים ($M = 1.48, SD = 1.36$). לעומת זאת, נמצא אפקט עיקרי מובהק לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 42.89, p = .000, \eta_p^2 = .32$, כאשר מדד ה- d' במבחן דימוי משקל נמצא גבוה במובהק בקרב נבדקים

עם התפתחות תקינה ($M = 2.30, SD = 1.21$) בהשוואה לנבדקים עם מש"ה ($M = 0.81, SD = 1.00$). לבסוף, לא קיימת אינטראקציה של קבוצות גיל X קבוצות מחקר, $F(1,93) = .12, p = .727, \eta_p^2 = .00$. לוח 14 מציג את הממוצעים, סטיות התקן, טווח הציונים וערכי ה-F במדד ה- d' של מבחני הכושר הריתמי על פי קבוצות המחקר והגיל.

לוח 14: ממוצעים, סטיות תקן וטווח של מדד ה- d' במבחני הכושר הריתמי ($N = 97$)

שם המבחן	קבוצות גיל	מש"ה			התפתחות תקינה			F קבוצות מחקר	F קבוצות גיל	F אינטראקציה
		(n = 49)			(n = 48)					
		טווח	SD	M	טווח	SD	M			
מבחן מקצב	מתבגרים	0.82	1.10	(-0.85)-3.45	2.46	1.06	0.18-4.65	55.03***	1.26	.04
	מבוגרים	1.03	1.12	(-1.20)-3.00	2.76	1.18	0.55-4.65			
דימוי מפעם	מתבגרים	0.94	1.01	(-0.86)-2.50	2.44	1.16	0.18-4.65	36.08***	.19	.18
	מבוגרים	0.94	1.09	(-0.50)-4.65	2.24	1.31	(-0.18)-4.65			
דימוי משקל	מתבגרים	0.71	0.97	(-0.57)-2.66	2.28	1.26	0.85-4.65	42.89***	.28	.12
	מבוגרים	0.91	1.04	(-0.48)-3.50	2.32	1.19	0.85-4.65			

*** $p < .001$

לסיכום, מהממצאים עולה, כי מדד ה- d' הינו גבוה במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה בהשוואה לנבדקים עם מש"ה בשלושת המבחנים המודדים את הכושר הריתמי. כלומר, נבדקים עם התפתחות תקינה היו בעלי כושר ריתמי גבוה יותר וניחשו פחות במבחני הכושר הריתמי.

מעבר להבדלים בין קבוצות המחקר, חשוב לבחון האם שתי קבוצות הגיל בשתי קבוצות המחקר עברו רמת ניחוש במבחני הכושר הריתמי (באשר לקצב). מעבר רמת ניחוש מתרחש כאשר מדד ה- d' שונה מהערך 0 באופן מובהק. ערך ה- d' שווה לערך 0 כאשר מדד ה-Hit ומדד ה-FA של הנבדקים זהה. כלומר, מספר התשובות הנכונות ומספר התשובות השגויות הינו זהה ומכאן היחס ביניהם הינו 0. על מנת לבחון האם ערך ה- d' שונה מהערך 0, נערכו מבחני t למדגם בודד (One sample t-test) לכל אחד משלושת המבחנים של הכושר הריתמי (באשר לקצב) בכל אחת מקבוצות המחקר והגיל השונות. לוח 15 מציג את ערכי ה-t של השוני של שלושת מדדי ה- d' של מבחני הכושר הריתמי מהערך 0 בכל קבוצת מחקר וגיל.

לוח 15: ערכי ה- t של השוני של שלושת מדדי ה- d' של מבחני הכושר הריתמי מהערך 0 בכל קבוצת מחקר

וגיל

קבוצות המחקר			
מש"ה		התפתחות תקינה	
(n = 49)		(n = 48)	
מתבגרים	מבוגרים	מתבגרים	מבוגרים
(df = 24)	(df = 23)	(df = 23)	(df = 23)
מבחן מקצב	3.71***	4.50***	11.31***
דימוי מפעם	4.65***	4.22***	10.32***
דימוי משקל	3.67***	4.30***	8.85***

***p < .001

מהתבוננות בלוח 15 ניתן לראות כי הן המתבגרים והן המבוגרים משתי קבוצות המחקר עברו רמת ניחוש בשלושת מבחני הכושר הריתמי.

הבדלים במדד ההישגים בכושר הריתמי בזיקה לקבוצות המחקר, קבוצות הגיל וסוג המטלה

הריתמית

על מנת לבחון יותר לעומק האם קיימים הבדלים במדד ההישגים בקבוצות המחקר וקבוצות הגיל במבחני הכושר הריתמי, נערך מבחן ניתוח שונות תלת כיווני (3x2x2) עם מדידות חוזרות (Three way mixed ANOVA). המשתנים הבלתי תלויים הינם קבוצות הגיל וקבוצות המחקר (בין נבדקי) וסוג המבחן של הכושר הריתמי (מבחן מקצב, מבחן דימוי מפעם, מבחן דימוי משקל - תוך נבדקי). המשתנה התלוי הינו הישגי הנבדקים במבחנים אלו. ניתוח זה נערך בנוסף על מנת לבחון האם קיימים הבדלים בקבוצות המחקר והגיל בהישגים במבחני הכושר הריתמי.

נמצא כי לא קיים אפקט עיקרי מובהק ביחס לקבוצות הגיל, $F(1,93) = .58, p = .448, \eta_p^2 = .01$. לעומת זאת, קיים אפקט עיקרי מובהק ביחס לקבוצות המחקר, $F(1,93) = 121.71, p = .000, \eta_p^2 = .57$, כאשר ממוצע ההישגים בשלושת מבחני הכושר הריתמי גבוה בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 12.52, SD = 1.21$) בהשוואה לנבדקים עם מש"ה ($M = 9.34, SD = 1.58$). לבסוף, לא קיים אפקט עיקרי מובהק לסוג מבחן הכושר הריתמי $F(2,92) = .91, p = .404, \eta_p^2 = .02$.

בבחינת האינטראקציות הזוגיות נמצא, כי לא קיימת אינטראקציה מובהקת סטטיסטית בין קבוצות המחקר X סוג מבחן הכושר הריתמי, $F(2,92) = .60, p = .550, \eta_p^2 = .01$, קבוצות הגיל X סוג המבחן, $F(2,92) = .73, p = .483, \eta_p^2 = .02$ ושל קבוצות הגיל X קבוצות המחקר, $F(1,93) = .02, p = .892, \eta_p^2 = .00$ לא

נמצאו מובהקות. לבסוף, האינטראקציה המשולשת של קבוצות גיל X קבוצות מחקר X סוג מבחן הכושר הריתמי, $\eta_p^2 = .01$, $p = .705$, $F(2,92) = .35$ לא נמצאה מובהקת.

לסיכום, מהממצאים עולה כי הן מדד ההישגים והן מדד ה- d' הינם גבוהים יותר במובהק בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה בהשוואה לנבדקים עם מש"ה בשלושת מבחני הכושר הריתמי (מבחן מקצב, מבחן דימוי מפעם, מבחן דימוי משקל). כלומר, נבדקים עם התפתחות תקינה היו בעלי כושר ריתמי גבוה יותר וניחשו פחות במבחני הכושר הריתמי. בנוסף, בקרב שתי קבוצות המחקר לא נמצאו הבדלים בהישגים בין בשלושת המבחנים. כלומר, לא נמצא הבדל בציונים על-פי סוג מבחן הכושר הריתמי.

3.3. חלק ג': הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי); ותרומת משתני הרקע (גיל ומגדר) והמשתנים התלויים (אינטליגנציה וזיכרון) להסבר השונות בכושר המוזיקלי

בחלק זה נבדקה תרומת האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לכושר המוזיקלי של נבדקים עם מש"ה ושל נבדקים עם התפתחות תקינה. בחינת התרומה נבדקה הן על המדד הכללי של הכושר המוזיקלי והן על שני הרכיבים של הכושר המוזיקלי: כושר טונלי (באשר לצליל) וכושר ריתמי (באשר לקצב). כאמור, שני רכיבים אלו נבדקו באמצעות שישה מבחני כושר מוזיקלי, מתוכם שלושה מבחני כושר טונלי (מבחן צליל, דימוי מלודיה ודימוי הרמוניה) ושלושה מבחני כושר ריתמי (מבחן מקצב, דימוי מפעם ודימוי משקל). התרומה של האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי, זיכרון והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי, נבחנה גם בכל אחד מששת המבחנים בנפרד. לצורך הסבר השונות של הכושר המוזיקלי (מדד כללי), שני רכיבי הכושר המוזיקלי וששת המבחנים של הכושר המוזיקלי, נערכו ניתוחים על מדדי ה- d' אשר חושבו. הניתוחים נערכו על מדדי ה- d' מכיוון שמדד זה מתחשב הן במספר התשובות הנכונות (Hit) והן במספר התשובות השגויות (FA) עליהן ענה הנבדק "שווה/דומה" אך התשובה הנכונה הייתה "שונה". מכאן, כי מדד זה הינו החשוב ביותר מכיוון שמדד התשובות הנכונות (Hit) עלול לכלול הטיה למתן ציון גבוה לנבדק אשר ניחש על כלל פריטי המבחן למשל: ענה על הכול "שווה".

טרם לבחינת התרומה של ציוני הנבדקים במבחני האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי להסבר השונות של הכושר המוזיקלי של הנבדקים, נבחנו הקשרים בין כלל המדדים של המחקר הנוכחי הן בקרב קבוצת הנבדקים עם מש"ה והן בקרב קבוצת הנבדקים עם התפתחות תקינה.

לוח 16 מציג את מקדמי מתאמי פירסון בין ציוני הנבדקים עם מש"ה במבחני האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי.

לוח 16: מקדמי מתאם פירסון של הקשר בין ציוני הנבדקים במבחני האינטליגנציה הקריסטלית, האינטליגנציה הפלואידיט, זיכרון העבודה המילולי, זיכרון העבודה החזותי-מרחבי והזיכרון האפיזודי לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי - נבדקים עם מש"ה ($df = 47$)

		כושר מוזיקלי (מדד כללי)	כושר טונלי (מדד כללי)	כושר ריתמי (מדד כללי)	מבחן צליל	דימוי מלודיה	דימוי הרמוניה	מבחן מקצב	דימוי מפעם	דימוי משקל
קריסטלי	אוצר מילים	.05	.02	.07	-.08	-.05	.21	.08	-.01	.08
	צד שווה	.17	.07	.21	.17	-.11	.06	.23	.13	.13
	סידור קוביות	.37**	.26	.37**	.21	.12	.20	.27	.24	.38**
פלואידי	רייבן	.42**	.40**	.34*	.27	.31*	.22	.20	.32*	.29*
	קדימה	.28	.14	.33*	.22	-.06	.06	.27	.25	.26
	לאחור	.34*	.20	.37**	.22	-.07	.25	.36*	.25	.27
זיכרון עבודה מילולי	קדימה	.34*	.19	.39**	.25	-.07	.17	.35*	.28*	.30*
	לאחור	.30*	.24	.29*	.26	.04	.14	.26	.10	.32*
	רמת למידה	.36*	.27	.35*	.18	.05	.34*	.25	.44**	.14
זיכרון עבודה חזותי-מרחבי	אפקט השהייה	.18	.20	.12	.13	.23	.02	-.02	.17	.14
	רמת היכר	.19	.07	.24	-.07	.02	.29*	.26	.26	.05

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

מהתבוננות בלוח 16 ניתן לראות, כי קיימים קשרים חיוביים מובהקים סטטיסטית בין ציוני הנבדקים עם מש"ה במבחני האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי. לא נמצאו קשרים מובהקים סטטיסטית בין ציוני הנבדקים עם מש"ה במבחני האינטליגנציה הקריסטלית לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי.

באופן ספציפי ניתן לראות בלוח 16, כי הממד הכללי של הכושר המוזיקלי קשור במתאם חיובי מובהק סטטיסטית עם שני הממדים אשר בחנו את האינטליגנציה הפלואידית (*סידור קוביות* ו*דייבן*) ועם שני הממדים אשר בחנו את זיכרון העבודה החזותי-מרחבי (*קדימה ולאחור*). כמו כן הממד הכללי של הכושר המוזיקלי קשור במתאם חיובי עם שני הממדים אשר בחנו את זיכרון העבודה המילולי, כאשר הקשר עם מטלת *זכירת ספרות לאחור* הינו מובהק ואילו הקשר עם מטלת *זכירת ספרות קדימה* הינו קרוב למובהקות סטטיסטית ($p = .054$). באשר לקשר בין הממד הכללי של הכושר המוזיקלי לבין הזיכרון האפיזודי, נמצא קשר חיובי מובהק סטטיסטית בין הממד הכללי של הכושר המוזיקלי לבין *מדד רמת הלמידה של מבחן ה-Rey*. קשרים חיוביים אלו מעידים כי ככל שהציונים של נבדקים עם מש"ה במבחני האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי גבוהים יותר, כך הציונים בממד הכללי של המבחנים המוזיקליים גבוהים יותר.

כאשר בוחנים את שני רכיבי הכושר המוזיקלי: הכושר הטונלי (באשר לצליל) והכושר הריתמי (באשר לקצב), ניתן לראות, כי רוב הקשרים החיוביים המובהקים נובעים בעיקרם מהקשרים הרבים יותר אשר נמצאו עם רכיב הכושר הריתמי. כלומר, ככל שהציונים של נבדקים עם מש"ה במבחני האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי גבוהים יותר, כך הציונים בכושר הריתמי גבוהים יותר. קשר חיובי מובהק סטטיסטית נמצא רק בין הציונים של נבדקים עם מש"ה במבחן *דייבן* לבין רכיב הכושר הטונלי. כלומר, ככל שציוני הנבדקים במבחן *דייבן* גבוהים יותר, כך הציונים ברכיב הכושר הטונלי גבוהים יותר. מתאם זה נובע בעיקרו מהקשר הסטטיסטי המובהק אשר נמצא כי הציונים במבחן *דייבן* לבין הציונים של נבדקים עם מש"ה במבחן *דימוי מלודיה*.

לבסוף, ראוי לציין כי לא נמצאו קשרים מובהקים כלל בין הציונים של נבדקים עם מש"ה במבחני האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין הציונים במבחן *צליל המשויך לרכיב הכושר הטונלי*.

לוח 17 מציג את מקדמי מתאמי פירסון בין הציונים של נבדקים עם התפתחות תקינה במבחני האינטליגנציה הקריסטלית, האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה המילולי, זיכרון העבודה החזותי-מרחבי והזיכרון האפיזודי לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי.

לוח 17: מקדמי מתאם פירסון של הקשר בין ציוני הנבדקים במבחני האינטליגנציה הקריסטלית, האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה

המילולי, זיכרון העבודה החזותי-מרחבי והזיכרון האפיזודי לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי - נבדקים עם התפתחות תקינה (df)

(= 46)

דימוי	דימוי	מבחן	דימוי	דימוי	מבחן	כושר ריתמי	כושר טונלי	כושר מוזיקלי		
משקל	מפעם	מקצב	הרמוניה	מלודיה	צליל	(מדד כללי)	(מדד כללי)	(מדד כללי)		
.01	-.21	.01	-.09	-.06	.14	-.08	.00	-.05	אוצר מילים	קריסטלי
-.18	-.04	.05	.19	.19	.18	-.08	.26	.10	צד שווה	
-.06	.30*	.16	.18	.34*	.03	.18	.26	.25	סידור קוביות	פלואידי
.14	.22	.25	.18	.23	.34*	.22	.36*	.36*	רייבן	
-.01	.11	-.20	.21	.31*	.06	-.04	.27	.13	קדימה	זיכרון עבודה מילולי
.03	-.03	.00	.20	.22	.15	.00	.27	.15	לאחור	
.02	.05	-.12	.26	.33*	.13	-.02	.34*	.18	קדימה	זיכרון עבודה חזותי-מרחבי
-.02	.15	-.07	.12	.24	-.08	.03	.13	.09	לאחור	
-.07	.08	.14	.14	.22	.11	.07	.22	.17	רמת למידה	זיכרון אפיזודי
-.15	.05	-.12	-.08	-.10	-.29*	-.10	-.22	-.18	אפקט השהייה	
-.09	.07	-.16	.26	.01	-.05	-.08	.09	.01	רמת היכר	

* $p < .05$

מהתבוננות בלוח 17 ניתן לראות כי קיימים קשרים מובהקים סטטיסטית בין הציונים של נבדקים עם התפתחות תקינה במבחני האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי. בדומה לנבדקים עם מש"ה, לא נמצאו קשרים מובהקים סטטיסטית בין הציונים של נבדקים עם התפתחות תקינה במבחני האינטליגנציה הקריסטלית לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי.

באופן ספציפי יותר ניתן לראות בלוח 17 כי המדד הכללי של הכושר המוזיקלי קשור במתאם חיובי מובהק סטטיסטית רק עם האינטליגנציה הפלואידית, ובאופן ספציפי רק עם הציונים של הנבדקים במבחן רייבן. כלומר, ככל שהציונים של נבדקים עם התפתחות תקינה במבחן רייבן גבוהים יותר, כך הציונים במדד הכללי של המבחנים המוזיקליים גבוהים יותר.

כאשר בוחנים את שני רכיבים הכושר המוזיקלי: הכושר הטונלי (באשר לצליל) והכושר הריתמי (באשר לקצב), ניתן לראות כי בניגוד לנבדקים עם מש"ה, רוב הקשרים החיוביים המובהקים בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה נובעים מהקשרים הרבים יותר אשר נמצאו עם רכיב הכושר הטונלי. כלומר, ככל שהציונים של נבדקים עם התפתחות תקינה במבחני האינטליגנציה הפלואידית (ובאופן ספציפי הציונים במבחן רייבן) ובזיכרון העבודה החזותי-מרחבי (ובאופן ספציפי מטלת זכירה מרחבית קדימה) גבוהים יותר, כך הציונים בכושר הטונלי גבוהים יותר. ראוי לציין, כי רוב הקשרים המובהקים נמצאו בציוני הנבדקים במבחן דימוי מלודיה. הממצאים בלוח 17 מראים כי קיימים קשרים חיוביים מובהקים סטטיסטית בין ציוני הנבדקים במבחן סידור קוביות (אינטליגנציה פלואידית), הציונים במטלת זכירת ספרות קדימה (זיכרון עבודה מילולי) והציונים במטלת זכירה מרחבית קדימה (זיכרון עבודה חזותי-מרחבי) לבין הציונים במבחן דימוי מלודיה. כלומר, ככל שציוני הנבדקים במבחן סידור קוביות, הציונים במטלת זכירת ספרות קדימה והציונים במטלת זכירה מרחבית קדימה גבוהים יותר, כך הציונים במבחן דימוי מלודיה גבוהים יותר.

באשר לציוני הנבדקים במדד הכושר הריתמי, נמצא כי לא קיימים קשרים מובהקים סטטיסטית בין ציוני הנבדקים עם התפתחות תקינה במבחני האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין הציונים במדד הכללי של הכושר הריתמי. בהתבוננות בכל אחד מהמבחנים הבוחנים את הכושר הריתמי נמצא מתאם חיובי מובהק יחיד בין ציוני הנבדקים עם התפתחות תקינה במבחן סידור קוביות לבין הציונים במבחן דימוי מפעם.

לבסוף, ראוי לציין כי לא נמצאו קשרים מובהקים כלל בין ציוני הנבדקים עם התפתחות תקינה במטלת זכירת ספרות לאחור, זכירה מרחבית לאחור, מדד רמת הלמידה של מבחן ה-Rey ומדד רמת היכר של מבחן ה-Rey לבין הציונים של הנבדקים במבחנים השונים הבוחנים את הכושר המוזיקלי.

לסיכום, בשתי קבוצות המחקר נמצאו מתאמים בין האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי לבין המבחנים השונים של הכושר המוזיקלי, אך לא נמצאו מתאמים בין האינטליגנציה הקריסטלית לבין הכושר המוזיקלי. ראוי לסייג כי עוצמת מקדמי המתאמים הינה מובהקת, אך בעלת עוצמה חלשה עד בינונית (המקדמים הגבוהים ביותר שנמצאו הינם $r(47) = .44$ בקרב נבדקים עם מש"ה וכן $r(46) = .36$ בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה). לאור המתאמים החלשים-בינוניים אשר נמצאו בכל אחת מקבוצות

המחקר, על מנת לבחון את התרומה של האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי להסבר השונות של הכושר המוזיקלי (מדד כללי), שני רכיבי הכושר המוזיקלי: כושר טונלי (באשר לצליל) וכושר ריתמי (באשר למקצב) וששת המבחנים של הכושר המוזיקלי, נערכו ניתוחי רגרסיה היררכית (Hirarchical regression) במתודה משולבת לכל אחת מקבוצות המחקר בנפרד. במחקר הנוכחי נערכו רגרסיות על כל קבוצת מחקר בנפרד, ולא על כלל הנבדקים שבו משתנה "קבוצות המחקר" נכלל, משום שעוצמות המתאמים החיוביים אשר נמצאו היו חלשים עד בינוניים בקרב שתי הקבוצות. על סמך ממצאים אלו לא צפוי הבדל מובהק סטטיסטי בעוצמה של מקדמי המתאמים בין קבוצות המחקר השונות (אינטראקציה של קשרים - מיתון). כמו כן, המחקר הנוכחי מתמקד בשאלה אילו ממדדי המחקר (האינטליגנציה הקריסטלית והפלואידית, זיכרון העבודה [המילולי והחזותי-מרחבי] והזיכרון האפיזודי), הינו התורם ביותר להסבר השונות של הכושר המוזיקלי בכל אחת מקבוצות המחקר ללא עריכת השוואה במידת התרומה בין שתי הקבוצות. בצעד הראשון נכנס משתנה "מגדר הנבדק" וגיל הנבדק בשיטת ה- Enter. כלומר, שני המשתנים הוכנסו למודל הרגרסיה גם באם תרומתם אינה מובהקת. בצעד השני נכנסו כלל ממדדי המחקר (האינטליגנציה הקריסטלית, האינטליגנציה הפלואידית, זיכרון העבודה המילולי, זיכרון העבודה החזותי-מרחבי והזיכרון האפיזודי) בשיטת הרגרסיה בצעדים (Step-wise), כך שרק משתנה אשר תורם במובהק מעבר למשתנים הדמוגרפיים נכנס למודל הרגרסיה. השימוש במתודת הרגרסיה בצעדים על פני שיטת הרגרסיה מרובה נערך עקב כמות הנבדקים אשר איננה מאפשרת הכנסתם של משתנים מסבירים רבים למודל. ניתוחי הרגרסיות נערכו בנפרד עבור נבדקים עם משי"ה ובנפרד עבור נבדקים עם התפתחות תקינה, זאת על מנת לבחון מהם המשתנים המסבירים את השונות של הכושר המוזיקלי בקרב כל אחת מקבוצות המחקר. לוח 18 מציג את ממצאי הרגרסיה ההיררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של הכושר המוזיקלי (מדד כללי).

לוח 18: תוצאות רגרסיה היררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של הכושר המוזיקלי (מדד כללי)

בלוק	מסבירים	B	SE. B	β	t	R^2	ΔR^2	F
נבדקים עם מש"ה								
1	מגדר	-.21	.20	-.16	-1.08			
	גיל	-.07	.20	-.05	-.34	.027	.027	.63
2	מגדר	-.16	.18	-.12	-.88			
	גיל	-.10	.18	-.07	-.54	.197*	.170**	3.68*
3	מגדר	-.23	.18	-.17	-1.32			
	גיל	-.16	.17	-.12	-.90			
	רייבן	.05	.02	.41	3.09**	.283**	.086*	4.34**
נבדקים עם התפתחות תקינה								
1	מגדר	-.40	.21	-.27	2.00*			
	גיל	.07	.21	.05	.34	.077	.077	1.87
2	מגדר	-.38	.20	-.26	-1.90			
	גיל	-.05	.20	-.03	-.24	.194*	.117*	3.53*
	רייבן	.05	.02	.35	2.53*			

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

מהתבוננות בלוח 18 ניתן לראות כי:

נבדקים עם מש"ה: נמצא, כי המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הכושר המוזיקלי (המדד הכללי). האינטליגנציה הפלואידית, כפי שנמדדה במבחן רייבן, תרמה במובהק להסבר השונות של הכושר המוזיקלי ($\beta = .41$, $\Delta R^2 = 17\%$, $p = .003$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במבחן רייבן גבוהים יותר, כך הכושר המוזיקלי טוב יותר. תוספת מובהקת להסבר השונות של הכושר המוזיקלי, מעבר למדדי הרקע והאינטליגנציה הפלואידית, נמצאה גם לזיכרון האפיזודי, כפי שנמדד ב**דמת הלמידה במבחן ה-Rey** ($\beta = .31$, $\Delta R^2 = 8.6\%$, $p = .026$). מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל ש**דמת הלמידה במבחן ה-Rey** גבוהה יותר, כך הכושר המוזיקלי טוב יותר.

נבדקים עם התפתחות תקינה: על אף שהתרומה של שני המשתנים הדמוגרפיים בצעד הראשון לא

נמצאה מובהקת ($p = .166$), בניגוד לנבדקים עם מש"ה, נמצאה תרומה מובהקת של המגדר בהסבר השונות של הכושר המוזיקלי ($\beta = -.27, \Delta R^2 = 7.7\%, p = .050$). מקדם ה- β השלילי מראה כי גברים עם התפתחות תקינה נוטים להיות עם כושר מוזיקלי טוב יותר בהשוואה לנשים. האינטליגנציה הפלואידית, כפי שנמדדה במבחן רייבן, תרמה במובהק להסבר השונות של הכושר המוזיקלי ($\beta = .35, \Delta R^2 = 11.7\%, p = .015$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במבחן רייבן גבוהים יותר, כך הכושר המוזיקלי טובה יותר.

3.3.1. תרומת האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי להסבר השונות של הכושר הטונלי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה)

תרומת האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי נבחנה גם בכל ממד מבין שני רכיבי הכושר המוזיקלי. בחלק זה יוצגו הממצאים של ארבעה ניתוחי הרגרסיה הבוחנים את המסבירים של השונות בכושר הטונלי ושל כל אחד משלושת המבחנים המודדים כושר זה: מבחן צליל, דימוי מלודיה ודימוי הרמוניה. לוח 19 מציג את ממצאי הרגרסיה ההיררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של הכושר הטונלי.

לוח 19: תוצאות רגרסיה היררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של הכושר הטונלי

בלוק	מסבירים	B	SE. B	β	t	R^2	ΔR^2	F
נבדקים עם מש"ה								
1	מגדר	-.23	.21	-.16	-1.11			
	גיל	-.25	.21	-.17	-1.22	.055	.055	1.33
2	מגדר	-.18	.19	-.12	-.92			
	גיל	-.29	.19	-.20	-1.48	.211*	.156**	4.00*
	רייבן	.05	.02	.40	2.98**			
נבדקים עם התפתחות תקינה								
1	מגדר	-.44	.24	-.26	-1.83			
	גיל	.10	.24	.06	.40	.072	.072	1.75
2	מגדר	-.41	.23	-.25	-1.82			
	גיל	-.04	.23	-.02	-.18	.189*	.117*	3.42*
	רייבן	.05	.02	.35	2.52*			

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

מהתבוננות בלוח 19 ניתן לראות כי :

נבדקים עם מש"ה: המגדר והגיל של הנבדקים לא הסבירו במובהק את הכושר הטונלי. האינטליגנציה הפלואידית, כפי שנמדדה במבחן רייבן, תרמה במובהק להסבר השונות של הכושר הטונלי של הנבדקים ($\beta = .005$, $\Delta R^2 = 15.6\%$, $p = .40$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במבחן רייבן גבוהים יותר, כך הכושר המוזיקלי טוב יותר.

נבדקים עם התפתחות תקינה: המגדר והגיל לא הסבירו במובהק את הכושר הטונלי של הנבדקים. בדומה לנבדקים עם מש"ה, האינטליגנציה הפלואידית, כפי שנמדדה במבחן רייבן, תרמה במובהק להסבר השונות של הכושר הטונלי ($\beta = .015$, $\Delta R^2 = 11.7\%$, $p = .35$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במבחן רייבן גבוהים יותר, כך הכושר המוזיקלי טוב יותר.

כאמור, נבחנו התרומה של משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר גם בכל אחד משלושת המבחנים הבוחנים את הכושר הטונלי: מבחן צליל, דימוי מלודיה ודימוי הרמוניה. לוח 20 מציג את ממצאי הרגרסיה ההיררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של שלושת המבחנים המודדים את הכושר הטונלי.

לוח 20: תוצאות רגרסיה היררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של שלושת המבחנים של הכושר הטונלי (מבחן צליל, דימוי מלודיה ודימוי הרמוניה)

מוסברים	בלוק	מסבירים	B	SE. B	β	t	R ²	ΔR^2	F
נבדקים עם מש"ה									
מבחן צליל	1	מגדר	-.42	.38	-.16	-1.10	.083	.083	2.07
		גיל	-.66	.38	-.24	-1.73			
דימוי מלודיה	1	מגדר	-.10	.30	-.05	-.33	.022	.022	.52
		גיל	-.30	.30	-.14	-.97			
	2	מגדר	-.04	.29	-.02	-.13			
		גיל	-.33	.29	-.16	-1.15			
		רייבן	.06	.02	.32	2.28*	.102*	.124	2.12
דימוי הרמוניה	1	מגדר	-.20	.25	-.12	-.81	.023	.023	.54
		גיל	.16	.25	.09	.64			
	2	מגדר	-.30	.24	-.17	-1.23			
		גיל	.06	.24	.04	.27			
		רמת למידה	.03	.01	.36	2.55*	.124*	.147	2.58
נבדקים עם התפתחות תקינה									
מבחן צליל	1	מגדר	.31	.36	.13	.88	.017	.017	.39
		גיל	-.02	.36	-.01	-.05			
דימוי מלודיה	2	מגדר	.35	.34	.15	1.04			
		גיל	-.22	.35	-.09	-.64			
		רייבן	.08	.03	.36	2.54*	.126*	.143	2.45
	1	מגדר	-.95	.34	-.38	-2.77*	.147*	.147*	3.87*
דימוי הרמוניה		גיל	.07	.34	.03	.21			
	2	מגדר	-.97	.32	-.39	-3.01**			
		גיל	-.12	.33	-.05	-.36			
		סידור קוביות	.04	.01	.35	2.68**	.120**	.267**	5.33**
דימוי הרמוניה	1	מגדר	-.67	.30	-.31	-2.23*	.110	.110	2.78
		גיל	.23	.30	.11	.77			

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

נבדקים עם מש"ה:

1. **מבחן צליל -** המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הציונים במבחן הצלילים. לא נמצאו מדדי מחקר המסבירים את השונות בציונים במבחן זה.
2. **דימוי מלודיה -** המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הציונים במבחן דימוי מלודיה. האינטליגנציה הפלואידית, כפי שנמדדה במבחן רייבן, תרמה במובהק להסבר השונות של ההישגים במבחן דימוי מלודיה ($\beta = .32, \Delta R^2 = 10.2\%, p = .027$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במבחן רייבן גבוהים יותר, כך הציונים במבחן דימוי מלודיה גבוהים יותר.
3. **דימוי הרמוניה -** המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הציונים במבחן דימוי הרמוניה. הזיכרון האפיזודי, כפי שנמדד בממד של דמת הלמידה במבחן ה-Rey, תרם להסבר הציונים במבחן דימוי הרמוניה ($\beta = .36, \Delta R^2 = 12.4\%, p = .014$), מעבר למדדי הרקע. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שדמת הלמידה במבחן ה-Rey גבוהה יותר, כך הציונים במבחן דימוי הרמוניה גבוהים יותר.

נבדקים עם התפתחות תקינה:

1. **מבחן צליל -** המגדר והגיל לא הסבירו במובהק את הציונים במבחן הצלילים. בניגוד לנבדקים עם מש"ה, האינטליגנציה הפלואידית, כפי שנמדדה במבחן רייבן, תרמה במובהק להסבר השונות של הציונים במבחן צליל מעבר למשתנים הדמוגרפיים בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($\beta = .36, \Delta R^2 = 12.6\%, p = .015$). מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במבחן רייבן גבוהים יותר, כך הציונים במבחן הצלילים גבוהים יותר.
2. **דימוי מלודיה -** המגדר נמצא כמשתנה המסביר במובהק את השונות בציונים של הנבדקים במבחן דימוי מלודיה ($\beta = -.38, \Delta R^2 = 14.7\%, p = .028$). מקדם ה- β השלילי מראה כי הציונים במבחן דימוי מלודיה נוטים להיות גבוהים יותר בקרב גברים בהשוואה לנשים. האינטליגנציה הפלואידית, כפי שנמדדה במבחן סידור קוביות, תרמה במובהק להסבר השונות של הציונים במבחן דימוי מלודיה ($\beta = .35, \Delta R^2 = 12\%, p = .010$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במבחן סידור קוביות גבוהים יותר, כך הציונים במבחן דימוי מלודיה גבוהים יותר.
3. **דימוי הרמוניה -** על אף שהתרומה של שני המשתנים הדמוגרפיים בצעד הראשון לא נמצאה מובהקת סטטיסטית ($p = .073$), בניגוד לנבדקים עם מש"ה, נמצאה תרומה מובהקת של מגדר הנבדק בהסבר הציונים במבחן דימוי הרמוניה ($\beta = -.31, \Delta R^2 = 11\%, p = .031$). מקדם ה- β השלילי מראה כי גברים נוטים להיות עם ציונים גבוהים יותר במבחן דימוי הרמוניה בהשוואה לנשים.

3.3.2 תרומת האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי להסבר השונות של הכושר הריתמי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה)

תרומת האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי נבחנה גם בכל רכיב מבין שני רכיבי הכושר המוזיקלי. בחלק זה יוצגו הממצאים של ארבעה ניתוחי הרגרסיה הבוחנים את המשתנים המסבירים את השונות בכושר הריתמי ושל כל אחד משלושת המבחנים המודדים כושר זה: מבחן מקצב, דימוי מפעם דימוי משקל. לוח 21 מציג את ממצאי הרגרסיה ההיררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של הכושר הריתמי.

לוח 21: תוצאות רגרסיה היררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של הכושר הריתמי

בלוק	מסבירים	B	SE. B	β	t	R^2	ΔR^2	F
נבדקים עם מש"ה								
1	מגדר	-.18	.24	-.11	-.75			
	גיל	.13	.24	.08	.55	.019	.019	.44
2	מגדר	-.25	.22	-.15	-1.15			
	גיל	.08	.22	.05	.35	.199*	.180**	3.73*
מרחבית לאחר								
3	מגדר	-.27	.21	-.16	-1.25			
	גיל	.10	.21	.06	.45	.270**	.071*	4.07**
מרחבית לאחר								
סידור קוביות								
נבדקים עם התפתחות תקינה								
1	מגדר	-.36	.25	-.21	-1.43			
	גיל	.05	.25	.03	.18	.044	.044	1.03

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

מהתבוננות בלוח 21 ניתן לראות כי:

נבדקים עם מש"ה: המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את השונות בכושר הריתמי. זיכרון העבודה החזותי-מרחבי, כפי שנמדד במטלת זכירה מרחבית לאחר תרם במובהק להסבר השונות של הכושר הריתמי ($\beta = .43$, $\Delta R^2 = 18\%$, $p = .003$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במטלת זכירה מרחבית לאחר גבוהים יותר, כך הכושר הריתמי טוב יותר. תוספת מובהקת להסבר

השונות של הכושר הריתמי, מעבר למדדי הרקע וזיכרון העבודה החזותי-מרחבי, נמצאה גם לאינטליגנציה הפלואידית, כפי שנמדדה באמצעות מבחן סידור קוביות ($\beta = .28, \Delta R^2 = 7.1\%, p = .045$). מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במבחן סידור קוביות גבוהים יותר, כך הכושר הריתמי טוב יותר.

נבדקים עם התפתחות תקינה: מגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הכושר הריתמי ($p = .364$). כאמור, נבחנה התרומה של משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר גם בכל אחד משלושת המבחנים הבוחנים את הכושר המוזיקלי הריתמי: **מבחן מקצב, דימוי מפעם, דימוי משקל**. להלן הממצאים בקרב כל אחת מקבוצות המחקר.

נבדקים עם מש"ה:

1. **מבחן מקצב -** המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הציונים **במבחן המקצב**. זיכרון העבודה החזותי-מרחבי, כפי שנמדד במטלת זכירה מרחבית לאחור, תרם במובהק להסבר השונות של הציונים **במבחן מקצב** ($\beta = .42, \Delta R^2 = 17\%, p = .003$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במטלת זכירה מרחבית לאחור גבוהים יותר, כך הציונים **במבחן מקצב** גבוהים יותר.
2. **דימוי מפעם -** המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הציונים **במבחן דימוי מפעם**. הזיכרון האפיזודי, כפי שנמדד במבחן במדד רמת הלמידה של מבחן ה-Rey, תרם במובהק להסבר השונות של הציונים **במבחן דימוי מפעם** ($\beta = .46, \Delta R^2 = 20.6\%, p = .001$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שרמת הלמידה גבוהה יותר, כך הציונים **במבחן דימוי מפעם** גבוהים יותר.
3. **דימוי משקל -** המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הציונים **במבחן דימוי משקל**. האינטליגנציה הפלואידית, כפי שנמדדה במבחן סידור קוביות, תרמה במובהק להסבר השונות של הציונים **במבחן דימוי משקל** ($\beta = .38, \Delta R^2 = 14.7\%, p = .007$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במבחן סידור קוביות גבוהים יותר, כך הציונים **במבחן דימוי משקל** גבוהים יותר.

נבדקים עם התפתחות תקינה:

1. **מבחן מקצב -** המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הציונים **במבחן מקצב**. לא נמצאו מדדי מחקר המסבירים במובהק את השונות בציונים במבחן זה.
2. **דימוי מפעם -** המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הציונים **במבחן דימוי מפעם**. האינטליגנציה הפלואידית, כפי שנמדדה במבחן סידור קוביות, תרמה במובהק להסבר השונות של הציונים **במבחן דימוי מפעם** ($\beta = .34, \Delta R^2 = 10.9\%, p = .022$), מעבר למשתנים הדמוגרפיים. מקדם ה- β החיובי מראה כי ככל שהציונים במבחן סידור קוביות גבוהים יותר, כך הציונים **במבחן דימוי מפעם** גבוהים יותר.
3. **דימוי משקל -** המגדר וגיל הנבדקים לא הסבירו במובהק את הציונים **במבחן דימוי משקל**. לא נמצאו מדדי מחקר המסבירים במובהק את השונות בציונים במבחן זה.

לוח 22 מציג את ממצאי הרגרסיה ההיררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר שלושת המבחנים המודדים את הכושר הריתמי.

לוח 22: תוצאות רגרסיה היררכית עבור תרומת משתני הרקע הדמוגרפיים ומדדי המחקר השונים להסבר השונות של שלושת המבחנים של הכושר הריתמי (מבחן מקצב, דימוי מפעם, דימוי משקל)

F	ΔR^2	R^2	t	β	SE. B	B	מסבירים	בלוק	מוסבר
נבדקים עם מש"ה									
.63	.027	.027	-.91	-.13	.32	-.29	מגדר	1	מבחן
			.64	.09	.32	.20	גיל		מקצב
3.68*	.170**	.197*	-1.31	-.18	.29	-.39	מגדר	2	
			.45	.06	.29	.13	גיל		
			3.09**	.42	.13	.39	מרחבית לאחור		
.058	.002	.002	-.34	-.05	.30	-.10	מגדר	1	דימוי
			-.01	.00	.30	.00	גיל		מפעם
3.96*	.206***	.209*	-.88	-.12	.28	-.25	מגדר	2	
			-.54	.07	.28	-.15	גיל		
			3.42***	.46	.01	.04	רמת למידה		
.37	.016	.016	-.51	-.07	.29	-.15	מגדר	1	דימוי
			.68	.10	.29	.20	גיל		משקל
2.93*	.147**	.163*	-.72	-.10	.27	.19	מגדר	2	
			.79	.11	.27	.21	גיל		
			2.81**	.38	.02	.07	סידור קוביות		
נבדקים עם התפתחות תקינה									
.59	.026	.026	-.58	-.09	.33	-.19	מגדר	1	מבחן
			.92	.14	.33	.30	גיל		מקצב
.78	.034	.034	-1.11	-.16	.36	-.40	מגדר	1	דימוי
			-.56	-.08	.36	-.20	גיל		מפעם
2.44	.109*	.143	-1.21	-.17	.34	-.41	מגדר	2	
			-1.09	-.15	.35	-.38	גיל		
			2.37*	.34	.02	.04	סידור קוביות		
1.02	.043	.043	-1.42	-.21	.35	-.50	מגדר	1	דימוי
			.12	.02	.35	.04	גיל		משקל

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

3.3.3 סיכום פרק התוצאות

לוח 23: סיכום נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי), הזיכרון האפיזודי, הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בכל אחת מקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה)

התחום הקוגניטיבי	מש"ה	התפתחות תקינה
אינטליגנציה קריסטלית		
אוצר מילים	מתמשך	מתמשך
צד שווה	מתמשך	מתמשך
אינטליגנציה פלואידית		
סידור קוביות	יציב	יציב
רייבן	יציב	יציב
זיכרון עבודה מילולי		
זכירת ספרות קדימה	מתמשך	יציב
זכירת ספרות לאחור	יציב	מתמשך
זיכרון עבודה חזותי-מרחבי		
זכירה מרחבית קדימה	יציב	יציב
זכירה מרחבית לאחור	יציב	יציב
זיכרון אפיזודי		
רמת למידה	יציב	יציב
אפקט השהייה	מתמשך	יציב
רמת היכר	יציב	יציב
כושר מוזיקלי		
מדד כללי	יציב	יציב
כושר טונלי	יציב	יציב
כושר ריתמי	יציב	יציב

לוח 24: סיכום המתאמים בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בכל אחת מקבוצות המחקר

כושר מוזיקלי - מדד כללי		כושר טונלי		כושר ריתמי	
התחום הקוגניטיבי	מש"ה התפתחות תקינה	מש"ה התפתחות תקינה	מש"ה התפתחות תקינה	מש"ה התפתחות תקינה	התפתחות תקינה
אינטליגנציה קריסטלית					
אוצר מילים צד שווה					
אינטליגנציה פלואידית					
סידור קוביות	**			**	
רייבן	**	*	**	*	*
זיכרון עבודה מילולי					
ספרות קדימה	*				*
ספרות לאחור	*				*
זיכרון עבודה חזותי-מרחבי					
מרחבית קדימה	*	*			*
מרחבית לאחור	*	*			*
זיכרון אפיזודי					
רמת למידה השהייה רמת היכר	*				*

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

לוח 25: סיכום המתאמים בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידיית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין מבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, דימוי מלודיה, דימוי הרמוניה) והכושר הריתימי (מבחן מקצב, דימוי מפעם, דימוי משקל) בכל אחת מקבוצות המחקר

התפתחות תקינה						מש"ה					
מבחני כושר ריתמי			מבחני כושר טונלי			מבחני כושר ריתמי			מבחני כושר טונלי		
דימוי משקל	דימוי מפעם	מבחן מקצב	דימוי הרמוני	דימוי מלוודי	מבחן צליל	דימוי משקל	דימוי מפעם	מבחן מקצב	דימוי הרמוני	דימוי מלוודי	מבחן צליל
אינטליגנציה קריסטלית											
						אוצר מילים צד שווה					
אינטליגנציה פלואידית											
*						**					
						* *					
זיכרון עבודה מילולי											
*											
						*					
זיכרון עבודה חזותי-מרחבי											
*						* * *					
						*					
זיכרון אפיזודי											
*						* **					
						*					

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

לוח 26: סיכום התרומה של משתני הרקע (גיל ומגדר), האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בכל אחת מקבוצות המחקר

כושר מוזיקלי - מדד כללי		כושר טונלי		כושר ריתמי	התחום הקוגניטיבי
מש"ה	התפתחות תקינה	מש"ה	התפתחות תקינה	מש"ה	
אינטליגנציה קריסטלית					אוצר מילים צד שווה
אינטליגנציה פלואידית					סידור קוביות רייבן
17%**	11.7%*	15.6%**	11.7%*	7.1%*	
זיכרון עבודה מילולי					ספרות קדימה ספרות לאחר
זיכרון עבודה חזותי-מרחבי					מרחבית קדימה מרחבית לאחר
				18%**	
זיכרון אפיזודי					רמת למידה השהייה רמת היכר
8.6%*					
משתנה רקע					מגדר גיל
7.7%					

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

לוח 27: סיכום התרומה של משתני הרקע (גיל ומגדר), האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידיה), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי להסבר השונות במבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, דימוי מלווה, דימוי הרמוניה) והכושר הריתמי (מבחן מקצב, דימוי מפעם, דימוי משקל) בכל אחת מקבוצות המחקר

התפתחות תקינה						מש"ה						
מבחני כושר ריתמי			מבחני כושר טונלי			מבחני כושר ריתמי			מבחני כושר טונלי			
דימוי	דימוי	מבחן	דימוי	דימוי	מבחן	דימוי	דימוי	מבחן	דימוי	דימוי	מבחן	תחום קוגניטיבי
משקל	מפעם	מקצב	הרמוני	מלוודי	צליל	משקל	מפעם	מקצב	הרמוני	מלוודי	צליל	
אינטליגנציה קריסטלית												
												אוצר מילים צד שווה
אינטליגנציה פלואידית												
14.7	10.9			12								סידור קוביות
%	%			%								
**	*			**								רייבן
				12.6								
				%								
				*								
זיכרון עבודה מילולי												
												ספרות קדימה ספרות לאחר
זיכרון עבודה חזותי-מרחבי												
												מרחבית קדימה מרחבית לאחר
						17 % **						
זיכרון אפיזודי												
						20.6 % ***						רמת למידה
						12.4 % *						השהייה רמת היכר
משתנה רקע												
												גיל מגדר
						11 %						
						14.7 %						

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

4. דיון

כפי שצוין בסקירת הספרות, נמצא קשר בין הכושר המוזיקלי לבין הכישורים האינטלקטואליים של האדם. כך לדוגמה, נמצא קשר בין מטלות שפתיות-פונולוגיות (כגון: חריזה, פילוח והשמטת הברות) לבין כושר טונלי (Huss et al., 2015; Sallat & Jentschke, 2008; Forgeard et al., 2017; Culp, 2017; Anvari et al., 2002) וכושר ריתמי (Oechslin et al., 2013; Stoesz et al., 2007; Swaminathan et al., 2017; al., 2007). כמו כן נמצא קשר בין הסקה מרחבית (et al., 2011; Overy et al., 2003) לבין כושר והכשרה מוזיקלית. לפיכך, אחת ממטרותיו של המחקר הנוכחי הייתה לבדוק אם ובאיזו מידה דפוסי הקשר בין מדדים שונים של האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי שנמצאו באוכלוסייה עם התפתחות תקינה, קיימים גם באוכלוסייה עם מש"ה.

נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) נבדקו בשתי חטיבות גיל: ההתבגרות העליונה (גילאי 17-21) והבגרות הצעירה (גילאי 25-40); וזאת לאור מודל תיאורטי המציע שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Lifhsitz-Vahav, 2015; Lifhsitz, 2020; Fisher & Zeaman, 1970): נתיב לקוי (Impaired Trajectory), נתיב יציב (Stable Trajectory) ונתיב מתמשך (מפצה) (Continuous [Compensatory] Trajectory).

לבדיקת נתיבי התפתחות האינטליגנציה, הזיכרון והכושר המוזיקלי נערכו ניתוחי שונות, כאשר המשתנים הבלתי תלויים היו קבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40), והמשתנים התלויים היו הציונים במבחנים השונים. ממצאי המחקר העלו קווים דיפרנציאליים וקווים משויקים בין שתי קבוצות המחקר:

קווים דיפרנציאליים: נבדקים עם התפתחות תקינה ניחנו באינטליגנציה (קריסטלית ופלואידית) גבוהה בהשוואה לנבדקים עם מש"ה. ממצא זה אינו מצריך הסבר, לאור טבעה ואופייה של המוגבלות השכלית; הפער בין האוכלוסיות בממוצע מנת משכל, נמוך בשתי סטיות תקן בקרב אוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Grossman, 1983; Schalock et al., 2010). האינטליגנציה הפלואידית כוללת הבנת יחסים מופשטים, תפיסה מרחבית (McGrew, 2009) ותהליכים הבאים לידי ביטוי בזיכרון לטווח קצר ולטווח ארוך (Cattell, 1987; Horn, 1988); הכושר המוזיקלי כולל הבחנה בין תדרים המאורגנים במרחב וירטואלי (באשר לצליל) (Levitin, 2012), יכולת תיאום בין דפוס מוטורי לבין הפעמה (באשר למקצב) (Kotz et al., 2018) ומבוסס על זיכרון מוזיקלי לטווח קצר וארוך (Talamini et al., 2017). כלומר, הכושר המוזיקלי הוא פלואיד באופיו (Oechslin et al., 2013; Stoesz et al., 2007; Swaminathan et al., 2017), ולאור זאת אין תמה שהוא נמצא נמוך יותר בקרב אוכלוסייה עם מש"ה.

קווים משיקים: הכושר המוזיקלי מתנהג באופן דומה בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ובקרב אוכלוסייה עם מש"ה; ובשתי האוכלוסיות הכושר המוזיקלי מתנהג גם בדומה לאינטליגנציה הפלואידית (אך לא הקריסטלית) בשלושה היבטים: (א) נתיב התפתחות האינטליגנציה הפלואידית והכושר המוזיקלי הוא יציב, לעומת נתיב התפתחות האינטליגנציה הקריסטלית שהינו מתמשך; (ב) נמצאו מתאמים בין האינטליגנציה הפלואידית, אך לא הקריסטלית, לבין הכושר המוזיקלי; (ג) נמצאה תרומה של האינטליגנציה הפלואידית, אך לא הקריסטלית, להסבר השונות בכושר המוזיקלי.

ליבת הדיון תתמקד בשלושה נושאים, לאור מטרות המחקר העיקריות: החלק הראשון יעסוק בבדיקת נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי באוכלוסייה עם התפתחות תקינה בהשוואה לאוכלוסייה עם מש"ה, בשתי קבוצות גיל: ההתבגרות העליונה (17-21) והבגרות הצעירה (25-40); החלק השני יעסוק בבדיקת נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר והגיל; והחלק השלישי יעסוק בבדיקת הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי, ותרומת משתני הרקע (גיל ומגדר) והמשתנים התלויים (האינטליגנציה והזיכרון) להסבר השונות בכושר המוזיקלי. בטרם נתייחס לנתיבי ההתפתחות של הכושר המוזיקלי, נתייחס לקווים משיקים ולקווים דיפרנציאליים בנתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי). מפאת הגודש, נתייחס לממצאים העיקריים:

4.1 חלק א': נתיבי התפתחות האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית), זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי, בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40)

אינטליגנציה קריסטלית - קווים משיקים בין קבוצות המחקר: לשם תזכורת נציין, כי האינטליגנציה הקריסטלית כוללת ידע בתחומי השפה, אוצר מילים, הבנת הוראות, ידע כללי, מושגי חשבון, הגדרת בעיות ומושגים תרבותיים; היא מושפעת מהסביבה, מתנאים סוציו-אקונומיים, מלמידה פורמלית, בלתי-פורמלית, מתרבות ומהתערות בחברה (Beauducel et al., 2001; Horn, 1968; McGrew, 2009). אינטליגנציה זו נבדקה במחקרינו באמצעות שני מבחנים מייצגים (Canivez et al., 2009; Shao et al., 2014): *אוצר מילים* ו*צד שווה* (וכסלר, 2001). השערת המחקר הייתה, כי בשתי קבוצות המחקר הציונים בבגרות (גילאי 25-40), יהיו גבוהים בהשוואה לציונים בגיל ההתבגרות (גילאי 17-21).

בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ההשערה אוששה. מתוצאות ניתוחי השונות במחקר הנוכחי עולה, כי הציונים בבגרות (גילאי 25-40) נמצאו גבוהים בהשוואה לציונים בגיל ההתבגרות (גילאי 17-21). ממצאינו מאששים מחקרים קודמים בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Chen et al., 2017; Kaufman, 2001; Lee et al., 2008), בהם נמצאה עלייה בכישורים הקריסטליים לפחות עד לתקופת הבגרות התיכונה (גילאי 60-

(40), כתוצאה מידע נרכש, ניסיון, חשיפה לתרבות ולסביבה (Alfonso et al., 2005; Horn & Cattell, 1967).

גם בקרב נבדקים עם מש"ה ההשערה אוששה, והציונים בבגרות (גילאי 25-40) נמצאו גבוהים בהשוואה לציונים בגיל ההתבגרות (גילאי 17-21). ממצאינו מאששים מחקרים קודמים בקרב אוכלוסייה עם מש"ה לא"ס (Chen et al., 2017) ועם ת"ד (Lifshitz et al., 2020), המצביעים על עלייה בכישורים הקריסטליים מהתבגרות לבגרות. במחקרנו, העלייה בכישורים הקריסטליים התרחשה עם העלייה בגיל, תוך למידה אקראית, ללא תיווך וכתוצאה מחשיפה ישירה למרכיבים קוגניטיביים בחי היום-יום, שינויים ולמידה מהניסיון.

על-פי האגודה הפסיכיאטרית האמריקאית (APA - American Psychiatric Association, 2013) מוגבלות שכלית התפתחותית מוגדרת כחסך משמעותי בתפקוד האינטלקטואלי, המתבטאת בין השאר ב"ליקויים בחשיבה הגיונית, פתרון בעיות, תכנון, חשיבה מופשטת, שיפוט, למידה אקדמית, ולמידה מהניסיון...." (DSM-V, p. 33). במחקרנו נמצא כי השיפור באינטליגנציה הקריסטלית חל עם העלייה בגיל, כתוצאה מלמידה אקראית ולמידה מניסיון - אך לא כתוצאה מהתערבות. ממצא זה מפרך את קביעת ה-APA לגבי חוסר היכולת של אוכלוסייה עם מש"ה ללמוד מניסיון.

ממצאינו מאשש את תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015) לפיה, לגיל הכרונולוגי תפקיד חשוב בהתפתחות הכושר הקוגניטיבי בקרב אוכלוסייה עם מש"ה, מעבר לגיל השכלי. ההשפעה המצטברת של למידה, ניסיון חיים ובשלות, מסייעת להמשך פיתוח התפקודים הקוגניטיביים בגיל המבוגר. לגורמים אקסוגניים (כגון, השתתפות בפעילות פנאי) ולא רק לגורמים אנדרוגניים (כגון, גיל ומנת משכל) ישנה השפעה על תפקודם של מבוגרים עם מש"ה (Lifshitz-Vahav et al., 2015). תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015) מבוססת על תיאוריית "כושר ההשתנות הקוגניטיבית המבנית" (SCM) (Feuerstein, 2003; Feuerstein & Rand, 1974) לפיה, התערבות סביבתית וחינוכית מתאימה (למידה מתווכת) עשויה להוביל לשינויים קוגניטיביים-מבניים, מעבר לגורמי גיל, אטיולוגיה וחומרת הפגיעה. קיימים גורמים שאינם קוגניטיביים המתווספים עם הגיל, בהם ניסיון חיים, מוטיבציה, מודעות לצרכים ולשיתוף פעולה חברתי, המסייעים ליכולת ההשתנות בגיל המבוגר. נדגיש, כי באוכלוסייה עם התפתחות תקינה העלייה ביכולת הקריסטלית צפויה, ומתרחשת כתוצאה מידע נרכש, ניסיון, חשיפה לתרבות ולסביבה (Alfonso et al., 2005; Horn & Cattell, 1967). גם בקרב אוכלוסייה עם מש"ה ישנה עלייה ביכולת הקריסטלית אשר מעידה על קיומו של נתיב "מפצה". העלייה מתרחשת כתוצאה מבשלות וניסיון חיים מצטבר אשר מאפשרים לרכוש כישורים שטרם נרכשו בעבר (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015) - וזאת בניגוד לקביעת ה-APA (2013) לגבי חוסר היכולת של אוכלוסייה זו ללמוד מניסיון.

אינטליגנציה פלואידית - קווים משיקים בין קבוצות המחקר: אינטליגנציה זו היא יכולת מולדת, המושפעת מגורמים ביולוגיים כמו גנטיקה או התבגרות פיזיולוגית (Horn, 1968; McGrew, 2009). היא כוללת הבנת יחסים מופשטים, תפיסה מרחבית, תהליכים הבאים לידי ביטוי בזיכרון לטווח קצר ולטווח ארוך

(Haavisto & Cattell, 1987; Horn, 1988); הסתגלות וגמישות בפתרון בעיות חדשות תוך הסקת מסקנות (Canivez, 1993; Lehto, 2004; Kaufman, 1993). אינטליגנציה זו נבדקה במחקריו באמצעות שני מבחנים מייצגים (et al., 2009; Shao et al., 2014): מבחן סידור קוביות (וכסלר, 2001) ומבחן רייבן (Raven, 1958). שאלת המחקר הייתה, מה תהיה מגמת הציונים באינטליגנציה הפלואידית בשתי אוכלוסיות המחקר? האם נתיב ההתפתחות יהיה לקוי, יציב או מתמשך בין גיל ההתבגרות (17-21) לבין הבגרות (25-40)?

מתוצאות ניתוחי השונות בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה עולה, כי לא קיימים הבדלים בציונים בין גיל ההתבגרות (גילאי 17-21) לבין הבגרות (גילאי 25-40). ממצאיו מאששים ממצאים קודמים בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Ryan et al., 2000; Schaie, 2005, 2010, 2013) שהצביעו על יציבות ביכולת הפלואידית וירידה משמעותית מגילאי 40 ואף מאוחר יותר. מחקרי הדמיה אישרו את הקשר בין פעילות קליפת המוח הקדם חזיתי (PFC - Prefrontal cortex) לבין פתרון מטלות פלואידיות, וכי הבשלת המוח מגיעה לשיאה בהתבגרות המאוחרת (בין גילאי 18-24) (Gray et al., 2003; Hudspeth & Pribram, 1990; Jung & Haier, 2007). ליקויים בתפקודים קוגניטיביים מסדר גבוה (כגון, זיכרון עבודה, היסק, מטה קוגניציה ופתרון בעיות) מיוחסים בעיקר לשינויים באונה הפרונטלית, שמתרחשים עם העלייה בגיל או בעקבות פתולוגיה מוחית; עם זאת, היכולת לשמר תפקודים תלויה ברמת הרזרבות הקוגניטיביות של הפרט (Kim & Kim, 2014).

גם בקרב נבדקים עם מש"ה לא נמצאו הבדלים בציונים בין גיל ההתבגרות לבין הבגרות. ממצא זה ייחודי למחקרנו. במחקרים קודמים (Burt et al., 2005; Devenny et al., 2005) היציבות נמצאה בכישורי ההתנהגות המסתגלת ובתפקוד היומיומי, אך במחקרים אלו לא נבדקה ההתפתחות מגיל ההתבגרות לבגרות.

ממחקריו עולה, כי נתיב התפתחות האינטליגנציה הפלואידית של אוכלוסייה עם מש"ה אינו שונה מזה של אוכלוסייה עם התפתחות תקינה, ובשתי האוכלוסיות האינטליגנציה נשארת יציבה בין ההתבגרות (גילאי 17-21) לבין הבגרות (גילאי 25-40). על-פי על תיאוריית "הרזרבות הקוגניטיביות" (CRT) (Stern, 2013), היה מצופה שתחול ירידה ביכולת הקוגניטיבית של אוכלוסייה עם מש"ה בגיל מוקדם מאשר באוכלוסייה עם התפתחות תקינה, כתוצאה מרמת רזרבות קוגניטיביות נמוכות. טענת תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2015; Lifshitz-Vahav, 2020) היא, שמכיוון שבמחקרים (e.g., Facon, 2008; Krinsky-McHale et al., 2004; Zigman et al., 2005) לא נמצאה ירידה כזו, ההשוואה של רמת הרזרבות הקוגניטיביות צריכה להיבדק בתוך האוכלוסייה עם מש"ה עצמה, ללא השוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה. קיימים הבדלים אינדיבידואלים בביצוע מטלות קוגניטיביות בתוך האוכלוסייה, כתוצאה מרמת האינטליגנציה ומרמת החשיפה לגירויים. גם פעילות שדורשת רמה בסיסית של תהלוך מידע (כגון, צפייה בטלוויזיה, כתיבה, קריאה) עשויה לשמש כגירוי קוגניטיבי המגן מפני ירידה בגיל המבוגר (Wilson & Bennett, 2005). בהתאם לכך, ייתכן כי היציבות באינטליגנציה הפלואידית בקרב מבוגרים עם מש"ה מעידה כי הם מפתחים רזרבות המהוות "חוסן קוגניטיבי" מפני ביטוי של ירידה (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015).

זיכרון עבודה: זיכרון זה מתייחס למערכת אחסון מידע לטווח קצר והפעלת מניפולציה על המידע, החיונית במטלות קוגניטיביות מורכבות כהבנת שפה, למידה והיסק (Baddeley, 1990, 2007). במחקר הנוכחי זיכרון העבודה נבדק על-פי המודל של בדלי (Baddeley, 1990, 2002, 2007; Baddeley et al., 2011) לפיו, לזיכרון העבודה שלושה רכיבים (ערוצים) עיקריים: (א) לולאה פונולוגית (Phonological loop) - מערכת אחסון זמני למידע שמיעתי, בעלת תפקיד מרכזי בהבנת השפה הדבורה, השפה הכתובה, מוזיקה וצלילים; (ב) לוח חזותי-מרחבי (Visuo-spatial sketchpad) - מערכת אחסון זמני למאפיינים חזותיים ומרחביים; בעל תפקיד בביצוע מטלות מרחביות, ידע גיאוגרפי, מעקב אחר שינויים חזותיים ורכישת ידע סמנטי אודות תצורת פריטים; ו-(ג) מעבד מרכזי (Central executive) - אחראי על בקרת הקשב, מעורב בהפעלת כישורים קוגניטיביים גבוהים, כגון עכבה, תכנון ובמטלות בהן יש לבצע מניפולציה על מידע שמיעתי וחזותי-מרחבי (Baddeley, 1990, 2002, 2007; Baddeley et al., 2011). מנגנון המעבד המרכזי משמש אף כמדד לניבוי האינטליגנציה הכללית והפולואידית (Conway et al., 2002; Engle et al., 1999). בשל ההנחה כי למעבד המרכזי אין יכולת אחסון מידע, למודל נוסף גם רכיב החוצץ האפיזודי (Episodic buffer), האחראי על המיזוג בין המידע הפונולוגי לבין המידע החזותי-מרחבי (Baddeley, 2000). זיכרון העבודה נבדק במחקרנו באמצעות מבחן זכירת ספרות קדימה ולאחור (וכסלר, 2001) לבדיקת זיכרון העבודה המילולי; ובאמצעות מבחן זכירה מרחבית קדימה ולאחור (Wechsler, 1997b) לבדיקת זיכרון העבודה החזותי-מרחבי. שאלת המחקר הייתה, מה תהיה מגמת הציונים בזיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) בשתי אוכלוסיות המחקר? האם נתיב ההתפתחות יהיה לקוי, יציב או מתמשך בין גיל ההתבגרות (17-21) לבין הבגרות (25-40)?

זיכרון עבודה חזותי-מרחבי - קווים משיקים בין קבוצות המחקר: מתוצאות ניתוחי השונויות עולה, כי בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה לא נמצאו הבדלים בציונים בין גיל ההתבגרות (17-21) לבין הבגרות (25-40) בשתי מטלות הזכירה המרחבית (קדימה ולאחור). ממצאינו מאששים מחקרים קודמים בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה, בהם נמצאה התייבשות במהלך ההתבגרות, בין גילאי 14-16 (Conklin et al., 2007; Farrell et al., 2005; Pagulayan et al., 2006; Gathercole et al., 2004; Luciana et al., 2005), שנשמרת עד לגילאי ה-50 (Cansino et al., 2013; Monaco et al., 2013) או ה-60 (Lezak et al., 2004). יציבות או ירידה הדרגתית נובעת מירידה בתפקוד המעבד המרכזי ובמהירות התייבשות (Sander et al., 2011).

גם בקרב אוכלוסייה עם מש"ה לא נמצאו הבדלים בציונים בין גיל ההתבגרות (גילאי 17-21) לבין הבגרות (גילאי 25-40) בשתי מטלות הזכירה המרחבית. ממצאינו מאששים מחקרים בהם נמצאה יציבות (Chen et al., 2017; Lifshitz et al., 2020), שייתכן כי היא מעידה על-כך שמבוגרים מפתחים רזרבות המהוות "חוסן קוגניטיבי" מפני ירידה בזיכרון (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015).

זיכרון-עבודה מילולי - קווים דיפרנציאליים בין קבוצות המחקר: מתוצאות ניתוחי השונויות עולה, כי בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה נמצאו נתיבי התפתחות דיפרנציאליים בשתי מטלות זכירת ספרות. בעוד

שבמטלת זכירת ספרות קדימה חלה יציבות בין גיל ההתבגרות (גילאי 17-21) לבין הבגרות (גילאי 25-40), במטלת זכירת ספרות לאחור הציונים בבגרות היו גבוהים בהשוואה לגיל ההתבגרות. מגמות שונות עלו גם במחקרים קודמים בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה : בחלקם נמצאה יציבות כבר בגילאי העשרה (Lee et al., 2008; Wisdom et al., 2012) ואילו במחקרים אחרים נמצאה עלייה עד לגילאי ה-40 (Johnson et al., 2010), ה-50 (Wilde et al., 2004) ואף עד לגילאי ה-60 (Lezak et al., 2004). יציבות נובעת מירידה בתפקוד המעבד המרכזי ובמהירות התייחוס (Sander et al., 2011) ואילו עלייה נובעת מהיכולת להסתמך על ידע מילולי (Johnson et al., 2010).

גם בקרב נבדקים עם מש"ה נמצאו נתיבי התפתחות דיפרנציאליים : במטלת זכירת ספרות קדימה הציונים בבגרות (גילאי 25-40) היו גבוהים בהשוואה לגיל ההתבגרות (גילאי 17-21) ואילו במטלת זכירת ספרות לאחור לא נמצא הבדל בין קבוצות הגיל. העלייה בציונים במטלת זכירת ספרות קדימה מאששת את מחקרה של קילברג (2019) ומהווה חיזוק נוסף לתיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015). לטענת בריקמן ושטרן (Brickman & Stern, 2009) זיכרון העבודה אמנם קשור יותר לאינטליגנציה הפלואידית, אולם מכיוון שמבחן זכירת ספרות הוא מבחן מילולי, נראה כי הוא מתנהג באופן הדומה יותר לאינטליגנציה הקריסטלית. היציבות במטלת זכירת ספרות לאחור מאששת מחקרים בקרב נבדקים עם מש"ה לא"ס (Chen et al., 2017) ועם ת"ד (Lanfranchi et al., 2012; Baddeley & Jarrold, 2007; Chapman & Hesketh, 2001; et al., 2020; Lifshitz et al., 2020).

זיכרון אפיזודי - קווים דיפרנציאליים בין קבוצות המחקר : זיכרון זה, המתייחס לחוויות אישיות על פי ההקשר והסדר בו התרחשו (Tulving, 2002), נבדק באמצעות מבחן ה-Rey ללמידה מילולית (Rey AVLT; Vakil et al., 1998; Vakil & Blachstein, 1993, 1997; Rey, 1958, 1964). מתוך המבחן הופקו שלושה מדדים : (א) מדד רמת הלמידה : בפני הנבדק מוקראת רשימה של 15 שמות עצם (רשימה 1) חמש פעמים, ולאחר כל הקראה עליו לשחזר מילים מן הרשימה (לדוגמא, מילה ראשונה - "תוף", מילה אחרונה - "נהר"). רמת הלמידה נמדדת על-פי הסכום הכולל של חמש ההקראות ; (ב) מדד אפקט השהייה : הנבדק נדרש לשחזר מילים שהוא זוכר מן הרשימה הראשונה ללא הקראה נוספת לאחר השהייה של 20 דקות ; (ג) מדד רמת ההיכר : בפני הנבדק מוקראת רשימה של 50 מילים הכוללת 15 מילים מן הרשימה הראשונה, 15 מילים מן הרשימה השנייה ו-20 מילים דומות למילים משתי הרשימות מבחינה סמנטית או פונטית. עליו לזהות את המילים מהרשימה הראשונה בלבד. שאלת המחקר הייתה, מה תהיה מגמת הציונים במדדי זיכרון האפיזודי בשתי אוכלוסיות המחקר? האם נתיב ההתפתחות יהיה לקוי, יציב או מתמשך בין גיל ההתבגרות (17-21) לבין הבגרות (25-40)?

מתוצאות ניתוחי השונויות עולה, כי בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה לא נמצאו הבדלים בציונים בשלושת מדדי הזיכרון האפיזודי בין גיל ההתבגרות (גילאי 17-21) לבין הבגרות (גילאי 25-40). ממצאנו מאששים מחקרים קודמים בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Clark et al., 2006; Vakil et al., 1998; Vakil et al., 2010) בהם נמצא, כי בגילאי 11-14 ישנה הבשלה של התפקודים הנדרשים לביצוע מטלות הזיכרון,

כתוצאה משימוש יעיל באסטרטגיות ארגון, קידוד ואחזור מידע (Ryan, 2010). ירידה משמעותית מתרחשת בגילאי 40-60 ואף מאוחר יותר (Messinis et al., 2007; Vakil & Blachstein, 1997).

בקרב נבדקים עם מש"ה נמצאו נתיבי התפתחות דיפרנציאליים: במדדים רמת הלמידה ורמת ההיכר לא נמצאו הבדלים בין קבוצות הגיל, ולעומת זאת, הציונים במדד אפקט השהייה בבגרות (גילאי 25-40) היו גבוהים בהשוואה לציונים בגיל ההתבגרות (גילאי 17-21). כלומר, רק בקרב מתבגרים חלה ירידה במספר המילים אשר נזכרו לאחר שהייה של 20 דקות, אשר מצביעה על אפקט השהייה מובהק. ממצאינו תומכים במחקרים בהם נמצא נתיב יציב ברמת הלמידה וברמת ההיכר (בוסתן, 2018; Chen et al., 2017) ונתיב מתמשך במדד אפקט השהייה (בוסתן, 2018).

בקרב מתבגרים ומבוגרים עם התפתחות תקינה ובקרב מתבגרים עם מש"ה נמצא אפקט השהייה מובהק - אך לא בקרב מבוגרים עם מש"ה. אחד המאפיינים של למידת מיומנויות, הוא קיומו של מרווח זמן קריטי בו הזיכרון למטלה הנלמדת אמור להתגבש - מרווח גיבוש הזיכרון (Memory consolidation). מרווח הזמן עשוי לסייע בשיפור ביצוע המטלה ללא אימון נוסף, מעבר לשיפור שהושג בשלב הלמידה המהירה (Dorfberger et al., 2007). ייתכן כי אפקט גיבוש הזיכרון הוא זה שסייע לציונים גבוהים בקרב מבוגרים עם מש"ה בהשוואה למתבגרים. הנתיב המתמשך במדד אפקט השהייה מהווה תמיכה נוספת לתיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015).

4.2. חלק ב': נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40)

חלקו השני של פרק הדיון עוסק בבדיקת נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי (Musical aptitude) על שני רכיביו - הכושר הטונלי (באשר לצליל) והכושר הריתמי (באשר לקצב), בזיקה לקבוצות המחקר והגיל. הכושר המוזיקלי שהינו הליבה של המחקר הנוכחי, נבדק באמצעות מבחני גורדון (IMMA - Gordon, 1986a, 1986b; MAP -) (Gordon, 1995a, 1995b), שנועדו לבחון את "פוטנציאל הלמידה המוזיקלי" ("Potential to learn music") (Gordon, 2012, p. 4). המבחנים מבוססים על תיאוריית "הלמידה המוזיקלית" (Gordon, 1997), שאחד מעקרונותיה המרכזיים הוא ה"קישור" (Audiation), כלומר, יכולת פיתוח מיומנות לשמיעה פנימית ("לשיר בלב"). על-פי גורדון (Gordon, 1997), רמת התגובה האינטואיטיבית עד גיל תשע מהווה אינדיקציה לרמה המוזיקלית; ואף כי כושר אינו הגורם היחיד המנבא הישגים, ביכולתו לספק מידע אודות פוטנציאל האדם להפיק משמעות מאירועים מוזיקליים (Gordon, 1986b).

הכושר הטונלי נמדד לעיתים על-פי היכולת לזהות ולהבחין בין תבניות על-פי גובהן (Pitch) היחסי או המוחלט, הגוון, העוצמה והבהירות (Fancourt et al., 2013; McDermott et al., 2008). בעת האזנה למוזיקה המאזין מקודד את האופן שבו גובה הצלילים עוקב זה אחר זה (McDermott & Oxenham, 2008). המבנה המלודי נקבע על פי שינויים בגובה הצליל (Patel, 2008), כאשר רצף צלילים בודד יוצר מלודיה שמרמזת ומשתלבת עם תוכן הרמוני (Trainor & Corrigan, 2010). הכושר הטונלי נבדק במחקרנו באמצעות מבחן צליל (Tonal Test), מבחן דימוי מלודיה (Melody Imagery) ומבחן דימוי הרמוניה (Harmony Imagery).

הכושר הריתמי נחשב ליכולת ראשונית (Cohen, 1986; Trainor & Corrigan, 2010), הכוללת הבחנה בין דפוסים מוטוריים תחומים בזמן (Periodic motor), יכולת מנטלית לחלץ את הפעמה מתוך תבנית השמע (Beat extraction), תיאום (סנכרון) בין הדפוס המוטורי לבין הפעמה (Audio-motor entrainment) ותפיסת המשקל (Meter perception), דהיינו, קיבוץ של לפחות שתי פעמות (הברות או צלילים) חזקות וחלשות (strong - weak) במבנה היררכי (Kotz et al., 2018). קיבוץ (Grouping) של דפוסים ריתמיים וגזירה (Derivation) של המשקל, אלו שני תהליכים ארגוניים תפיסתיים הקשורים לקידוד, אחזור והפקה של דפוסים ריתמיים (Trainor & Corrigan, 2010). הכושר הריתמי נבדק במחקרנו באמצעות מבחן מקצב (Rhythm Test), מבחן דימוי מפעם (Tempo Imagery) ומבחן דימוי משקל (Meter Imagery).

בשני רכיבי הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) נערכו ניתוחי שונות, כאשר המשתנים הבלתי תלויים היו קבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) וקבוצות הגיל (25-40, 17-21). המשתנים התלויים היו: (א) מדד ההישגים - הציון במבחני הכושר המוזיקלי השונים (בין 0-15 נקודות); (ב) מדד ה- d' (d prime) - היחס בין מספר התשובות הנכונות (Hit) לבין מספר התשובות השגויות (FA). מדד ה-Hit המרכיב את מדד ה- d' , הינו כמות הפריטים בה הנבדק ענה נכונה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שווה/דומה"; ומדד ה-FA המרכיב את מדד ה- d' , הינו כמות הפריטים בה הנבדק ענה שגיאה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שונה". מבין השניים, מדד ה- d' הינו "המשוכלל" ביותר, משום שהוא כולל את היחס בין התשובות הנכונות לבין התשובות השגויות ובכך מונע הטיה בציונים בעקבות ניחוש.

במרכז הדיון יעמדו, אם כן, קווים דיפרנציאליים וקווים משיקים בכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי). תחילה נתייחס להבדלים בציונים בכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה); לאחר-מכן לנתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר והגיל (25-40, 17-21); בהמשך נתייחס לדפוס התשובות במבחני הכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר והגיל; ולבסוף נתייחס לדפוס התשובות בפריטים במבחני הכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר. מפאת הגודש, נתייחס לממצאים העיקריים:

ציונים בכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) - קווים דיפרנציאליים:

שיעורנו, כי בכושר המוזיקלי (מדד כללי) הציונים בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה יהיו גבוהים בהשוואה לאלו של נבדקים עם מש"ה. בהתאם לכך שיעורנו, כי במבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, מבחן דימוי מלודיה

ומבחן דימוי הרמוניה) והכושר הריתמי (מבחן מקצב, מבחן דימוי מפעם ומבחן דימוי משקל), מדד ההישגים ומדד ה- d' ימצאו גבוהים יותר בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה. בכושר המוזיקלי (מדד כללי, כושר טונלי וכושר ריתמי) ההשערה אוששה, ומדד ה- d' שהיה גבוה בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ($M = 2.36, SD = 0.74$) בהשוואה לנבדקים עם מש"ה ($M = 0.83, SD = 0.68$) הראה, כי נבדקים עם התפתחות תקינה ניחו פחות בכלל מבחני הכושר המוזיקלי.

במחקרים רבים (e.g., Anvari et al., 2002; Besson et al., 2012; Stoesz et al., 2007; Strait et al., 2011; Zuk et al., 2014) נמצא קשר בין הכישורים האינטלקטואליים של האדם לבין כושר והכשרה מוזיקלית. אחד ההסברים (Besson et al., 2012) לקשר בין התחומים הינו אפקט "ההעברה" (Transfer) (Raven, 1901; Thorndike & Woodworth, 1901; Hetland, 2000; Brody, 1992) לפיו, לכישורים שונים ישנם תהליכי עיבוד מידע משותפים. נמצא (Swaminathan et al., 2017) קשר הדוק בין ביצוע מבחן רייבן (Raven) לבין מסוגלות (Competence) מוזיקלית, כפי שנבדקה במבחן MET (Wallentin et al., 2010), בקרב מוזיקאים בהשוואה ללא מוזיקאים ($MA = 19.1$). החוקרים הסיקו, כי בעלי כישורים קוגניטיביים גבוהים נוטים להיות גם בעלי מסוגלות מוזיקלית גבוהה, לרבות לימוד נגינה. במחקר הדמיה (Oechslin et al., 2013) נמצא נפח בילטרלי גדול יותר של ההיפוקמפוס בקרב מוזיקאים (מקצועיים וחובבים) בהשוואה ללא-מוזיקאים (בגילאי 22.2-24.5). החוקרים הסיקו, כי הכשרה מוזיקלית מסייעת בגיוס משאבים קוגניטיביים החיוניים לאינטליגנציה הפלואידית ולתפקוד ההיפוקמפוס; ואימון מוזיקלי, אפילו ברמה מתונה, מהווה אמצעי יעיל להאטת הירידה הקוגניטיבית עם העלייה בגיל (Oechslin et al., 2013). בהתאם לכך, אוכלוסייה עם מש"ה נוטה לביצועים נמוכים במבחנים מוזיקליים (Hooper et al., 2008b) וככל שרמת המוגבלות נמוכה ומורכבת יותר, כך כישורי המוזיקה נמוכים יותר (Schellenberg & Weiss, 2013). כלומר, הכושר המוזיקלי הוא פלואידי באופיו, ולפיכך נמצא נמוך יותר בקרב אוכלוסייה עם מש"ה.

מעבר להבדלים בין קבוצות המחקר (התפתחות תקינה ומש"ה), שתי הקבוצות ענו על השאלות בכושר המוזיקלי (מדד כללי) מעבר לרמת ניחוש. הופר ואחרים (Hooper et al., 2008b) העלו ספקות באשר לתקפות המבחנים המוזיקליים הסטנדרטיים (Bentley 1966; Gordon, 1965) בקרב אוכלוסייה עם מש"ה. לטענתם, קושי בהבנת ההוראות וחוסר ההיכרות של הנבדקים עם הגירויים עלול להשפיע לרעה על ביצועיהם (Hooper et al., 2008b). יכולתם של נבדקים עם מש"ה במחקרנו לענות על השאלות מעבר לרמת ניחוש מעידה על יכולתם לבצע מבחנים מוזיקליים סטנדרטיים.

נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40) - קווים משיקים: לראשונה במחקרנו נבדקו נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי מגיל ההתבגרות (17-21) ועד לבגרות (25-40) בשתי אוכלוסיות (התפתחות תקינה ומש"ה) שהינן חסרות הכשרה מוזיקלית. בשל היעדר חומר תיאורטי שאלנו, מה תהיה מגמת הציונים בכושר המוזיקלי (מדד כללי) בשתי אוכלוסיות המחקר?

ובהתאם לכך, מה תהייה מגמת הציונים במדד ההישגים ובמדד ה- d' במבחני הכושר הטונלי (מבחן צליל, מבחן דימוי מלודיה ומבחן דימוי הרמוניה) והכושר הריתמי (מבחן מקצב, מבחן דימוי מפעם ומבחן דימוי משקל)? האם נתיב ההתפתחות יהיה לקוי, יציב או מתמשך בין גיל ההתבגרות (17-21) לבין הבגרות (25-40)?

מתוצאות ניתוחי השונות עולה, כי בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה לא נמצאו הבדלים בציונים בכושר המוזיקלי (מדד כללי) בין גיל ההתבגרות (17-21) לבין הבגרות (25-40); בהתאם לכך, במבחני הכושר הטונלי והריתמי נשמרה יציבות במדד ההישגים ובמדד ה- d' .

גם בקרב נבדקים עם מש"ה לא נמצאו הבדלים בציונים בכושר המוזיקלי (מדד כללי) בין גיל ההתבגרות לבין הבגרות; בהתאם לכך, בכל מבחני הכושר הטונלי והריתמי נשמרה יציבות בשני המדדים.

ממצאינו מראים, כי התפתחות הכושר המוזיקלי (מדד כללי) של אוכלוסייה עם מש"ה אינה שונה מזו של אוכלוסייה עם התפתחות תקינה. אמנם היכולת הבסיסית של אוכלוסייה עם מש"ה נמוכה יותר, אך היא נותרת יציבה בגילאים השונים.

נתיב ההתפתחות היציב בכושר המוזיקלי מקביל לנתיב ההתפתחות היציב שנמצא במחקרנו באינטליגנציה הפלואידית. בדומה לאינטליגנציה הפלואידית (Horn, 1968; McGrew, 2009), שהיא יכולת מולדת הכוללת הבנת יחסים מופשטים, תפיסה מרחבית ותהליכים הבאים לידי ביטוי בזיכרון לטווח קצר ולטווח ארוך (Cattell, 1987; Horn, 1988) - כך גם הכושר המוזיקלי הינו יכולת מולדת (Talamini et al., 2018) הכוללת הבחנה בארגון המרחבי של תדרים שונים (Levitin, 2012; Randel, 1978) ומבוסס על זיכרון מוזיקלי (Talamini et al., 2017).

בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה, הכושר המוזיקלי מתפתח בשלבים, במקביל לרכישת הידע הסימבולי (Zimmerman, 1984, 1986) ומתייצב במהלך גיל ההתבגרות (Gordon, 2007; Hargreaves, 1996) גם ללא הכשרה מוזיקלית (Bigand & Poulin-Charronnat, 2006; Stalinski & Schellenberg, 2012). גם זיכרון העבודה החזותי-מרחבי (Trainor & Corrigan, 2010; Conklin et al., 2007; Farrell Pagulayan et al., 2006; Gathercole et al., 2004; Luciana et al., 2005; Clark et al., 2006; Vakil et al., 2010) מתייצבים במהלך ההתבגרות האמצעית, ולכל המאוחר בגיל 16. גיל ההתייצבות המקביל של הכושר המוזיקלי ושל מדדי הזיכרון כפי שנמצאו במחקרים קודמים, כמו-גם נתיב ההתפתחות היציב של הכושר המוזיקלי ושל האינטליגנציה הפלואידית שנמצא במחקרנו, מחזק את הטענה כי הכושר המוזיקלי הוא פלואידי באופיו - הן בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה והן בקרב אוכלוסייה עם מש"ה.

דפוס התשובות במבחני הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40): מטרה נוספת של המחקר הייתה לבדוק אם יימצאו הבדלים (על-פי מדד

ההישגים) בקבוצות המחקר והגיל במבחני הכושר המוזיקלי. דפוס התשובות במבחנים העלה קווים משיקים וקווים דיפרנציאליים בין קבוצות המחקר :

קווים משיקים : אף כי הציונים במבחני הכושר המוזיקלי בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאו גבוהים בהשוואה לאלו של אוכלוסייה עם משי"ה, בשתי קבוצות המחקר נמצא דפוס תשובות דומה : הציונים (על-פי מדד ההישגים) *במבחן צליל* נמצאו גבוהים במובהק בהשוואה לציונים במבחנים *דימוי מלודיה* *דימוי הרמוניה* ($p = .000$) ; בשתי הקבוצות לא נמצאו הבדלים בציונים במבחני הכושר הריתמי (*מבחן מקצב*, *מבחן דימוי מפתח* ו*מבחן דימוי משקל*) כתלות בסוג המבחן, ולא נמצאו הבדלים בציונים בזיקה לקבוצות הגיל.

מחקרינו מעלה את המחלוקת הקיימת ביחס למהות המוגבלות השכלית. על-פי הגישה הדיפרנציאלית (Differential approach), אוכלוסייה עם משי"ה שונה באופן מהותי ואיכותי מאוכלוסייה עם התפתחות תקינה. קיימות נקודות חולשה וחוזק בתחומי תפקוד שונים, והפרופיל הקוגניטיבי, גם של אוכלוסייה עם משי"ה לא"ס עצמה, אינו אחיד (Detterman, 1987; Vicari et al., 1992). על-פי הגישה ההתפתחותית (Developmental approach), הפרופיל הקוגניטיבי של אוכלוסייה עם משי"ה ושל אוכלוסייה עם התפתחות תקינה הינו אחיד (Flat cognitive profile) ; ושלבי ההתפתחות הקוגניטיבית זהים עד לשלב האופרציות הפורמליות (Piaget, 1954, 1970). ההבדל בין האוכלוסיות הוא סטטיסטי-כמותי ובקרב אוכלוסייה עם משי"ה ההתפתחות איטית יותר (Hodapp & Zigler, 1997; Zigler, 1969; Zigler & Balla, 1982). נציין, כי בין החוקרים קיימת מחלוקת באשר ליכולתה של אוכלוסייה עם משי"ה לרכוש אופרציות פורמליות, אולם מחלוקת זו אינה מעניינו של המחקר הנוכחי. במחקרינו נמצא נתיב התפתחות דומה (יציב) בכושר המוזיקלי בשתי קבוצות המחקר, אך גם דפוס התשובות במבחנים המוזיקליים נמצא דומה. על-אף שהציונים של אוכלוסייה עם התפתחות תקינה גבוהים בהשוואה לאלו של אוכלוסייה עם משי"ה, דפוס התשובות הדומה מעיד על חשיבה מוזיקלית דומה בשתי האוכלוסיות, ובכך הוא תואם לגישה ההתפתחותית.

עדיין עולה השאלה, מדוע בשתי קבוצות המחקר הציונים (על-פי מדד ההישגים) *במבחן צליל* נמצאו גבוהים בהשוואה לציונים *במבחן דימוי מלודיה* *ובמבחן דימוי הרמוניה* ? *במבחן צליל* (דוגמא 1, עמ' 110) הנבדק נדרש להבחנה בין תבניות ; עליו לקבוע אם גובה הצלילים בתבנית השנייה (b) שווה (Same) לגובה הצלילים בתבנית הראשונה (a) או שונה (Different). במבחנים *דימוי מלודיה* (דוגמא 4, עמ' 127) *דימוי הרמוניה* (דוגמא 5, עמ' 128) לעומת זאת, הנבדק נדרש למציאת דמיון בין תבניות (חד-קוליות או דו-קוליות, בהתאמה). בתבנית השנייה (b) תמיד ישנם יותר צלילים מאשר בתבנית הראשונה (a), אולם עליו לקבוע אם התבנית השנייה דומה (Like) לראשונה, כלומר, אם ישנם צלילים משותפים לשתי התבניות, או אם התבניות שונות (Different). *במבחן צליל*, בו נדרשת הבחנה בין תבניות, הציונים נמצאו גבוהים בהשוואה לציונים במבחנים *דימוי מלודיה* *דימוי הרמוניה*, בהם נדרשת מציאת דמיון. במבחנים בהם נדרשת השוואה (שווה/שונה), הנבדק נדרש לשמר בזיכרון את הצלילים של התבנית הראשונה ולהעביר את הקשב לתבנית השנייה ככל שרצף הצלילים מתקדם ; ואילו במבחנים בהם נדרשת מציאת דמיון (דומה/שונה), הנבדק נדרש גם להימנע מהיסח-הדעת בעקבות צלילים שנוספו לתבנית השנייה ; כלומר, לשם מציאת דמיון בין תבניות נדרשת מעורבות גבוהה יותר של זיכרון העבודה

(Granot et al., 2013). המסקנה היא, כי לשם מציאת דמיון בין תבניות (דומה/שונה), נדרשים משאבים קוגניטיביים גבוהים בהשוואה לאלו שנדרשים לשם הבחנה ביניהן (שווה/שונה), ולפיכך בשתי קבוצות המחקר הציונים במבחן צליל נמצאו גבוהים בהשוואה לציונים במבחן דימוי מלודיה ובמבחן דימוי הרמוניה.

תמיכה נוספת לטענתנו עשויה להתקבל גם מנתיבי ההתפתחות השונים של הכושר המוזיקלי: בעוד שהבחנה (שווה/שונה) בגובה הצליל (Fancourt et al., 2013) ובשינויים ריתמיים (Krampe et al., 2002; Moog, 1976) מתייצבת בגילאי 6-7, הבחנה בכיוון השינוי (צליל עולה/יורד) מתייצבת רק בסביבות גילאי 11 (Fancourt et al., 2013), רגישות מלודית מתייצבת בגילאי 10-11 ותפיסה הרמונית דומה לזו של מבוגרים רק בגילאי 10-12 (Trainor & Corrigan, 2010). עם זאת נציין, כי במחקר הדמיה נמצא (Corrigan & Trainor, 2014) כי בני ארבע גילו רגישות הן לסולם והן להרמוניה. כלומר, לפני שהידע בא לידי ביטוי באופן מפורש במטלות התנהגותיות, קיים ידע סמוי.

קווים דיפרנציאליים: בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה הציונים (על-פי מדד ההישגים) במבחן דימוי מלודיה נמצאו גבוהים בהשוואה לציונים במבחן דימוי הרמוניה ($p = .001$). ממצא זה תואם לציוני התקן בסוללת MAP (Gordon, 1995b); בכל רמות הגיל (10-12, 13-15, 16-18) ציוני הגלם במבחן דימוי מלודיה (26.1, 28.2, 30.6, בהתאמה) נמצאו גבוהים בהשוואה לציונים במבחן דימוי הרמוניה (23.9, 26.5, 29.5, בהתאמה). מכאן, כי לשם מציאת דמיון בין תבניות דו-קוליות (במבחן דימוי הרמוניה) נדרשים משאבים קוגניטיביים גבוהים בהשוואה לאלו שנדרשים לשם מציאת דמיון בין תבניות חד-קוליות (במבחן דימוי מלודיה).

בקרוב אוכלוסייה עם מש"ה לא נמצאו הבדלים בציונים בין מבחן דימוי מלודיה לבין מבחן דימוי הרמוניה ($p = .248$). במחקרנו נמצא, כי מבוגרים עם מש"ה התקשו לענות על השאלות מעבר לרמת הניחוש במבחן דימוי מלודיה ומתבגרים התקשו במבחן דימוי הרמוניה. ייתכן כי בשל הציונים הנמוכים בשני מבחנים אלו גם לא נמצאו הבדלים ביניהם.

דפוס התשובות בפריטים במבחני הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה): מעבר לניתוחי השונות, בכל מבחן נערך ניתוח פריטים, שמטרתו הייתה לבדוק אם יימצא הבדל בין הפריט עליו נבדקים עם מש"ה קיבלו את הציון הגבוה/הנמוך ביותר, לבין הפריט עליו נבדקים התפתחות תקינה קיבלו את הציון הגבוה/הנמוך ביותר. נדגיש, כי ניתוח הפריטים אינו ממטרותיו העיקריות של המחקר, ולאור זאת לא העלינו השערות. עם זאת, הדוגמאות להלן עשויות לשמש כהמלצה למחקרים עתידיים. ניתוח הפריטים עשוי להסביר את החשיבה המוזיקלית באופן מעמיק יותר - ובשל כך חשיבותו. בדפוס התשובות בפריטים עלו קווים משיקים בין שתי קבוצות המחקר:

במבחן צליל נבדקים בשתי קבוצות המחקר קיבלו את הציון הנמוך ביותר על פריט 4 (44.89% מהנבדקים עם מש"ה ענו נכונה על פריט זה, 79.16% מהנבדקים עם התפתחות תקינה). כלומר, הקושי בעיבוד

גובה הצליל - משותף לשתי קבוצות המחקר. בפריט 4 (דוגמא 1) התבניות שונות: הראשונה (a) מורכבת מהצלילים סול2, דו2, סול1 והשנייה (b) מהצלילים מי2, דו2, סול1.



דוגמא מס. 1: פריט 4 מתוך מבחן צליל (Gordon, 1986a, 1986b)

הסברים אפשריים לציון הנמוך בפריט 4: (א) הציפייה להשלמה: התבנית השנייה מורכבת משלושה צלילי אקורד דו מז'ור (דו, מי, סול) והראשונה משני צליליו (דו, סול). ייתכן כי המאזין מקודד בטעות את הצליל "סול" כצליל "מי" משום שהוא מצפה להשלים את הצליל (מי) החסר באקורד; ולכן במקום לזהות את התבניות כ"שונות" הוא מזהה אותן כ"שוות". הציפייה נוצרת מתוך חוקים מנטאליים, כגון הקבצה ושאיפה להשלמה, המארגנת את רצף הצלילים (Meyer, 1956); (ב) מיקום השינוי: ההבדל בין התבניות הוא בצליל הראשון - המוקדם. ייתכן כי המאזין נוטה לזכור טוב יותר את הצליל האחרון שהושמע אך נוטה לטעות יותר כשההבדל הוא בצליל הראשון; (ג) שילוב בין הציפייה להשלמה לבין מיקום השינוי.

במבחן מקצב בו נדרשת הבחנה בין משכי זמן של אירועים עוקבים (Cohen, 1986), הנבדק מאזין לזוג תבניות המבוצע בגובה צליל אחיד; עליו לקבוע אם המקצב בתבנית הראשונה (a) שווה או שונה מהתבנית השנייה (b). במבחן זה, נבדקים בשתי קבוצות המחקר קיבלו את הציון הגבוה ביותר על פריט 3 (85.71%) מהנבדקים עם מש"ה ענו נכונה על פריט זה, 97.91% מהנבדקים עם התפתחות תקינה). כלומר, יכולת העיבוד המיטבי של המקצב - משותפת לשתי קבוצות המחקר. בפריט 3 (דוגמא 2) המקצבים שונים: בתבנית הראשונה (a) שמינית, חצי מנוקד; ובשנייה (b) רבע מנוקד, שתק של רבע מנוקד, חצי מנוקד.



דוגמא מס. 2: פריט 3 מתוך מבחן מקצב (Gordon, 1986a, 1986b)

הסברים אפשריים לציון הגבוה בפריט 3: (א) מספר הנקישות בתבנית: מספר הנקישות בכלל הפריטים

במבחן מקצב נע בין 2-11. בפריט זה בו נמצא הציון הגבוה, ישנן שתי נקישות בלבד בתבנית, ואילו בפריט 14 בו נמצא הציון הנמוך (בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה), ישנה כמות מקסימאלית של 11 נקישות בתבנית. כלומר, ככל שמספר הנקישות בתבנית קטן יותר, כך הציון גבוה יותר; (ב) יחסי הזמן בין הנקישות: בתבנית הראשונה הרווח בין הנקישות הראשונה לבין השנייה הוא שמינית, ואילו בתבנית השנייה ישנו שתק של רבע מנוקד בין הנקישות. כלומר, יש הבדל גדול בין יחסי הזמן בין שתי התבניות. מכאן, כי ככל שההבדל בין יחסי הזמן בין הנקישות גדול יותר, כך הציון בשתי הקבוצות גבוה יותר; (ג) שילוב בין הבדל גדול בין יחסי הזמן בין הנקישות לבין מספר קטן של נקישות בכל תבנית.

במבחן דימוי משקל, בו נדרשת הבחנה בין פעמות מוטעמות לבלתי-מוטעמות, הנבדק מאזין לזוג תבניות מלודיות המנוגגות בכינור. גובה הצליל בשתי התבניות תמיד שווה, אך אם התבניות שונות, הסיבה לכך היא שינוי במשקל; כלומר, במיקום הצלילים המוטעמים ומודגשים. נבדקים בשתי קבוצות המחקר קיבלו את הציון הגבוה ביותר על פריט 7 (4a) (77.55% מהנבדקים עם מש"ה ענו נכונה על פריט זה, 95.83% מהנבדקים עם התפתחות תקינה). כלומר, יכולת העיבוד המיטבי של המשקל - משותפת לשתי קבוצות המחקר. פריט 7 (4a) (דוגמא 3):



דוגמא מס. 3: פריט 7 (4a) מתוך מבחן דימוי משקל (Gordon, 1995a, 1995b)

הסבר אפשרי לציון הגבוה בפריט 7 (4a): בפריט זה התבניות אמנם שונות זו מזו, אך בשתיהן משקלים פשוטים: תבנית a במשקל 4/4 ותבנית b במשקל 3/4. לשם השוואה, בשתי קבוצות המחקר הציונים הנמוכים התקבלו בתבניות במשקלים מורכבים. לדוגמא, בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה הציון הנמוך ביותר התקבל בפריט 5, בו התבניות במשקל 5/4 (משקל מורכב). מכאן, כי ככל שהמשקלים פשוטים יותר, כך יכולת ההבחנה ביניהם טובה יותר.

4.3. חלק ג': הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי); תרומת משתני הרקע (גיל ומגדר) והמשתנים התלויים (אינטליגנציה וזיכרון) להסבר השונות בכושר המוזיקלי

מטרה נוספת של המחקר הייתה בדיקת הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) והזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי; ותרומת משתני הרקע (גיל ומגדר) והמשתנים התלויים (האינטליגנציה והזיכרון) להסבר השונות בכושר המוזיקלי בשתי קבוצות המחקר. הממצאים העלו קווים משיקים וקווים דיפרנציאליים בין קבוצות המחקר. תחילה נתייחס לקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי); בהמשך, לקשר בין זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) לבין הכושר המוזיקלי; לאחר-מכן, לקשר בין מדדי הזיכרון האפיזודי (רמת הלמידה, אפקט השחייה הלמידה ורמת ההיכר) לבין הכושר המוזיקלי; ולבסוף, לתרומת משתני הרקע (גיל ומגדר) להסבר השונות בכושר המוזיקלי בשתי קבוצות המחקר. ראוי לסייג את הממצאים אשר רמת המובהקות שלהם היא של $p < .05$, ולהתייחס אליהם במשנה זהירות. עם זאת נציין, כי כלל המתאמים אשר מוצגים בחלק זה נבחנו כהשערות דו-צדדיות (Two-tailed) על אף שהשערותינו היו חד-צדדיות (One-tailed). בפרק זה הניתוחים במבחנים המוזיקליים נערכו על מדד ה- d^2 .

הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) - קווים משיקים בין קבוצות המחקר: מתוצאות מתאמי פירסון עולה, כי בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה נמצא מתאם בינוני ($r = .30-.36$) בין הציונים במבחני האינטליגנציה הפלואידית (רייבן וסידור קוביות) לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי. מבחן רייבן נמצא במתאם עם הכושר המוזיקלי (מדד כללי) והטונלי (ובאופן ספציפי עם מבחן צליל) ומבחן סידור קוביות נמצא במתאם עם מבחן דימוי מפעם.

המגמות שנמצאו במתאמים נמצאו גם בניתוחי הרגרסיה: במבחן רייבן נמצאה תרומה של 11.7% להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי), 11.7% להסבר השונות בכושר הטונלי ו-12.6% במבחן צליל; במבחן סידור קוביות נמצאה תרומה של 12% להסבר השונות במבחן דימוי מלודיה ו-10.9% במבחן דימוי מפעם. כלומר, בשני המבחנים נמצאה תרומה להסבר השונות במבחנים הטונליים ובמבחן סידור קוביות נמצאה תרומה להסבר השונות גם במבחן ריתמי.

גם בקרב נבדקים עם מש"ה נמצא מתאם בינוני ($r = .29-.42$) בין הציונים במבחני האינטליגנציה הפלואידית לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי. שני מבחני האינטליגנציה הפלואידית נמצאו במתאם עם הכושר המוזיקלי (מדד כללי) והריתמי (ובאופן ספציפי עם מבחן דימוי משקל); ומבחן רייבן נמצא במתאם עם הכושר הטונלי (ובאופן ספציפי עם מבחן דימוי מלודיה) ועם מבחן דימוי מפעם.

מגמות דומות נמצאו בניתוחי הרגרסיה: במבחן רייבן נמצאה תרומה של 17% להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי), 15.6% להסבר השונות בכושר הטונלי ו-10.2% במבחן דימוי מלודיה; ואילו במבחן סידור

קוביות נמצאה תרומה של 7.1% להסבר השונות בכושר הריתמי ו-14.7% במבחן דימוי משקל. כלומר, במבחן רייבן נמצאה תרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי) והטונלי; ובמבחן סידור קוביות נמצאה תרומה להסבר השונות רק בכושר הריתמי.

בשתי קבוצות המחקר נמצא מתאם חיובי בין האינטליגנציה הפלואידית, אך לא הקריסטלית, לבין הכושר המוזיקלי; ובשתייהן נמצאה תרומה של האינטליגנציה הפלואידית, אך לא הקריסטלית, להסבר השונות בכושר המוזיקלי. במבחן רייבן נמצאה תרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי) והטונלי (אך לא הריתמי) ובאילו מבחן סידור קוביות נמצאה תרומה להסבר השונות בעיקר בכושר הריתמי.

האינטליגנציה הפלואידית הינה יכולת מולדת, אשר כוללת הבנת יחסים מופשטים ותפיסה מרחבית (Horn, 1968; McGrew, 2009); ואילו הכושר המוזיקלי מתייחס ליכולת מולדת לתפיסת צלילים, מלודיות, אקורדים (הרמוניה) ומקצבים (Schellenberg & Weiss, 2013; Talamini et al., 2018). במחקרים בקרב תינוקות נמדדו שינויים חשמליים במוח (ERP) בעת האזנה לגירויים עם חריגה בזרם הצלילים (MMN). ה-MMN מייצג איתור אוטומטי של שינוי בלתי צפוי (בגובה, בגוון, בעוצמה, בתבנית וכו') בזרם הצלילים, שמתרחש כ-120-250 אלפיות השנייה לאחר החריגה (Marie & Trainor, 2013, 2014). נמצא כי תינוקות בני-יוםם (גיל לידה עד חודשיים) גילו רגישות לטונליות (מז'ור/מינור, קונסוננס/דיסוננס) (Virtala et al., 2013); והשמטת הפעמה החזקה (Downbeat) עוררה אצלם פעילות מוחית הקשורה להפרת ציפיות (Winkler et al., 2009). יכולת הבחנה בשינויים בגובה הצליל בגילאי 3-4 חודשים נמצאה דומה לזו של מבוגרים (He et al., 2009); ולא נמצא קשר בין פעילות מוזיקלית בלתי-פורמלית לבין תגובת ה-MMN בגילאי שנתיים-שלוש (Putkinen et al., 2013). במחקר (Wang et al., 2018) בקרב חולים חסרי הכרה (DOC - Disorders of consciousness) נבדקו מתאמים בין ציונים במבחני הערכה קלינית לבין שינויים חשמליים (ERP) המתרחשים במוחם בעת האזנה לגירויים סטנדרטיים וגירויים עם חריגה (גדולה או קטנה) בתדירות. נמצאה אינטראקציה משמעותית בין חריגה בתדירות לבין האזור הקדמי-מרכזי (Frontocentral) ונמצא מתאם בין החריגה בתדירות לבין הציונים במבחני ההערכה. התוצאות מעידות על התכונות המרחביות של ה-MMN ומספקות מיקום מדויק יותר (Frontocentral) להערכה קלינית של חולים עם בעיה במצב ההכרה (DOC). תגובות ה-MMN בקרב תינוקות ובקרב חסרי הכרה מצביעות על הבחנה אוטומטית בשינויים בזרם הצלילים ומחזקות את הטענה (Schellenberg & Weiss, 2013; Talamini et al., 2018) כי הכושר המוזיקלי הינו מולד, אשר אינו תלוי בחשיפה למוזיקה.

הקשר בין תפיסה מרחבית לבין פרמטרים מוזיקליים נחקר בהרחבה במהלך השנים (e.g., Evans & Treisman, 2010; Schellenberg & Weiss, 2013); ואף כי נמצא קשר בין גירויים חזותיים-מרחביים לבין גירויים מוזיקליים (e.g., Stoesz et al., 2007; Swaminathan et al., 2017), הממצאים אינם חד-משמעיים. לדוגמה, על-פי אפקט ה-SMARC (Spatial-Musical Association of Response Codes) "קו הגובה

המנטאלי" (Mental pitch line) (גובה הצליל) משפיע על התגובות המוטוריות. מוזיקאים ולא-מוזיקאים קישרו צלילים גבוהים עם תנועה כלפי מעלה וצלילים נמוכים עם תנועה כלפי מטה, אולם רק מוזיקאים קישרו תנועה לשמאל עם צלילים נמוכים ולימין עם צלילים גבוהים (Rusconi et al., 2006; Lidji et al., 2007). במחקרים אחרים, לעומת זאת, נמצא קשר אוטומטי מסוים בין גובה הצליל לבין המרחב האופקי גם בקרב לא-מוזיקאים. כלומר, אסוציאציות מרחביות-מוזיקליות אינן תלויות בהכרח בחוויות מוטוריות קבועות (כמו אצל מוזיקאים), אלא משקפות נטייה לייצוג מידע סדור על קו אופקי (Ishihara et al., 2013; Hartmann, 2017).

ממצאים סותרים עלו גם במחקרים בקרב נבדקים עם וללא אמוזיה, בביצוע מטלת סיבוב מנטאלי ומיפוי צלילים במרחב. בעוד שבמחקרם של דאגלאס וביילקי (Douglas & Bilkey, 2007) נבדקים עם אמוזיה השיגו ציונים נמוכים יותר בשתי מטלות אלו ולא קישרו בין גובה הצליל לבין גובה במרחב הפיזי, במחקרם של טילמן ואחרים (Tillmann et al., 2010) לא נמצאו הבדלים בין קבוצות המחקר בביצוע מטלות אלה; כלומר, הפגיעה הנוירו-קוגניטיבית של האמוזיה לא השפיעה על התפיסה המרחבית.

אחד ההסברים (Besson et al., 2012) לקשר בין יכולות מרחביות לבין כושר והכשרה מוזיקלית (e.g., Brody, 1992; Hetland,) (Transfer) הינו אפקט "ההעברה" (Strait et al., 2011, 2012; Zuk et al., 2014) (2000; Thorndike & Woodworth, 1901) לפיו, לכישורים שונים ישנם תהליכי עיבוד מידע משותפים. אפקט "ההעברה" תלוי במידת הקרבה בין סוגי הלמידה. "העברה קרובה" מתרחשת כאשר מוטוריקה עדינה מתפתחת כתוצאה מאימון בנגינה ומובילה למהירות ודיוק בהקלדה; ואילו "העברה רחוקה" מתרחשת כאשר תרגול תבניות מקצב מוביל להבנה מתמטית (Hyde et al., 2009). על-פי מודל ה-OPERA (Patel, 2011) למוזיקה יש מאפיינים ייחודיים כגון, דרישות דיוק, עוררות והשפעה חיובית על מצב-הרוח, אשר מאפשרים לה להשפיע על יכולות קוגניטיביות אחרות. עם זאת, במטא-אנליזה (Sala & Gobet, 2017) נמצאה השפעה כללית מועטה ($d^+ = 0.16$) של ההכשרה המוזיקלית על הכישורים הקוגניטיביים בקרב ילדים ומתבגרים בגילאי 3-16, ואף נמצא קשר הפוך בין מידת ההשפעה לבין האיכות המתודולוגית של המחקר. החוקרים הסיקו, כי העברה רחוקה מתרחשת רק לעיתים נדירות.

לטענת החוקרים, השוואה בין מוזיקאים לבין לא-מוזיקאים היא מאתגרת מטבעה (Ullén et al.,) (2016): סביר להניח כי בעלי כישרון מוזיקלי גם יחפצו בלימודים אשר בתורם, יוכלו לשפר את ביצועיהם במבחנים (Swaminathan, & Schellenberg, 2018). גם מדידת הכושר המוזיקלי בגיל הילדות מהווה אתגר, משום שההכשרה וההתבגרות מתרחשות בו זמנית, מה שמקשה על הפרדה בין השפעת הניסיון המוזיקלי לבין ההתפתחות הקוגניטיבית (Galván, 2010; Corrigan & Schellenberg, 2015). אולם במחקרינו נבדקו משתתפים חסרי הכשרה מוזיקלית בשתי קבוצות המחקר בגילאי 17+, אשר התפתחותם המוזיקלית הושלמה (e.g., Fancourt et al., 2013; Trainor & Corrigan, 2010).

עוד טוענים החוקרים (Schellenberg & Weiss, 2013), כי הקשר בין התחומים הוא אסוציאטיבי-מעגלי: בעלי יכולת כללית גבוהה מפגינים ביצועים טובים הן במבחנים מוזיקליים והן במבחנים קוגניטיביים. הכשרה מוזיקלית אמנם עשויה לנבא ביצועים טובים יותר במבחני הכושר המוזיקלי, אך כיוון הסיבתיות אינו ברור (Swaminathan & Schellenberg, 2018). בעוד שהמחקרים לעיל (e.g., Besson et al., 2012; Sala & Gobet, 2017) התמקדו בתרומת הכושר וההכשרה המוזיקלית לפיתוח היכולות הקוגניטיביות, מחקרנו מתמקד בתרומת היכולות הקוגניטיביות להסבר השונות בכושר המוזיקלי (כלומר, בכיוון ההפוך). בכך מחקרנו מצטרף לסדרת מחקרים אשר בדקה את תרומת היכולות הקוגניטיביות ותרומת משתני הרקע (באוכלוסייה עם מש"ה ועם התפתחות תקינה) לתפיסת השפה הליטרלית, הפיגורטיבית והנרטיבית (פרוינדליך, 2020), לתפיסת הדת (Lifshitz & Katz, 2009) ולזיכרון האפיזודי (Chen et al., 2017).

עולה השאלה, מדוע בשתי קבוצות המחקר מבחן רייבן תרם להסבר השונות בכושר הטונלי (אך לא הריתמי) ואילו מבחן סידור קוביות תרם להסבר השונות בעיקר בכושר הריתמי? במחקרים קודמים נמצא, כי קליטת גובה צליל וקליטת הריתמוס פועלות בסינכרוניזציה (Peretz & Zatorre, 2004): הבסיס האנטומי לשילוב בין המידע הטונלי לבין הריתמי מתרחש במנגנון התלמוס-קורטיקלי (Thalamocortical mechanisms), כאשר מערכות קלט (Inputs) משלבות בין התוכן (Content) הטונלי לבין ההקשר (Context) הריתמי בקליפת השמע, תוך שימוש במנגנוני הובלה (Driving) ואפנון (Modulatory) (Musacchia et al., 2014). עם זאת, אלו הם שני תהליכים נפרדים (Peretz & Zatorre, 2004) - אדם יכול להשיג מומחיות ביכולת אחת אך לא באחרת (Levitin, 2012). בעוד שייצוגים של גובה הצליל נקשרים בעיקר למסלול הטמפורלי-פרונטלי (Peretz et al., 2009), ייצוגי המקצב נפוצים, נקשרים למוח הקטן (Cerebellum), לגרעינים הבזאליים (Basal ganglia) ולמערכות תת-קורטיקליות רבות (Chen et al., 2006; Levitin, 2012). בהתאם לכך, אמוזיה (Congenital Amusia) - לקות מוזיקלית המתרחשת בקרב 1.5% מהאוכלוסייה (Peretz & Vuvan, 2017), מתבטאת בעיקר בחוסר הבחנה בגובה הצליל (Hyde et al., 2011) ואילו לקות ריתמית היא נדירה (Peretz et al., 2009).

הכושר הטונלי כולל יכולת לזהות ולהבחין בין תבניות צליל על-פי גובהן (Pitch) (היחסי או המוחלט), הגוון, העוצמה והבהירות (McDermott et al., 2008). תפיסת הגובה, אשר כוללת הבחנה בתדרים וזיהוי כיווני השינוי, מהווה גורם מרכזי בתפיסה ובהערכה המוזיקלית (Fancourt et al., 2013); ובעת האזנה למוזיקה המאזין מקודד את האופן שבו גובה הצלילים עוקב זה אחר זה (McDermott & Oxenham, 2008). הכושר הריתמי כולל הבחנה בין דפוסים מוטוריים תחומים בזמן (Periodic motor), יכולת לחלץ את הפעמה מתוך תבנית השמע (Beat extraction), תיאום (סנכרון) בין הדפוס המוטורי לבין הפעמה (Audio-motor) (entrainment) ותפיסת המשקל (Meter perception), דהיינו, קיבוץ של לפחות שתי פעמות (הברות או צלילים) חזקות וחלשות (strong - weak) במבנה היררכי (Kotz et al., 2018).

במבחן רייבן הנבדק נדרש להשלים חלק חסר במטריצה על-ידי בחירה באחת מבין שש או שמונה אפשרויות המוצגות בפניו ואילו במבחן סידור קוביות הוא נדרש לשחזר בזמן מוגבל ובאמצעות קוביות דגם אשר הופיע בתמונה. בשני המבחנים נדרשת הבחנה חזותית-מרחבית, אך בעוד שרייבן הוא מבחן חשיבה, סידור קוביות הוא מבחן אקטיבי, שנדרשת בו יכולת ביצועית טמפורלית (מוגבלת בזמן) ומוטורית (בניית דגם). ייתכן כי מבחן רייבן קשור יותר לכושר הטונלי משום שהוא מכיל בעיקר חשיבה מרחבית ואילו מבחן סידור קוביות קשור יותר לכושר הריתמי משום שהוא מכיל גם ביצוע טמפורלי-מוטורי.

ממחקרנו עולה, כי הכושר המוזיקלי דומה באופיו בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ובקרב אוכלוסייה עם מש"ה; ובשתי האוכלוסיות הוא מתנהג בדומה לאינטליגנציה הפלואידית (אך לא הקריסטלית) בשלושה היבטים: (א) נתיב התפתחות האינטליגנציה הפלואידית והכושר המוזיקלי הוא יציב, לעומת נתיב התפתחות האינטליגנציה הקריסטלית שהינו מתמשך; (ב) נמצאו מתאמים בין האינטליגנציה הפלואידית, אך לא הקריסטלית, לבין הכושר המוזיקלי; (ג) נמצאה תרומה של האינטליגנציה הפלואידית, אך לא הקריסטלית, להסבר השונות בכושר המוזיקלי. הן האינטליגנציה הפלואידית (Horn, 1968; McGrew, 2009) והן הכושר המוזיקלי (Schellenberg & Weiss, 2013; Talamini et al., 2018) הן יכולות מולדות הכוללות הבנת יחסים מופשטים ותפיסה מרחבית, ולאור זאת בשתי קבוצות המחקר נמצא מתאם חיובי בין התחומים ונמצאה תרומה של האינטליגנציה הפלואידית להסבר השונות בכושר המוזיקלי. ממצאינו מאששים ממצאים קודמים (e.g., Strait et al., 2011, 2012; Zuk et al., 2014) ומחזקים את הטענה כי הכושר המוזיקלי הוא פלואידי באופיו.

עדיין נותרת השאלה, מדוע בשתי קבוצות המחקר לא נמצא קשר בין האינטליגנציה הקריסטלית לבין הכושר המוזיקלי? כאמור, האינטליגנציה הקריסטלית כוללת ידע בתחומי השפה, אוצר מילים, הבנת הוראות; היא מושפעת מסביבה, מלמידה פורמלית, בלתי-פורמלית, מתרבות ומהתערות בחברה (Beauducel et al., 2001; McGrew, 2009). בדומה לכך, הידע המוזיקלי נרכש מתוך חשיפה לתרבות, גם ללא הדרכה פורמלית (Corrigall, & Trainor, 2014). הן המוזיקה והן השפה מאורגנות בממד הזמן, מגיעות אל מערכת השמע בטווח נרחב של תדירויות וגבהים, מורכבות ממספר קטן של אלמנטים בסיסיים (פונמות, צלילים) אשר מתחברים זה לזה על-פי חוקיות תלויות תרבות, יוצרות אינסוף אפשרויות בעלות משמעות ולשתיהן מערכת סימנים לייצוג הצלילים (McMullen & Saffran, 2004). ישנה חפיפה אנטומית בין התכונות האקוסטיות המשמשות בעיבוד המוזיקה והשפה (Patel, 2011); ואף כי שתיהן מעובדות באזורי מוח שונים, באינטגרציה של המידע הן חולקות מנגנונים קוגניטיביים משותפים (Patel, 2003, 2008).

לשפה ולמוזיקה מערכת עקרונות אחת המתפקדת בשני רבדים: הרובד הפונולוגי, אשר עוסק בבחירת יחידות הצליל ומארגן על-ידי התחביר; ורובד המשמעות (סמנטיקה) אשר מעניק לרובד הפונולוגי פרשנות מסדר גבוה, תלוי הקשר ותרבות (Brown, 2000). המשמעות המוזיקלית, שלעיתים היא אסוציאטיבית, סובייקטיבית וחד-פעמית, נוצרת מתוך ציפיות המאזין (Meyer, 1956) ומהאופן בו הוא מארגן רצפי צליל לכדי יחידות קוהרנטיות בעלות מבנה מוגדר (Lehrdahl & Jackendoff, 1983).

הרכיבים המשותפים לשפה ולמוזיקה מצויים בפרוזודיה (ההיבט המוזיקלי של הדיבור) ומועברים באמצעות גובה הקול/הצליל, עוצמה, הנגנה/אינטונציה (שינוי בגובה הקול כתחליף לסימני הפיסוק, כגון סימן שאלה או סימן קריאה), הטעמה/משקל וריתמוס (Molino, 2000). רמזים פרוזודיים נחשבים בדרך כלל חיוניים לרכישת השפה; ועיבוד מידע פרוזודי כרוך במיומנויות הדומות לאלו הנדרשות לתפיסת המוזיקה (Sallat & Jentschke, 2015). בהתאם לכך, במחקרים רבים נמצא קשר בין ההיבטים השמיעתיים של השפה, כגון חריזה, פילוח, השמטת הברות (Culp, 2017; Forgeard et al., 2008; Huss et al., 2011; Overy et al., 2003; Sallat & Jentschke, 2015) ולימוד שפה זרה (Milovanov et al., 2008, 2009, 2010) לבין הכושר המוזיקלי - אך לא להיבטים אחרים, כגון דקדוק ואוצר מילים (Slevc & Miyake, 2006). כאמור, במחקרנו נבדקו מטלות סמנטיות (אוצר מילים וצד שווה) כמייצגות (Canivez et al., 2009; Shao et al., 2014) אינטליגנציה קריסטלית. המסקנה היא, כי מטלות סמנטיות אמנם מהוות מדד לכישורים קוגניטיביים כלליים (Axelrod et al., 2001), אך הן אינן מהוות מדד לכושר מוזיקלי - לא בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ולא בקרב אוכלוסייה עם משי"ה.

תפיסה והפקה של אירועים טמפורליים הן שתי מיומנויות שונות זו מזו, אך ממוקמות לעיתים תחת כותרת אחת של תפיסה (Trainor & Corrigall, 2010). תפיסת אירועים טמפורליים נבדקת לרוב באמצעות הבחנה בין תבניות - זאת בדומה למחקרנו (Gordon, 1986b, 1995b); ואילו הפקה נבדקת לרוב באמצעות שירה (Overy et al., 2003), תנועות גוף (כגון, הקשה או צעדה) (e.g., Drake, 1993; Drake et al., 2000) (בקרב לא-מוזיקאים) וביצוע כלי (בקרב מוזיקאים) (Swaminathan et al., 2017). לדוגמא, במחקר (Thompson et al., 2015) בקרב 145 משתתפים עם וללא הכשרה מוזיקלית, נבדקה יכולת סנכרון הפעמה בחמש קבוצות גיל (13-8, 17-14, 21-18, 42-22, 79-51). מגיל הילדות (8-13) ועד לבגרות הצעירה (22-42) חלה עלייה ביכולת הסנכרון, אולם מגמה זו השתנתה, כאשר מתקופת הבגרות הצעירה ועד למאוחרת חלה ירידה (79-51). נמצא קשר חיובי בין ניסיון בנגינה לבין יכולת הסנכרון, כלומר, על אינטגרציה שמיעתית-מוטורית. החוקרים הסיקו, כי סנכרון עשוי להיות חלון ייחודי להבנת ההאטה באינטגרציה הסנסו-מוטורית. תוצאות דומות התקבלו במחקרים (Drewing et al., 2006; McAuley et al., 2006) בהם נמצא, כי יכולת סנכרון הפעמה עולה עם הגיל, אך בבגרות המאוחרת קיימת ירידה. בדומה לעלייה ביכולת ההפקה הריתמית, גם באינטליגנציה הקריסטלית נמצאה (Kaufman, 2001; Lee et al., 2008) עלייה עם הגיל; עד סביבות גיל 60 נשמרה יציבות ולאחר מכן חלה ירידה הדרגתית. כלומר, נתיב ההתפתחות של מבחני הביצוע אשר נסמכים על ניסיון, דומה לנתיב התפתחות האינטליגנציה הקריסטלית.

נראה כי הקשר בין האינטליגנציה הקריסטלית לבין היכולת המוזיקלית נובע גם מסוג המטלה המוזיקלית: מטלות ביצוע מוזיקלי (e.g., Thompson et al., 2015) משקפות יכולות קריסטליות, ולעומת זאת, מטלות כושר מוזיקלי (Gordon, 1986b, 1995b) משקפות יכולות פלואידיות. במחקרנו נבדק הכושר המוזיקלי (אך לא הביצוע) שהוא האספקט העיקרי של התפיסה המוזיקלית (Krumhansl, 2000), מה שמסביר את הקשר

בהקשר זה, מעניין לציין את מחקרם של גרוסרד ואחרים (Groussard et al., 2020), בו נבדקה השפעת התרגול הקבוע (בנגינה ובמשחק) על היכולת הקוגניטיבית בקרב מוזיקאים, שחקני תיאטרון וקבוצת ביקורת, בגילאי 18-84. נמצא קשר הדוק בין תרגול קבוע לבין שיפור במטלות קוגניטיביות, אך נמצאה גם השפעה דיפרנציאלית של סוג התרגול: מוזיקאים היו טובים יותר במטלות תפקודים ניהוליים (d2 Test), זיכרון עבודה (Forward digit span) וחשיבה לא מילולית (Matrix Reasoning), ואילו שחקנים היו טובים יותר במטלות זיכרון מילולי לטווח ארוך (BEM-144's 12 words) ובמטלות שטף פונטי וסמנטי (Phonemic Fluency task; Semantic Fluency task). מסקנת החוקרים היא, כי מכיוון שבגילאים המבוגרים לא חלה ירידה, עשייה אמנותית עשויה להגן מפני ירידה קוגניטיבית. מחקר זה מעיד על חשיבות העיסוק באמנות בכלל ובמוזיקה בפרט, בגיל המבוגר: מוזיקאים היו טובים יותר בעיקר במטלות המשקפות אינטליגנציה פלואידית (תפקודים ניהוליים וחשיבה לא מילולית) ואילו שחקנים היו טובים יותר במטלות המשקפות אינטליגנציה קריסטלית (זיכרון מילולי לטווח ארוך ומטלות שטף פונטי וסמנטי). העיסוק במוזיקה סייע לשמר יכולת פלואידית, על-אף שיכולת זו, בניגוד ליכולת הקריסטלית, קשורה בגורמים פיזיולוגיים, ולכן עם הגיל צפויה הייתה לרדת (Cattell, 1963; Hanushek et al., 2011; Horn, 1985; McGrew, 2009).

קווים דיפרנציאליים: במבחני האינטליגנציה הפלואידית נמצאו מתאמים ותרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי בשתי קבוצות המחקר. במבחני הזיכרון (זיכרון עבודה מילולי, זיכרון עבודה חזותי-מרחבי וזיכרון אפיוזי) לעומת זאת, נמצאו 17 מתאמים בקרב אוכלוסייה עם מש"ה ורק ארבעה בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה; כמו-כן, במבחני הזיכרון (במטלת זכירה מרחבית לאחור ומדד רמת הלמידה) נמצאה תרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי רק בקרב נבדקים עם מש"ה.

על-פי המודל האנכי-אופקי (Cornoldi & Vecchi, 2003), ניתן לחלק את רכיבי הזיכרון לשני רצפים: (1) רצף אופקי (Horizontal continuum) - המתייחס לאופנות המטלה, בדומה למודל שלושת הרכיבים (לולאה פונולוגית, לוח חזותי-מרחבי ומעבד מרכזי) שהציע בדלי (Baddeley, 1990, 2002, 2007); ו-(2) רצף אנכי (Vertical continuum) - המתייחס לעומס הקוגניטיבי (Cognitive load) הנדרש לשם ביצוע המטלה, מעבר לאופנות. עומס קוגניטיבי מוגדר (Cornoldi & Vecchi, 2003) כרמת העיבוד האקטיבי הנדרשת על מנת לתפעל מידע המוחזק בזיכרון הזמני, כלומר, מספר וסוגי המניפולציות הנדרשות מעבר לזכירה (כגון, שינוי סדר, בחירה, אינהיביציה, טרנספורמציה של מידע, התייחסות סימולטאנית לשני ממדים).

זיכרון העבודה נבדק במחקרינו באמצעות שני מבחנים נפוצים (e.g., Conklin et al., 2007) לבדיקת רכיבי זיכרון העבודה (Baddeley et al., 2011): מבחן זכירת ספרות (קדימה ולאחור) אשר בודק את רכיבי זיכרון העבודה באופנות המילולית, ומבחן זכירה מרחבית (קדימה ולאחור) אשר בודק את רכיבי זיכרון העבודה באופנות החזותית-מרחבית. מטלת זכירה מילולית קדימה (Forward digit span) בודקת את הלולאה

הפונולוגית (Phonological loop) אשר אחראית על אחסון זמני למידע שמיעתי; ואילו מטלת זכירה מרחבית קדימה (*Forward Spatial span*) בודקת את הלוח החזותי-מרחבי (*Visuo-spatial sketchpad*) אשר אחראי על אחסון זמני למאפיינים חזותיים-מרחביים. מטלת זכירה מילולית לאחור (*Backward digit span*) ומטלת זכירה מרחבית לאחור (*Backward spatial span*) בודקות את רכיב המעבד המרכזי (*Central executive*) באופנות המילולית והחזותית-מרחבית, בהתאמה. המעבד מרכזי אחראי על בקרת הקשב, מעורב בהפעלת כישורים קוגניטיביים גבוהים, כגון עכבה, תכנון ובמטלות בהן יש לבצע מניפולציה על מידע שמיעתי וחזותי-מרחבי (Baddeley, 1990, 2002, 2007; Baddeley et al., 2011); ומשמש אף כמדד לניבוי האינטליגנציה הכללית והפלואידית (Conway et al., 2002; Engle et al., 1999).

במחקרה של קילברג (2019) נבדקה השפעת גורמים אנדוגניים ואקסוגניים על התפתחות זיכרון העבודה על-פי רמת העומס של המטלה בקרב אוכלוסייה עם משי"ה. נערכה טקסונומיה של שלוש רמות עומס (קלה, בינונית ומורכבת) בכל אחד משלושת רכיבי (ערוצי) הזיכרון (Baddeley et al., 2011). מתוך הטקסונומיה שהתבססה, בין השאר, על סקירה מדעית אינטגרטיבית של 47 מחקרי זיכרון (Lifshitz et al., 2016) עולה, כי מטלות הזכירה (המילולית והחזותית) קדימה הן בעלות רמת עומס נמוכה ואילו מטלות הזכירה (המילולית והחזותית) לאחור, הן בעלות רמת עומס בינונית, גם בקרב אוכלוסייה עם משי"ה.

מבחיני האינטליגנציה בודקים יכולות מורכבות: מבחן רייבן (Raven, 1958) בודק הסקה אנלוגית תוך ביצוע השוואות, מציאת קשרים בין משתנים, סיבתיות, חשיבה לוגית ותפיסת גשטלט (Raven et al., 1986) ואילו מבחן סידור קוביות בודק ארגון, המשגה וכושר מרחבי (וכסלר, 2001). ייתכן כי מבחיני האינטליגנציה בודקים יכולות מורכבות ולכן נמצאו מתאמים ותרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי בשתי קבוצות המחקר; לעומת זאת, מבחיני הזיכרון (זיכרון העבודה והזיכרון האפיזודי) קלים מידי עבור אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ולכן נמצאו רק מתאמים מועטים ולא נמצאה תרומה של מבחנים אלו לכושר המוזיקלי.

תמיכה לטענה זו עשויה להתקבל גם מנתיבי ההתפתחות השונים של האינטליגנציה הפלואידית והזיכרון: בעוד שהזיכרון החזותי-מרחבי (e.g., Conklin et al., 2007) והזיכרון האפיזודי (e.g., Vakil et al., 2010) מתייצבים לכל המאוחר בגיל 16, האינטליגנציה הפלואידית מגיעה לשיאה בהתבגרות המאוחרת (בין גילאי 18-24) עם הבשלת קליפת המוח הקדם חזיתי (Prefrontal cortex) (Jung & Haier, 2003; Gray et al., 2007), ובקרב אוכלוסייה עם משי"ה אף מאוחר יותר (בין גילאי 23-29) (Chen et al., 2017). המסקנה היא, כי במבחנים בהם נבדק קשר בין יכולות קוגניטיביות לבין כושר מוזיקלי יש להתחשב הן באופנות המטלה (כגון: זכירה מילולית/מרחבית) והן ברמת העומס הקוגניטיבי הנדרשת לשם ביצועה.

הסבר אפשרי נוסף לתרומת הזיכרון להסבר השונות בכושר המוזיקלי בקרב אוכלוסייה עם משי"ה בלבד, מתבסס על מחקרם של חן ואחרים (Chen et al., 2017): בעוד שבקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאה תרומה של האינטליגנציה הפלואידית להסבר השונות ביכולת הלמידה ובזכירה לטווח ארוך, בקרב אוכלוסייה

עם מש"ה נמצאה תרומה של האינטליגנציה הקריסטלית למדדים אלו. כלומר, היכולות הקוגניטיביות שלעיתים מפעילות כל אחת מהאוכלוסיות על-מנת לבצע מטלות - הן שונות. לטענת החוקרים, מכיוון שלאוכלוסייה עם מש"ה ישנו קושי ביכולת הפלואידית (קשב, אחזקה ועיבוד של מידע בו זמנית) והמטה-קוגניטיבית (Witt & Vinter, 2013), ייתכן כי היא נסמכת בזכירה על תהליכים אוטומטיים ואסוציאטיביים, כלומר, יותר על יכולת קריסטלית-מילולית ופחות על פלואידית. בדומה לכך, ייתכן כי היעדר התרומה של הזיכרון להסבר השונות בכושר המוזיקלי בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה, מצביע על כך כי כל אחת מהאוכלוסיות מפעילה יכולות קוגניטיביות שונות על-מנת לבצע מטלות מוזיקליות.

הקשר בין זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) - קווים דיפרנציאליים בין קבוצות המחקר: מתוצאות מתאמי פירסון עולה, כי בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ישנו מתאם בינוני ($r = .31-.34$) בין זיכרון העבודה לבין הכושר המוזיקלי; ונמצאו שלושה מתאמים בין שתי מטלות הזכירה *קדימה* לבין הכושר הטונלי. בנייתו הרגרסיה לא נמצאה תרומה של זיכרון העבודה להסבר השונות בכושר המוזיקלי.

גם בקרב נבדקים עם מש"ה נמצא מתאם בינוני ($r = .28-.39$) בין הציונים במבחני זיכרון העבודה לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי; ונמצאו 12 מתאמים בין כל מטלות זיכרון העבודה לבין הכושר המוזיקלי (מדד כללי) והמדדים הריתמיים. מטלת *זכירת ספרות קדימה* ומבחן *זכירה מרחבית (קדימה ולאחור)* נמצאו במתאם עם הכושר המוזיקלי (מדד כללי); וכל מטלות זיכרון העבודה נמצאו במתאם עם הכושר הריתמי. בנייתו הרגרסיה נמצא, כי במטלת *זכירה מרחבית לאחור* (זיכרון חזותי-מרחבי) נמצאה תרומה של 18% להסבר השונות בכושר הריתמי ו-17% להסבר השונות במבחן *מקצב*.

קווים דיפרנציאליים: בשתי קבוצות המחקר גובה המתאמים ($r = .29-.42$) דומה, אולם בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה נמצאו רק שלושה מתאמים בין זיכרון העבודה לבין הכושר הטונלי; ואילו בקרב נבדקים עם מש"ה נמצאו 12 מתאמים בין כל מטלות זיכרון העבודה לבין הכושר המוזיקלי (מדד כללי) והריתמי. כלומר, נבדקים עם התפתחות תקינה מעטו להישען על הזיכרון על-מנת לבצע מטלות טונליות ואילו נבדקים עם מש"ה הרבו להישען על הזיכרון על-מנת לבצע מטלות ריתמיות. בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה לא נמצאה תרומה של זיכרון העבודה להסבר השונות בכושר המוזיקלי, ואילו בקרב נבדקים עם מש"ה נמצאה תרומה של מטלת *זכירה מרחבית לאחור* להסבר השונות בכושר הריתמי ובמבחן *מקצב*.

מחקרנו מאשש ממצאים קודמים בהם נמצא קשר בין זיכרון העבודה הפונולוגי (המילולי-שמיעתי) (Franklin et al., 2008; Hansen et al., 2012; Talamini et al., 2017) והחזותי-מרחבי (Bergman-Nutley et al., 2013) לבין הכושר המוזיקלי. הקשר בין זיכרון העבודה הפונולוגי לבין הכושר המוזיקלי נתמך על-ידי מודלים (Berz, 1995; Baddeley et al., 2011) המראים, כי בנוסף ללולאה הפונולוגית קיימת לולאה מוזיקלית המשועבדת אליה במסלול השמע, אם כי בעיבוד ושימור המוזיקה היא נפרדת ממנה. חוקרים אחרים (Schulze & Koelsch, 2012) מסכימים כי ישנם רמזים לקיומה של לולאה מוזיקלית וכי זיכרון עבודה פונולוגי ומוזיקלי

מבוססים על ידע קודם בהפקת הצלילים ; אולם בעוד שישנה חפיפה בין השפה והצלילים באזורי הליבה, בהם אזור ברוקה (Broca), קליפת המוח הקדמית (Premotor cortex) והאונה הקודקודית התחתונה (Inferior parietal lobule), אזורי משנה מעידים על קיומן של רשתות עצביות נפרדות. בסקירת מחקרים (Caclin & Tillmann, 2018) בקרב משתתפים בריאים (מוזיקאים ולא-מוזיקאים) ומשתתפים עם הפרעות נוירולוגיות (אמוזיה, מוזיקאים עם וללא דיסלקציה, אלצהיימר, שבץ מוחי ותסמונת לנדאו-קלפנר), נמצאה עדות חלקית לקיומן של רשתות עיבוד משותפות לזיכרון המוזיקלי והמילולי. עם זאת, המחלוקת אודות קיומן של מערכות נפרדות עבור סוגי מידע שמיעתי שונים - נותרה בעינה (Caclin & Tillmann, 2018). במטא-אנליזה (Talamini et al., 2017) אשר כללה נתונים מתוך 29 מחקרי זיכרון שנערכו בין השנים 1987-2017 נמצא, כי למוזיקאים ($MA = 23.38$) יתרון מתון בביצוע מטלות זיכרון עבודה פונולוגי, יתרון קטן בזיכרון חזותי-מרחבי לטווח קצר (כגון זכירה מרחבית קדימה) והיעדר יתרון בזיכרון עבודה חזותי-מרחבי (כגון זכירה מרחבית לאחור). לעומת זאת בכל מטלות הזיכרון המוזיקלי נמצא למוזיקאים יתרון גדול. לטענת החוקרים, ייתכן כי היתרון במטלות המוזיקליות מסייע למוזיקאים במטלות מילוליות בהן הגירויים מוצגים לעתים קרובות בעל-פה ; אולם לא נמצא מחקר שהצליח להסביר את כל התוצאות שנתקבלו.

עולה השאלה, מדוע נבדקים עם מש"ה נשענו על זיכרון-העבודה על מנת לבצע מטלות ריתמיות - אך לא טונליות? בדומה למחקרינו, במחקרים בקרב ילדים עם וללא לקויות למידה, נמצא קשר בין זיכרון עבודה לבין הכושר הריתמי, אך לא לבין הכושר הטונלי. לדוגמא, נמצא (Lesiuk, 2014) כי ביצועיהם של בני 9-11 עם לקות בתפקודים הניהוליים, נמוכים בהשוואה לבני גילם עם התפתחות תקינה במבחני מקצב ומשך צליל. התפקודים הניהוליים נבדקו במבחן BRIEF (Gioia et al., 2000) והתפיסה המוזיקלית נבדקה במספר סוללות (Mills, 1960; Seashore et al., 1988). החוקר הסיק, כי מבחני מקצב עשויים לשמש גם כאמצעי להערכת תפקודים ניהוליים, וכן, כי פעילות מוזיקלית (בעיקר ריתמית) עשויה לשמש כלי חשוב בעבודה עם ילדים עם לקויות. במחקר נוסף (Strait et al., 2011) בקרב בני 8-13 עם וללא לקות קריאה, נמצא קשר בין מטלת זיכרון ספרות (Woodcock et al., 2001) לבין כושר ריתמי (Gordon, 1986a). ייתכן כי ישנו דפוס דומה בין ילדים (עם וללא לקויות למידה) לבין אוכלוסייה עם מש"ה, שנוטה יותר להישען על זיכרון העבודה על-מנת לבצע מטלות ריתמיות. המסקנה היא, כי מבחנים ריתמיים עשויים לשמש כאמצעי להערכת זיכרון העבודה הן בקרב ילדים עם לקויות למידה (Lesiuk, 2014) והן בקרב אוכלוסייה עם מש"ה.

עדיין נותרת השאלה, מדוע נמצאה תרומה של מטלת זכירה מרחבית לאחור להסבר השונות בכושר הריתמי (בקרב נבדקים עם מש"ה)? במבחן זכירה מרחבית (קדימה ולאחור) הבוחן מקיש רצף מספרים על לוח שאליו מוצמדות 10 קוביות בסדר קושי עולה (בין 2-8 מספרים). קצב ההקשה האחד, של קובייה בשנייה, יוצר תחושת פעמה (Beat). מכיוון שהפעמה נובעת מתנועות מוחיות בתגובה לגירויים קצביים, היא ניתנת לתפיסה גם כאשר היא אינה ניתנת כגירוי ישיר (כלומר, בהיעדר צליל או כאשר אירועי הצליל שונים מהפעמה) (Trainor & Corrigan, 2010). אמנם הפעמה מתרחשת לרוב באמצעות ייצוג שמיעתי, אך עשויה להיווצר גם על-ידי ייצוג

מנטלי של חוויה מוזיקלית קודמת, ציפייה למחזוריות או נטייה אנושית טבעית לתנועה מותאמת למקצב (London, 2004). פעילות מוטורית-טמפורלית של הקשה בסדר ספציפי, כפי שמתבצעת במבחן זכירה מרחבית, מתייחסת ישירות ל"סף הסידור בזמן" (Temporal order threshold), כלומר, למרווח הזמן אשר נדרש על-מנת להבחין באופן מדויק בין שני גירויים (שמיעתיים, חזותיים או תחושתיים) עוקבים (Bao et al., 2013). נראה, כי מבחן זכירה מרחבית (קדימה ולאחור) הוא למעשה מבחן ריתמי - ובשל כך גם תרומתו לכושר הריתמי.

מטלת זכירה מרחבית קדימה נמצאה גם היא במתאם ($r = .39$) עם הכושר הריתמי בקרב נבדקים עם מש"ה - אולם היא לא תרמה להסבר השונות. במטלת זכירה מרחבית קדימה הנבדק נדרש להקיש על-פי הרצף שהקיש הבוחן (לבצע חזרה על התנועה); ואילו במטלת זכירה מרחבית לאחור הוא נדרש להקיש ברצף הפוך (לבצע שינוי בתנועה). כלומר, היכולת לבצע מניפולציה על המידע החזותי-מרחבי (Baddeley, 1990, 2002; Baddeley et al., 2011; 2007) - היא שתרמה להסבר השונות בכושר הריתמי.

כאמור לעיל, מטלת זכירה מרחבית קדימה נמצאה כבעלת רמת עומס נמוכה, ואילו מטלת זכירה מרחבית לאחור נמצאה כבעלת רמת עומס בינונית (קילברג, 2019). ייתכן כי מכיוון שמטלת זכירה מרחבית קדימה אשר מייצגת את תפקוד הלוח החזותי-מרחבי (Baddeley et al., 2011), הינה בעלת רמת עומס נמוכה - לא נמצאה תרומה להסבר השונות בכושר הריתמי; ולעומת זאת, מכיוון שמטלת זכירה מרחבית לאחור אשר מייצגת את תפקוד המעבד המרכזי באופנות החזותית-מרחבית (התפקודים הניהוליים) (Baddeley et al., 2011), הינה בעלת רמת עומס בינונית - נמצאה תרומה להסבר השונות. תפקודים ניהוליים, אשר כוללים תהליכים קוגניטיביים של עכבה (Inhibition), קשב וגמישות, קשורים ליכולת מוזיקלית (Patel, 2011). היעדר התרומה של מטלת זכירה מרחבית קדימה להסבר השונות בכושר המוזיקלי מהווה חיזוק לטענה לפיה, במבחנים בהם נבדק קשר בין יכולות קוגניטיביות לבין כושר מוזיקלי יש להתחשב הן באופנות המטלה והן ברמת העומס הקוגניטיבי הנדרשת לשם ביצועה.

המתאמים בין זיכרון העבודה החזותי-מרחבי לבין הכושר המוזיקלי (בשתי קבוצות המחקר), התרומה של מטלת זכירה מרחבית לאחור להסבר השונות (בקרב נבדקים עם מש"ה); כמו גם ההתייחסות המקבילה במהלך ההתבגרות האמצעית של הכושר המוזיקלי (Bigand & Poulin-Charronnat, 2006; Stalinski & Schellenberg, 2012) ושל זיכרון העבודה החזותי-מרחבי (Conklin et al., 2007; Farrell Pagulayan et al., 2005; Gathercole et al., 2004; Luciana et al., 2006) עשויים להעיד, כי יכולת שינוי התנועה - היא אשר עומדת בבסיס הכושר המוזיקלי, שהינו פלואידי באופיו.

קווים משיקים: שאלה נוספת שעולה היא, מדוע בשתי קבוצות המחקר לא נמצאה תרומה של זיכרון העבודה המילולי להסבר השונות בכושר המוזיקלי? במבחן זכירת ספרות (קדימה ולאחור), הבוחן מקריא רצף מספרים (בין 2-9 ספרות). במטלת זכירת ספרות קדימה הנבדק נדרש לחזור על הרצף ששמע, כלומר, לחזור על רשימת מספרים חד-פעמית המדורגת בסדר קושי עולה. במטלת זכירת ספרות לאחור הוא נדרש לחזור ברצף

הפוך, כלומר, לבצע מניפולציה על המידע השמיעתי (Baddeley, 1990, 2007; Baddeley et al., 2011).

זיכרון העבודה המילולי דומה באופיו לאינטליגנציה הקריסטלית בשני היבטים: (א) בשתי קבוצות המחקר נמצא נתיב התפתחות מתמשך באינטליגנציה הקריסטלית ובחלק ממטלות זיכרון העבודה המילולי (במטלת זכירת ספרות לאחר בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה ובמטלת זכירת ספרות קדימה בקרב נבדקים עם משי"ה; ו-ב) בשתי קבוצות המחקר לא נמצאה תרומה של האינטליגנציה הקריסטלית ושל זיכרון העבודה המילולי להסבר השונות בכושר המוזיקלי. במחקרים בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Johnson et al., 2004; Lezak et al., 2004; Wilde et al., 2010) ובקרב אוכלוסייה עם משי"ה (קילברג, 2019), נמצאה עלייה במדדים המילוליים לאחר שנות ה-40. זיכרון העבודה אמנם קשור יותר לאינטליגנציה הפלואידית (Conway et al., 1999; Engle et al., 2002), אולם מכיוון שמדובר במבחן מילולי, נראה כי הוא מתנהג באופן הדומה יותר לאינטליגנציה הקריסטלית (Brickman & Stern, 2009). ייתכן כי מכיוון שזיכרון העבודה המילולי קריסטלי באופיו - גם לא נמצאה תרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי.

בשתי המטלות לבדיקת רכיב המעבד המרכזי, זכירה מרחבית לאחר וזכירת ספרות לאחר, הנבדק נדרש לבצע שינוי בתבנית מספרים (רצף הפוך); אולם בעוד שבמטלת זכירה מרחבית לאחר הוא נדרש לשינוי תנועתי, במטלת זכירת ספרות לאחר הוא נדרש לשינוי מילולי. היעדר התרומה של מטלת זכירת ספרות לאחר מהווה תמיכה לטענה, כי יכולת השינוי התנועתי, אך לא המילולי, היא אשר עומדת בבסיס הכושר המוזיקלי.

הקשר בין מדדי הזיכרון האפיזודי (רמת הלמידה, אפקט השהייה הלמידה ורמת ההיכר) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) - קווים דיפרנציאליים בין קבוצות המחקר: מתוצאות מתאמי פירסון עולה, כי בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה נמצא מתאם אחד בלבד בין מדד אפקט השהייה ($r = .29$) לבין מבחן צליל; אך לא נמצאה כל תרומה של מדדי הזיכרון האפיזודי להסבר השונות בכושר המוזיקלי.

בקרב נבדקים עם משי"ה נמצא מתאם בינוני ($r = .29-.44$) בין הציונים במדדי הזיכרון האפיזודי לבין הציונים במבחנים השונים של הכושר המוזיקלי. מדד רמת הלמידה נמצא במתאם עם הכושר המוזיקלי (מדד כללי), הריתמי (ובאופן ספציפי עם מבחן דימוי מפעם) ועם מבחן דימוי הרמוניה; ומדד רמת ההיכר נמצא במתאם עם מבחן דימוי הרמוניה. במדד רמת הלמידה נמצאה תרומה של 8.6% להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי), 12.4% להסבר השונות במבחן דימוי הרמוניה ו-20.6% במבחן דימוי מפעם.

בשתי קבוצות המחקר נמצא מתאם בינוני בין מדדי הזיכרון האפיזודי לבין המבחנים השונים של הכושר המוזיקלי. אולם, בעוד שבקרב נבדקים עם התפתחות תקינה נמצא מתאם יחיד בין מדד אפקט השהייה לבין מבחן צליל, בקרב נבדקים עם משי"ה נמצאו חמישה מתאמים בין שני מדדים של הזיכרון האפיזודי (רמת הלמידה ורמת ההיכר) לבין הכושר המוזיקלי (מדד כללי) והמדדים הריתמיים. בדומה לדפוס שנמצא במחקרנו בזיכרון העבודה, נבדקים עם התפתחות תקינה מעטו להישען על הזיכרון האפיזודי על-מנת לבצע מטלות טונליות, ואילו נבדקים עם משי"ה הרבו להישען על הזיכרון על-מנת לבצע מטלות ריתמיות. בעוד שבקרב נבדקים

עם התפתחות תקינה לא נמצאה תרומה של הזיכרון האפיזודי להסבר השונות בכושר המוזיקלי, בקרב נבדקים עם משי"ה נמצאה תרומה של מדד רמת הלמידה.

עולה השאלה, מדוע במדד רמת הלמידה נמצאה תרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי (בקרב נבדקים עם משי"ה)? במדד רמת הלמידה מוקראת בפני הנבדק רשימה של 15 שמות עצם שכיחים חמש פעמים, ולאחר כל הקראה עליו לשחזר מילים מן הרשימה. חזרה (Repetition) היא אחת התכונות המשותפות למוזיקה ולשפה (Patel, 2011); והחזרה הסדרתית על המילים הופכת את הרשימה עם ההברות הבלתי-סדירות לרשימה עם ריתמוס סדיר, למעין דקלום. הריתמוס הסדיר מהווה בסיס משותף לשיר (Chant) ולשירה (Poetry) (Molino, 2000) ושונה מההברות הבלתי-סדירות בשפה הדבורה (Patel, 2006). בשפה, הריתמוס מחלק זרם דיבור רציף לפונמות, הברות ומילים (Fujii & Wan, 2014); לדוגמא, למילה "צבע" (מילה 13 ברשימת המילים) שתי הברות (או פעמות) וההטעמה (או המשקל) היא על ההברה הראשונה (מלעיל); גם למילה "נהר" (מילה 15 ברשימת המילים) שתי הברות, אך ההטעמה היא על ההברה האחרונה של המילה (מלרע). נראה, כי מדד רמת הלמידה הוא למעשה מדד מוזיקלי-ריתמי - ובשל כך תרומתו להסבר השונות בכושר המוזיקלי.

בסקירת מחקרים (Saffran & Kirkham, 2018) נבחן מנגנון הרגישות ללמידה סטטיסטית של רצף פונטי (מילולי) ורצף מלודי (מוטיב חוזר). על-פי פרדיגמת הלמידה הסטטיסטית, המאזין נחשף לזרם שמיעתי באופן פסיבי, כאשר הרמז היחיד לפילוח המילה נובע מהסתברות סטטיסטית. לדוגמא, אם אות שמיעתי מכיל את הרצף ABC או XYZ, הסבירות ש-C יופיע אחרי B היא של מאה אחוז, ואילו הסבירות ש-C יופיע אחרי X היא של חמישים אחוז (Saffran et al., 1999). מנגנון הלמידה הסטטיסטית מסייע לתינוקות לחשב אלמנטים מתוך סביבתם, לחלץ דפוסים ולאתר מבנים; והקשר ההדוק בין מוזיקה לבין שפה מעיד כי שני התחומים קשורים זה לזה כבר בשלב ההתפתחות המוקדם (Saffran & Kirkham, 2018; Saffran, 2003). לדוגמא, במחקר (Saffran, 2001) בקרב תינוקות בני שמונה חודשים השוו בין תגובות למילות תפל בתוך הקשר מסוים (כגון, אני אוהב את הטיבודו שלי) לבין תגובות לרצף של מילות תפל (כגון, זקמי טיבודו). נמצא כי העדפת התינוקות הייתה למילות תפל אשר הוטמעו בתוך ההקשר, וכי הם הבחינו בין קשרים פשוטים בשפה (אנגלית) לבין מילות תפל. התוצאות תמכו בהשערה כי מנגנוני הלמידה הסטטיסטית מסוגלים לייצר יחידות דמויות מילה, עם עדיפות לשפת האם. במחקר נוסף נמצא (Wojcik & Saffran, 2015), כי בני 26-28 חודשים תפסו זוג מילים חדשות כקשורות זו לזו, לאחר 12 פעמים בהן המילים הופיעו בנפרד בתוך הקשר של משפט. ייתכן כי מנגנון הלמידה הסטטיסטית עשוי להסביר את התרומה של מדד רמת הלמידה להסבר השונות בכושר המוזיקלי. החזרה הסדרתית על רצף אקוסטי מסייעת למאזין לחלץ דפוסים ולאתר מבנים הן ברצף המילולי והן ברצף המוזיקלי.

המתאמים בין מדדי הזיכרון האפיזודי לבין הכושר המוזיקלי (בשתי קבוצות המחקר), התרומה של מדד רמת הלמידה להסבר השונות (בקרב נבדקים עם משי"ה); כמו גם ההתייחסות המקבילה (במהלך ההתבגרות האמצעית) של הכושר המוזיקלי (Bigand & Poulin-Charronnat, 2006; Stalinski & Schellenberg, 2012)

ושל הזיכרון האפיוזי (Clark et al., 2006; Vakil et al., 1998; Vakil et al., 2010) עשויים להעיד, כי יכולת החזרה המילולית-סדרתית כפי שנבדקה במדד *רמת הלמידה* - היא אשר עומדת בבסיס הכושר המוזיקלי, שהינו פלואידי באופיו. היעדר התרומה של מטלת זכירת ספרות קדימה (זיכרון עבודה מילולי), בה נדרשת חזרה מילולית חד-פעמית (על רצף ספרות) - מהווה תמיכה לטענה זו.

שלושה מדדים של הזיכרון האפיוזי הוכנסו לרגרסיה: *רמת הלמידה*, *אפקט השהייה ורמת ההיכר*. במדד *רמת הלמידה* בו נדרשת חזרה מידית על רשימת המילים - נמצאה תרומה להסבר השונות, ואילו במדדים *אפקט השהייה ורמת ההיכר* בהם נדרשה זכירה לאחר השהייה של 20 דקות - לא נמצאה תרומה. ללולאה הפונולוגית שני רכיבים עיקריים: מאגר פונולוגי לטווח קצר (Phonological short term memory), שהוא מעין "אוזן פנימית" (Inner ear) אשר זוכר את צלילי הדיבור על-פי סדר הופעתם ומסוגל לשמר מידע במשך שתי שניות עד לדעיכתו; ורכיב שינון ההגייה (Articulatory rehearsal process), המבוסס על מנגנון חזרה-תת-קולי (Subvocal rehearsal) ופועל כ"דיבור פנימי" (Inner voice) אשר מונע שכחה של פריטים (Baddeley, 1990, 2002, 2007; Baddeley et al., 2011). ייתכן כי בשל השהייה זיכרון הסדרתיות (צלילי הדיבור על-פי סדר הופעתם) דעך, ובשל כך לא נמצאה תרומה של מדד *אפקט השהייה* ומדד *רמת ההיכר* להסבר השונות. היעדר התרומה של מדדים אלו מהווה תמיכה לטענה, כי יכולת הלמידה המילולית-הסדרתית-המידית (אך לא המעובבת) - היא אשר עומדת בבסיס הכושר המוזיקלי.

כאמור, במדד *רמת הלמידה* נמצאה תרומה להסבר השונות במבחן דימוי הרמוניה (כושר טונלי) בקרב נבדקים עם מש"ה. במבחן דימוי הרמוניה מושמעות שתי תבניות דו-קוליות עוקבות (ראה גם דוגמא 5, עמ' 128). הצלילים הגבוהים (במלודיה) בשתי התבניות תמיד שווים, אולם הנבדק נדרש להתעלם מהם ולהתמקד בצלילים הנמוכים (בהרמוניה). בסדרת מחקרים בקרב תינוקות (Marie & Trainor, 2013, 2014), מוזיקאים (Marie et al., 2012) ולא מוזיקאים (Fujioka et al., 2008) נבדקה התגובה לחריגה בגובה הצליל (MMN). הנבדקים האזינו לשני זרמי צליל בו זמנית (מרווח); במחצית מהגירויים השינוי היה בחריגה של חצי טון (כלפי מעלה או מטה) בזרם הצליל הגבוה או הנמוך, ובמחציתם השינויים היו סטנדרטיים. במחקרים אלו נמצא *אפקט עליונות הצליל הגבוה* (High voice superiority effect) כלומר, כאשר נשמעים שני צלילים בו זמנית, העדיפות היא לצליל הגבוה יותר (המשרעת לחריגה בצלילים הגבוהים הייתה גדולה יותר בהשוואה לנמוכים).

במבחן דימוי הרמוניה הנבדק נדרש להתמקד בצלילים הנמוכים (בהרמוניה) - על-אף שהקידוד של הצלילים הגבוהים חזק יותר, ואילו במדד *רמת הלמידה* הנבדק להתמקד ברשימת המילים שמוקראת בפניו ולהתעלם מהיסח הדעת. נראה, כי ככל שיכולת הוא נדרש להקשיב לרשימת המילים שמוקראת בפניו ולהתעלם מהיסח הדעת טובה יותר - כך גם יכולתו להקשיב לצלילים הנמוכים ולהתעלם מהגבוהים.

הטענה מתבססת על "אפקט מסיבת הקוקטייל" (Cocktail-party effect) לפיו, בסביבה טבעית מערכת השמיעה נדרשת להפנות את הקשב לגירוי מסוים תוך סינון רעשי רקע על-מנת לייצר תקשורת יעילה (Yost, 1997).

1997). לדוגמא, במחקר (Yoo & Bidelman, 2019) בקרב מוזיקאים ולא מוזיקאים, נבדק עיבוד דיבור בסביבה רועשת (SIN - Speech-in-noise) באמצעות מבחנים שונים (QuickSIN; Words-in-Noise test; Hearing-in-Noise Test). כמו-כן נבדקו אינטליגנציה פלואידית (Raven, 1998), זכירה מילולית לאחור (Wechsler et al., 2008) ומטלות קשב (Auditory backward masking). למוזיקאים נמצא יתרון במטלות מורכבות אשר כללו זיהוי משפטים מתוך רעשי רקע מילוליים, אך לא בלתי-מילוליים (צלילים). המוזיקאים הפגינו ביצועים טובים גם במבחני האינטליגנציה הפלואידית, בזכירה מילולית ובמטלת קשב. החוקרים הסיקו, כי יתרון ה-SIN תלוי במידה רבה בסוג המטלה, וכי היכולת לסנן רעשי רקע נובעת גם מיכולות קוגניטיביות כלליות, זיכרון וקשב. במחקרים נוספים נמצא (Bidelman, & Yoo, 2020; Swaminathan et al., 2015), כי למוזיקאים ישנו יתרון בעיבוד דיבור בסביבה רועשת בעיקר כאשר גירוי המטרה ורעשי הרקע הם מילוליים וכאשר רמת ההסחה גבוהה. ייתכן כי ישנו קשר בין יתרון המוזיקאים ב"דיבור בסביבה רועשת" (SIN) לבין תרומת *מדד הלמידה* להסבר השונות במבחן *דימוי הרמוניה*: בדיבור בסביבה רועשת ("מסיבת קוקטייל") ובמדד *רמת הלמידה* הנבדק נדרש לסנן רעשי רקע (מילוליים ולא מילוליים) ולהתמקד בזיהוי מילים ואילו במבחן *דימוי הרמוניה* הוא נדרש לסנן את הצלילים הגבוהים, על-אף שהקידוד שלהם חזק יותר, ולהתמקד בצלילים הנמוכים.

במדד *רמת הלמידה* נמצאה תרומה גם להסבר השונות במבחן *דימוי מפעם* (כושר ריתמי) בקרב נבדקים עם מש"ה. במבחן *דימוי מפעם* הנבדק מאזין לזוג תבניות מלודיות. גובה הצליל בשתי התבניות תמיד שווה, אך אם התבניות שונות זו מזו, הסיבה לכך היא שהתבנית השנייה מבוצעת במפעם (Tempo) איטי או מהיר בהשוואה לתבנית הראשונה. תפיסת הזמן נשענת, בין השאר, על ייצוגים של מרווחי זמן המאוחסנים בזיכרון העבודה (Rao et al., 2001). במפעם מהיר, מרווחי הזמן קצרים ותפיסת הזמן מבוססת על הסדרתיות של מרווחי הזמן הקודמים; ואילו במפעם איטי מרווחי הזמן ארוכים ונעשה גם שימוש במנגנון הקוגניטיבי - ולפיכך מידת הדיוק יורדת (Mastrokalou & Hatziharistos, 2007). המסקנה היא, כי ככל שיכולת הלמידה המילולית-סדרתית טובה יותר - כך גם תפיסת הזמן.

תרומת משתני הרקע (גיל ומגדר) להסבר השונות בכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי)

קווים משיקים - גיל: לא נמצאה תרומה של הגיל הכרונולוגי להסבר השונות בכושר המוזיקלי - לא בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה, ולא בקרב נבדקים עם מש"ה. כאמור, בשתי קבוצות המחקר נשמרה יציבות בכושר המוזיקלי בין גיל ההתבגרות (17-21) לבין הבגרות (25-40); ייתכן כי בשל כך גם לא נמצאה תרומה של הגיל להסבר השונות.

קווים דיפרנציאליים - מגדר: על אף שבקרב נבדקים עם התפתחות תקינה תרומת המגדר בצעד ראשון לא נמצאה מובהקת ($p = .166$), המגדר תרם 7.7% להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי), 14.7% להסבר השונות במבחן *דימוי מלודיה* ו-11% להסבר השונות במבחן *דימוי הרמוניה*. מקדם ה- β השלילי הצביע על כושר מוזיקלי טוב יותר בקרב גברים בהשוואה לנשים. כלומר, לא רק כישורים קוגניטיביים עומדים בבסיס

הכושר המוזיקלי, אלא גם המגדר - כמשתנה רקע.

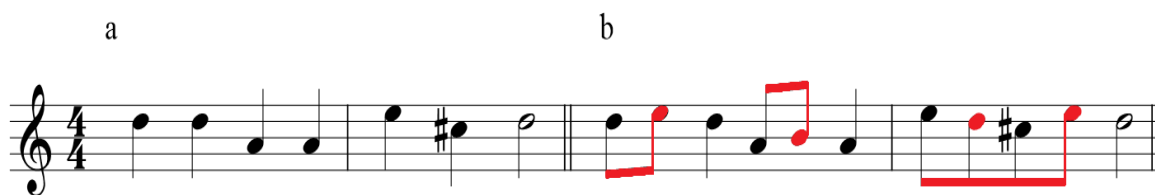
בדיקת התרומה של משתני הרקע אינה ממטרות העיקריות של המחקר, אולם בשל ייחודו וחשיבותו של הממצא ננסה להסבירו. נדגיש, כי מדובר במדגם קטן יחסית של קבוצות המחקר ועל-כן הסברינו הם ספקולטיביים; על-מנת לאששם - יהיה צורך במחקרים נוספים.

במחקר (Peretz & Vuvan, 2017) בקרב 16,625 נבדקים נמצא, כי נשים לוקות יותר (57.9%) באמוזיה בהשוואה לגברים - זאת בשונה מהפרעות התפתחותיות אחרות בהן גברים לוקים יותר. ייתכן כי ישנו קשר בין היתרון הגברי במבחנים דימוי מלודיה דימוי הרמוניה לבין הגרעון הנשי במבחני האמוזיה (Peretz et al., 2003), וייתכן אף כי ישנו קשר בין הבדלי מגדר במבחנים דימוי מלודיה דימוי הרמוניה לבין הבדלי מגדר בהפרעות התפתחות נוספות.

כאמור, בשתי קבוצות המחקר הציונים במבחנים דימוי מלודיה דימוי הרמוניה, בהם נדרשת מציאת דמיון (דומה/שונה) בין תבניות, נמצאו נמוכים בהשוואה לציונים בארבעת המבחנים (מבחן צליל, מבחן מקצב, דימוי מפעם דימוי משקל), בהם נדרשת הבחנה (שווה/שונה). כלומר, במבחנים בהם נדרשת מציאת דמיון בין תבניות ולשם ביצועם נדרשים משאבים קוגניטיביים גבוהים יותר - לגברים (עם התפתחות תקינה) נמצא כושר מוזיקלי טוב יותר.

על אף שהציון במבחן דימוי מלודיה נמצא גבוה בהשוואה לציון במבחן דימוי הרמוניה ($p = .001$), תרומת המגדר להסבר השונות במבחן דימוי מלודיה נמצאה גבוהה (14.7%) בהשוואה לתרומתו במבחן דימוי הרמוניה (11%). כלומר, לא רק רמת הקושי של המבחנים הסבירה את תרומת המגדר, אלא מאפייני המטלה הספציפית.

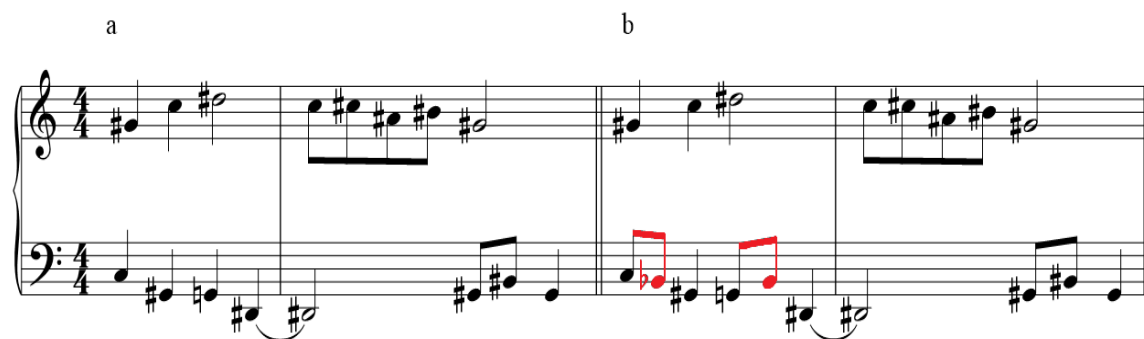
במבחן דימוי מלודיה התבניות הן חד-קוליות. בדוגמא להלן התבניות דומות; אם נוריד את התווים המסומנים באדום, לא יהיה הבדל ביניהן. דוגמא 4:



דוגמא מס. 4: תרגיל מתוך מבחן דימוי מלודיה (Gordon, 1995a, 1995b)

במבחן דימוי הרמוניה (דוגמא 5) לעומת זאת, התבניות הן דו-קוליות. הקו המלודי בשתי התבניות תמיד שווה - אולם הנבדק מתבקש להתעלם ממנו ובמקום זאת, להתמקד בקו הבס (בצלילים הנמוכים). גם בדוגמא

זו התבניות דומות; אם נוריד את התווים המסומנים באדום, לא יהיה הבדל ביניהן. דוגמא 5:



דוגמא מס. 5: תרגיל מתוך מבחן דימוי הרמוניה (Gordon, 1995a, 1995b)

במבחן דימוי מלודיה, הנבדק נדרש לזכור את התבנית הראשונה (a) ולאחר שהאזין לתבנית השנייה (b) עליו למצוא דמיון בין התבניות, כלומר, למצוא צלילים משותפים לשתייהן. גם במבחן דימוי הרמוניה הנבדק נדרש למצוא דמיון בין התבניות, אולם במבחן זה הוא יכול להישען הן על צלילים משותפים לתבניות והן על הבחנה בין המרווחים (בין המלודיה לבין הבס). אם מוסיפים לקו הבס בתבנית השנייה צלילים שאינם שייכים לסולם, המרווח נשמע דיסוננטי (צורם) - ולכן קל יותר לזהות את ההרמוניות כ"שונות", לעומת זאת, אם מוסיפים צלילים השייכים לסולם, המרווח נשמע קונסוננטי (תואם) - ולכן קל יותר לזהות את ההרמוניות כ"דומות". כלומר, במבחן דימוי מלודיה, בו ניתן להישען רק על צלילים משותפים לשתי התבניות, נמצאה תרומה גבוהה יותר להסבר השונות בהשוואה למבחן דימוי הרמוניה, בו ניתן להישען הן על צלילים משותפים והן על הבחנה בין מרווחים. מכאן, כי ככל שהמטלה נשענת יותר על הדמיון, כך גברים נוטים לקבל ציונים גבוהים בהשוואה לנשים.

עדיין נותרת השאלה, מדוע לגברים (עם התפתחות תקינה) נמצא כושר מוזיקלי טוב יותר בהשוואה לנשים? במחקרנו אמנם לא נמצאו הבדלים מגדריים במבחן זכירה מרחבית, אולם במחקרים קודמים (Cansino et al., 2013; Lejbak et al., 2011) נמצאו הבדלים כאלו בעת ביצוע מטלות שונות של זיכרון עבודה חזותי-מרחבי. לדוגמא, קנזינו ואחרים (Cansino et al., 2013) בדקו את השפעת הגיל (CA = 21-80) על זיכרון העבודה החזותי במבחן n-back, שהוא מבחן בעל עומס קוגניטיבי גבוה (Lejbak et al., 2011). במטלה הקלה של המבחן (1-back) הנבדקים נדרשו לזכור דגם אשר הוצג בכרטיסיה קודמת, ובמטלה המורכבת (2-back) הם נדרשו לזכור דגם אשר הוצג בשתי כרטיסיות קודמות. ביצועיהם של גברים נמצאו טובים יותר בהשוואה לנשים; בקרב נשים הירידה בתפקוד חלה בגיל 31, ואילו בקרב גברים רק בגיל 41. גם במחקר (Lejbak et al., 2011) בקרב בני 17-28, ביצועיהם של גברים נמצאו טובים יותר במטלה המורכבת (2-back). כאמור, במחקרנו נמצאה תרומה של מטלת זכירה מרחבית לאחור להסבר השונות בכושר הריתמי בקרב נבדקים עם משי"ה; ונמצאה

תרומה של המגדר להסבר השונות במבחנים דימוי מלודיה דימוי הרמוניה בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה. ייתכן כי ישנו קשר בין התרומה של מטלת זכירה מרחבית לאחור לבין היתרון הגברי שנמצא במחקרנו. היתרון הגברי שנמצא בזיכרון העבודה חזותי-מרחבי במחקרים קודמים (Cansino et al., 2013; Lejbak et al., 2011) - עשוי לתמוך בטענתנו זו.

כאמור, בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה זיכרון העבודה החזותי-מרחבי (Conklin et al., 2007; Farrell Pagulayan et al., 2006; Gathercole et al., 2004; Luciana et al., 2005) והכושר המוזיקלי (Bigand & Poulin-Charronnat, 2006; Stalinski & Schellenberg, 2012) מתייצבים במהלך גיל ההתבגרות, ולכל המאוחר בגיל 16. הבדלים מגדריים בזיכרון העבודה החזותי-מרחבי נצפו בגילאי 17 (Lejbak et al., 2011) ואף מאוחר יותר (בגילאי +31) (Cansino et al., 2013). אם אמנם קיים קשר בין התחומים, סביר להניח כי גם בכושר המוזיקלי הבדלים מגדריים יבואו לידי ביטוי בגילאי 17 ומאוחר יותר. למיטב ידיעתנו, במחקרים קודמים לא נבדקה השפעת הגיל על הביצועים במבחנים דימוי מלודיה דימוי הרמוניה בקרב אוכלוסייה בוגרת (חסרת הכשרה מוזיקלית); וייתכן כי בשל כך גם לא נמצאו הבדלים מגדריים.

נציין, כי במטא-אנליזה (Hanson, 2019) אשר כללה נתונים ממחקרים בהם נעשה שימוש במבחני גורדון בין השנים 1970-2015, נמצאו רק 12 מחקרים בהם נעשה שימוש בסוללת MAP, וזאת עד שנת 2000 בלבד. המחקרים המוקדמים סבלו מליקויים מתודולוגיים (Hanson, 2019), וייתכן כי בשל כך לא נמצאו הבדלים מגדריים. במחקר לאחר שנת 2000 (Granot et al., 2013) נעשה אמנם שימוש במבחן דימוי מלודיה, אך השתתפו בו גברים בלבד.

בקרב נבדקים עם מש"ה לא נמצאה תרומה של המגדר להסבר השונות בכושר המוזיקלי - זאת בניגוד לנבדקים עם התפתחות תקינה. כאמור, נבדקים עם מש"ה התקשו לענות על השאלות מעבר לרמת הניחוש בשני מבחנים אלו (מבוגרים התקשו דימוי מלודיה ומתבגרים דימוי הרמוניה), וייתכן כי בשל כך גם לא נמצאה תרומה להסבר השונות.

4.4. סיכום ומסקנות

מטרתו העיקרית של המחקר הנוכחי הייתה לבדוק את נתיבי התפתחות הכושר המוזיקלי בקרב אוכלוסייה עם מש"ה לא"ס בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, בשתי חטיבות גיל: ההתבגרות העליונה (17-21) והבגרות הצעירה (25-40). הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) נבדק לאור מודל תיאורטי המציע שלושה נתיבים אפשריים להתפתחות האינטליגנציה והכושר הקוגניטיבי באוכלוסייה עם מש"ה בהשוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020; Lifhsitz-Vahav, 2015): נתיב לקוי, נתיב יציב ונתיב מתמשך (מפצה). מטרה נוספת הייתה לבדוק את הקשר בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית),

זיכרון העבודה (המילולי והחזותי-מרחבי) והזיכרון האפיזודי לבין הכושר המוזיקלי, בשתי האוכלוסיות שהינן חסרות הכשרה מוזיקלית, בטווחי הגיל 17-40. במחקרים (Culp, 2017; Forgeard et al., 2008; Huss et al., 2011; Overy et al., 2003; Sallat & Jentschke, 2015) נמצא קשר בין הכישורים האינטלקטואליים של האדם לבין הכושר המוזיקלי; לפיכך מטרות המחקר היו לבדוק אם ובאיזו מידה הכושר המוזיקלי מתפתח בדומה לנתיבי התפתחות האינטליגנציה והזיכרון בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה בהשוואה לאוכלוסייה עם משי"ה; וכמו-כן לבדוק אם ובאיזו מידה דפוסי הקשר דומים בשתי האוכלוסיות. ממצאי המחקר העלו קווים דיפרנציאליים וקווים משיקים בין שתי קבוצות המחקר. להלן יוצגו הממצאים העיקריים והמסקנות העולות מתוכם:

א. ציונים במבחני הכושר המוזיקלי: קווים דיפרנציאליים: הכושר המוזיקלי (מדד כללי) של נבדקים עם התפתחות תקינה נמצא גבוה (על-פי מדד ה-d') במובהק בהשוואה לזה של נבדקים עם משי"ה. הכושר המוזיקלי הינו כושר מולד (Talamini et al., 2018), הכולל הבחנה בין תדרים המאורגנים במרחב וירטואלי (באשר לצליל) (Levitin, 2012), תיאום בין דפוס מוטורי לבין הפעמה (באשר למקצב) (Kotz et al., 2018) ומבוסס על זיכרון מוזיקלי לטווח קצר וארוך (Talamini et al., 2017); האינטליגנציה הפלואידית הינה יכולת מולדת, הכוללת הבנת יחסים מופשטים, תפיסה מרחבית (McGrew, 2009) ותהליכים הבאים לידי ביטוי בזיכרון לטווח קצר ולטווח ארוך (Cattell, 1987; Horn, 1988). כלומר, הכושר המוזיקלי הינו פלואידי באופיו (Oechslin et al., 2013; Stoesz et al., 2007; Swaminathan et al., 2017), ולאור זאת אין תמה שהוא נמצא נמוך יותר בקרב אוכלוסייה עם משי"ה.

ב. נתיבי התפתחות האינטליגנציה, הזיכרון והכושר המוזיקלי: קווים משיקים: בשתי קבוצות המחקר חלה עלייה מהתבגרות לבגרות באינטליגנציה הקריסטלית, ואילו באינטליגנציה הפלואידית נשמרה יציבות; כלומר, נתיב התפתחות האינטליגנציה הקריסטלית הינו מתמשך ואילו נתיב התפתחות האינטליגנציה הפלואידית הינו יציב. גם בכושר המוזיקלי (מדד כללי) נשמרה יציבות בציונים (על-פי מדד ה-d') מהתבגרות לבגרות בשתי קבוצות המחקר. כלומר, ההתפתחות של הכושר המוזיקלי משקפת את הנתיב היציב והמקביל של האינטליגנציה הפלואידית. במחקרים קודמים נמצא, כי זיכרון העבודה החזותי-מרחבי (Conklin et al., 2007; Farrell Pagulayan et al., 2006), הזיכרון האפיזודי (Clark et al., 2006; Vakil et al., 2010) והכושר המוזיקלי (Bigand & Poulin-Charronnat, 2006; Stalinski & Schellenberg, 2012) מתייצבים במקביל במהלך גיל ההתבגרות (בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה). ההתייצבות המקבילה של מדדי הזיכרון ושל הכושר המוזיקלי, מהווה תמיכה לטענה כי הכושר המוזיקלי שנבדק במחקרינו, הוא פלואידי באופיו.

קווים דיפרנציאליים: בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה נמצא נתיב יציב במטלת זכירת ספרות קדימה ובשלושת מדדי הזיכרון האפיזודי (דמת הלמידה, אפקט השהייה ודמת ההיכר) אך נתיב מתמשך במטלת זכירת ספרות לאחור; בקרב נבדקים עם משי"ה נמצא נתיב יציב במטלת זכירת ספרות לאחור ובשני מדדים של הזיכרון האפיזודי (דמת הלמידה ודמת ההיכר), אך נתיב מתמשך במטלת זכירת ספרות קדימה ובמדד אפקט

השהייה. הזיכרון המילולי משקף אינטליגנציה קריסטלית (Brickman & Stern, 2009), ובהתאם לכך חלה בו עלייה, המוסברת על-ידי תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020).

ג. דפוס התשובות במבחני הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות

תקינה, מש"ה) והגיל (17-21, 25-40): קווים משיקים: בשתי קבוצות המחקר הציונים (על-פי מדד ההישגים) במבחן צליל נמצאו גבוהים במובהק בהשוואה לציונים במבחנים דימוי מלודיה דימוי הרמוניה; לא נמצאו הבדלים בציונים במבחני הכושר הריתמי (מבחן מקצב, מבחן דימוי מפתח ומבחן דימוי משקל) כתלות בסוג המבחן; וכמו-כן, לא נמצאו הבדלים בציונים בזיקה לקבוצות הגיל. דפוס התשובות הדומה מעיד על חשיבה מוזיקלית דומה בשתי האוכלוסיות ותואם לגישה ההתפתחותית (Zigler, 1969; Hodapp & Zigler, 1997; Zigler & Balla, 1982).

קווים דיפרנציאליים: בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה הציונים (על-פי מדד ההישגים) במבחן דימוי מלודיה נמצאו גבוהים בהשוואה לציונים במבחן דימוי הרמוניה; ואילו בקרב אוכלוסייה עם מש"ה לא נמצאו הבדלים בציונים בין שני מבחנים אלו. ייתכן כי בשל הציונים הנמוכים בשניהם, גם לא נמצאו הבדלים.

ד. קשרים בין האינטליגנציה (הקריסטלית והפלואידית) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי)

בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה): קווים משיקים: בשתי קבוצות המחקר נמצא מתאם בינוני בין האינטליגנציה הפלואידית, אך לא הקריסטלית, לבין הכושר המוזיקלי; ונמצאה תרומה של האינטליגנציה הפלואידית, אך לא הקריסטלית, להסבר השונות בכושר המוזיקלי. ממצאינו מאששים ממצאים קודמים (e.g., Oechslin et al., 2013; Swaminathan et al., 2017) ומחזקים את הטענה כי הכושר המוזיקלי הוא פלואיד באופיו. במבחן רייבן נמצאה תרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי (מדד כללי) והטונלי (אך לא הריתמי); ואילו במבחן סידור קוביות נמצאה תרומה להסבר השונות בעיקר בכושר הריתמי. הכושר הטונלי כולל יכולת לזהות ולהבחין בין תבניות צליל על-פי גובהן (McDermott et al., 2008); ואילו הכושר הריתמי כולל תיאום (סנכרון) בין דפוס מוטורי לבין הפעמה (Audio-motor entrainment) (Kotz et al., 2018). ייתכן כי מבחן רייבן קשור יותר לכושר הטונלי משום שהוא מכיל בעיקר חשיבה מרחבית ואילו מבחן סידור קוביות קשור יותר לכושר הריתמי משום שהוא מכיל גם ביצוע טמפורלי-מוטורי.

ה. קשרים בין הזיכרון (זיכרון עבודה והזיכרון האפיזודי) לבין הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי)

בזיקה לקבוצות המחקר (התפתחות תקינה, מש"ה): קווים דיפרנציאליים: באוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאו רק מתאמים מועטים בין מדדי הזיכרון לבין הכושר הטונלי ולא נמצאה תרומה של מדדי הזיכרון להסבר השונות בכושר המוזיקלי. ייתכן כי מבחני הזיכרון הינם בעלי רמת עומס קלה ובינונית (קילברג, 2019; Lifshitz et al., 2016) ביחס לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, ולכן נמצאו רק מתאמים מועטים ולא נמצאה תרומה. המסקנה היא, כי במבחנים בהם נבדק הקשר בין יכולות קוגניטיביות לבין כושר מוזיקלי, יש להתחשב הן באופנות המטלה (כגון: זכירה מילולית/מרחבית) והן ברמת העומס הקוגניטיבי הנדרשת לשם ביצועה.

באוכלוסייה עם מש"ה נמצאה תרומה של מטלת זכירה מרחבית לאחור להסבר השונות בכומר הריתמי. המסקנה היא, כי ככל שהיכולת לבצע מניפולציה על המידע החזותי-מרחבי (Baddeley et al., 2011) טובה יותר - כך גם יכולת התיאום בין דפוס מוטורי לבין הפעמה (Kotz et al., 2018). כמו-כן נמצאה תרומה של מדד רמת הלמידה (זיכרון אפיזודי) להסבר השונות בכומר המוזיקלי, במבחן דימוי הרמוניה ובמבחן דימוי מפעם. המסקנה היא, כי ככל שיכולת הלמידה המילולית-סדרתית טובה יותר - כך גם היכולת להתמקד בצלילים הנמוכים (בהרמוניה) וכך גם תפיסת הזמן (Kotz et al., 2018). התרומה של מטלת זכירה מרחבית לאחור ומדד רמת הלמידה להסבר השונות בכומר המוזיקלי בקרב אוכלוסייה עם מש"ה עשויה להעיד, כי יכולת שינוי התנועה ויכולת הלמידה המילולית-סדרתית - הן אשר עומדות בבסיס הכומר המוזיקלי.

1. תרומת משתנה הרקע להסבר השונות בכומר המוזיקלי: קווים משיקים: בשתי קבוצות המחקר הגיל הכרונולוגי של הנבדקים כלל לא תרם להסבר השונות בכומר המוזיקלי. כאמור, בשתי קבוצות המחקר נשמרה יציבות בכומר המוזיקלי בין גיל ההתבגרות (17-21) לבין הבגרות (25-40); ייתכן כי בשל כך גם לא נמצאה תרומה של הגיל להסבר השונות בכומר המוזיקלי.

קווים דיפרנציאליים: בקרב נבדקים עם התפתחות תקינה, נמצאה תרומה של המגדר להסבר השונות בכומר המוזיקלי (מדד כללי), במבחן דימוי מלודיה ובמבחן דימוי הרמוניה. מקדם ה- β השלילי הצביע על כומר מוזיקלי טוב יותר בקרב גברים בהשוואה לנשים. מכאן, כי לא רק כישורים קוגניטיביים עומדים בבסיס הכומר המוזיקלי, אלא גם המגדר - כמשתנה רקע.

לסיכום, ממחקרינו עולה כי הכומר המוזיקלי דומה באופיו בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ובקרב אוכלוסייה עם מש"ה; ובשתי האוכלוסיות הוא מתנהג בדומה לאינטליגנציה הפלואידית (אך לא הקריסטלית) הן בנתיבי ההתפתחות היציבים, הן במתאמים בין האינטליגנציה הפלואידית לבין הכומר המוזיקלי והן בתרומת האינטליגנציה הפלואידית להסבר השונות בכומר המוזיקלי. המסקנה היא, כי הכומר המוזיקלי הוא פלואידי באופיו, שבבסיסו יכולת שינוי התנועה, יכולת למידה מילולית-סדרתית והמגדר - כמשתנה רקע. תרומת האינטליגנציה הפלואידית והזיכרון להסבר השונות בכומר המוזיקלי, מעידה על חשיבות ההתערבות והשימוש בערוץ המוזיקלי לפיתוח הכישורים החזותיים-מרחביים, מוטוריים, טמפורליים ומילוליים בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה בכלל, ובקרב אוכלוסייה עם מש"ה בפרט.

4.5. מגבלות המחקר

למחקרינו מספר מגבלות המתייחסות למדגם ולכלי המחקר:

א. גודל המדגם: במחקרינו השתתפו 97 נבדקים, מתוכם 49 נבדקים עם מש"ה - 25 מתבגרים ו-24 מבוגרים; ו-48 נבדקים עם התפתחות תקינה - 24 מתבגרים ו-24 מבוגרים. כתוצאה מכך, מספר הנבדקים בכל

קבוצת גיל הוא המינימלי האפשרי להשוואה בין קבוצות. נציין, כי גודל המדגם נקבע על פי אילוצי הזמן של מסגרת המחקר.

ב. מחקר רוחב (Cross sectional study): במחקר הנוכחי נבדקו הכושר המוזיקלי והכישורים הקוגניטיביים בקרב נבדקים בקבוצות מחקר וגיל שונות. שימוש במחקרי רוחב אמנם מקובל כדי לבדוק שינויים קוגניטיביים הקשורים בגיל (Facon, 2008; Li et al., 2004); ויתרונה של מתודולוגיה זו הוא בצמצום הסיכון לנשירה של נבדקים. עם זאת, יש להתייחס לממצאים בזירות בעיקר בשלאפקט קוהורט (Cohort effect). על-פי אפקט זה, מיומנות שנלמדה בעבר על-ידי משתתף אחד בגיל מסוים, עשויה לבוא לידי ביטוי באופן שונה בקרב משתתף אחר בן אותו גיל כיום, בשל שינויים תרבותיים, חברתיים וחינוכיים. כלומר, ההשפעה של קבוצת הגיל על הביצוע לאורך השנים עשויה להיות משמעותית (Prasher, 1999).

ג. כלי הערכה: במחקרנו נעשה שימוש במבחני וכסלר (2001) למבוגרים (WAIS-III^{HEB}), המקובלים (Canivez et al., 2009; Shao et al., 2014) למדידת האינטליגנציה והזיכרון. מכיוון שמבחנים סטנדרטיים אלו תוקנו על אוכלוסייה עם התפתחות תקינה, ייתכן כי הם אינם רגישים דיים כדי לבדוק אוכלוסייה ברמת תפקוד נמוכה. אמנם בחלק מן המחקרים (Devenny et al., 2000; Kittler et al., 2004) נעשה שימוש במבחן וכסלר לילדים, אולם מכיוון שבמחקרנו נערכה השוואה לנבדקים עם התפתחות תקינה, היה צורך להשתמש במבחנים מותאמים לגילם.

הכושר המוזיקלי נבדק באמצעות ששה מבחנים מתוך שתי סוללות (IMMA - Gordon, 1986a,) (1986b; MAP - Gordon, 1995a, 1995b) שלשם ביצועם לא נדרשת השכלה מוזיקלית. ייתכן כי קיים חוסר רגישות של מבחן IMMA (המיועד לגילאי 6-11) עבור אוכלוסייה בוגרת עם התפתחות תקינה, אולם מכיוון שבמחקר נבדקה אוכלוסייה עם מש"ה, היה צורך להשתמש במבחנים מותאמים לרמתה הקוגניטיבית.

ד. קריטריונים להשתתפות במחקר: אחד הקריטריונים להשתתפות במחקר הינו משתתפים (עם התפתחות תקינה ועם מש"ה) ללא ליקוי חושי (עיוורון או לקות שמיעה). בהינתן הטווח הנרחב של הגילאים (17-40) ייתכנו בעיות שמיעה לא ידועות/מדווחות שיש לקחת בחשבון בנייתוח התוצאות. עם זאת, גיל 40 הוא צעיר יחסית. זקנה באוכלוסייה עם מש"ה עשויה להתחיל בגיל 50 (WHO, 2018) ועל-כן אין סיבה להניח שתהיה ירידה בשמיעה עד גיל 40.

ה. הליך המחקר: אוכלוסייה עם מש"ה ביצעה את המבחנים ב-3-4 מפגשים, ואילו אוכלוסייה עם התפתחות תקינה ביצעה את המבחנים במפגש יחיד (עד שעתיים), שבמהלכו ניתנו הפסקות של מספר דקות בהתאם לצורך. ההחלטה לבדוק אוכלוסייה עם התפתחות תקינה במפגש יחיד נבעה משיקולים מעשיים. ייתכן כי יכולת הריכוז של הנבדקים עלולה לרדת במהלך הזמן - שיקול שיש לקחת אותו בחשבון.

4.6. המלצות ליישומים

לאור הממצאים ומגבלות המחקר, ניתן להמליץ על מספר יישומים על-מנת לבסס את תוקפם:

א. במבחן רייבן, במבחן סידור קוביות ובמטלת זכירה מרחבית לאחור, בהם נדרשת יכולת חזותית-מרחבית-טמפורלית-מוטורית, נמצאה תרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי. לפיכך מומלץ לאמץ תכניות התערבות הקושרות בין תנועה במרחב לבין מוזיקה כדרך הוראה מותאמת עבור אוכלוסייה עם מש"ה. דוגמא לכך היא גישת הריתמיקה (Eurhythmics) של דלקרוז (Dalcroze, 1921/1980), אשר רואה בגוף כלי ראשוני ללימוד מוזיקה ומשלבת בין הפן הפיזי, האינטלקטואלי והרגשי.

ב. במדד רמת הלמידה, בו נדרשת יכולת למידה מילולית-סדרתית-מידית, נמצאה תרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי. במחקרים קודמים נמצא (בוסתן, 2018; Chen et al., 2017) כי שינון הביא לשיפור בזכירה לטווח ארוך בקרב נבדקים עם מש"ה; וכי למידת מילים חסרות הקשר באמצעות מוזיקה, סייעה לזיכרתן בטווח הארוך (Rainey & Larsen, 2002). בהתאם לכך, מומלץ לפתח תכניות לימודים בהן המוזיקה תשמש כאמצעי לשיפור הזיכרון המילולי עבור אוכלוסייה עם מש"ה.

ג. בשתי קבוצות המחקר נמצא נתיב התפתחות יציב בכושר המוזיקלי. על-פי תיאוריית "הגיל המפצה" (Lifshitz, 2020; Lifshitz-Vahav, 2015), פעילות יומיומית, כגון הקשבה לרדיו ומשחק, עשויה לשמש כגירוי המגן מפני ירידה קוגניטיבית של אוכלוסייה עם מש"ה בגיל המבוגר; ובהמשך לכך, היכולת לתפוס, לארגן ולהעריך גירויים מוזיקליים, קיימת במידה מסוימת אצל מרבית בני האדם מלידה, ועשויה להשתפר כתוצאה מחשיפה למוזיקה (Bigand & Poulin-Charronnat, 2006; Stalinski & Schellenberg, 2012). בהתאם לכך, רצוי לבדוק את השפעת הסביבה המוזיקלית של אוכלוסייה עם מש"ה על התפתחות המדדים הקוגניטיביים בבגרות; ולבדוק את יכולתה להפיק תועלת מחשיפה ישירה לגירויים.

4.7. המלצות למחקרי המשך

א. הגדלת המדגם: על מנת להתגבר על מגבלת גודל המדגם, במחקרים עתידיים רצוי לכלול מספר נבדקים גדול יותר בכל קבוצת גיל.

ב. מחקרי אורך (Longitudinal study): מחקרנו הנו מחקר רוחב ומגבלותיו צוינו לעיל. רצוי לתקף הממצאים במחקר אורך העוקב אחר התפתחותו הקוגניטיבית והמוזיקלית של הנבדק עצמו מגיל צעיר ועד לגיל מבוגר.

ג. כלי הערכה קוגניטיביים: (1) בפרק מגבלות המחקר צוין הצורך בשימוש בכלים קוגניטיביים

סטנדרטיים לשם השוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה. במחקרי המשך מומלץ להשתמש בכלי מדידה רגישים יותר לאוכלוסייה עם מש"ה (כדוגמת מבחן ה-Rey) אשר מותאמים לכל רמות התפקוד. אף כי שימוש במבחנים אלו לא יאפשר השוואה לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, הוא עשוי לתת תמונה ברורה יותר לגבי הכישורים הקוגניטיביים של אוכלוסייה עם מש"ה.

(2) במבחני האינטליגנציה הפלואידית נמצאה תרומה להסבר השונות בכושר המוזיקלי בשתי קבוצות המחקר; במבחני הזיכרון לעומת זאת, נמצאה תרומה להסבר השונות (במטלת זכירה מרחבית לאחור ומדד רמת הלמידה) רק בקרב נבדקים עם מש"ה. הטענה היא, כי מבחני האינטליגנציה בודקים יכולות מורכבות - ולכן נמצאה תרומה בשתי קבוצות המחקר; לעומת זאת, מבחני הזיכרון הינם בעלי רמת עומס קלה ובינונית (קילברג, e.g., Verbal double task - Lanfranchi et al., 2004; Lifshitz et al., 2016; 2019) ביחס לאוכלוסייה עם התפתחות תקינה, ולכן לא נמצאה תרומה לכושר המוזיקלי. על-מנת לבדוק טענה זו מומלץ לעשות שימוש במבחני זיכרון בעלי רמת עומס מורכבת (e.g., Verbal double task - Lanfranchi et al., 2004) בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה. כמו-כן, במחקרי המשך מומלץ להתחשב הן באופנות המטלה והן ברמת העומס הקוגניטיבי הנדרשת לשם ביצועה.

ד. כלי הערכה מוזיקליים: (1) במחקר עלו ממצאים משמעותיים מתוך המבחנים דימוי מלודיה חימוי הרמוניה (MAP, 1995b): הציונים בשתי קבוצות המחקר נמצאו נמוכים בהשוואה לציונים בארבעת המבחנים האחרים, נבדקים עם מש"ה התקשו לענות על השאלות מעבר לרמת ניחוש והציונים של גברים עם התפתחות תקינה נמצאו גבוהים בהשוואה לאלו של נשים. נראה, כי עקב של אורכה ומורכבותה, השימוש בסוללת MAP פסק כמעט לחלוטין עם החלת השימוש בסוללות המקוצרות (PMMA, IMMA, AMMA) (Hanson, 2019); ובחיפוש שערנו ב-Google Scholar נמצאו רק מחקרים בודדים (Granot et al., 2013; Law & Zentner, 2012) בהם נעשה שימוש בסוללה זו לאחר שנת 2000. בשל הממצאים המשמעותיים שעלו ממחקרינו, רצוי להחזיר את סוללת MAP לשימוש, אם כי בגרסה מקוצרת. בנוסף, רצוי לפתח כלים אשר בודקים דמיון (Like/different) בין תבניות (בדומה למבחנים דימוי מלודיה חימוי הרמוניה) מותאמים לרמות תפקוד וגיל.

(2) היכולת המוזיקלית נסמכת במידה רבה על ידע מרומז (Bigand & Poulin-Charronat, 2006), ובהתאם לכך נמצא (Tillmann et al., 2007) כי מטלות מטרימות (Priming) בקרב אמוזים, סייעו להם בזיהוי שינויים בהרמוניה. לאור זאת, במחקרים עתידיים מומלץ לעשות שימוש במטלות מטרימות במבחנים המוזיקליים, ובפרט במבחנים דימוי מלודיה חימוי הרמוניה, על-מנת לבדוק את תרומתן לשיפור ההישגים - הן בקרב משתתפים עם מש"ה והן בקרב משתתפים עם התפתחות תקינה.

(3) במחקרינו נבדק הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי), שהוא האספקט העיקרי של התפיסה המוזיקלית (Krumhansl, 2000), אולם לא נבדק ביצוע. במחקרי המשך (בקרב לא מוזיקאים) מומלץ לבדוק גם ביצוע ריתמי (e.g., Fujii & Schlaug, 2013) או קולי (e.g., Overy et al., 2003).

(4) המבחנים המוזיקליים נבדקו על-פי מדד ה- d' , כלומר, על-פי היחס בין מספר התשובות הנכונות (Hit) לבין מספר התשובות השגויות (FA), זאת על-מנת למנוע הטיה בציונים בעקבות ניחוש. במחקרי המשך מומלץ לבדוק גם את מדד ה-Hit המעיד על כמות הפריטים בה הנבדק ענה נכונה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שווה/דומה"; ואת מדד ה-FA המעיד על כמות הפריטים בה הנבדק ענה שגויה ואמר "שווה/דומה" כאשר התשובה הנכונה הייתה "שונה". אף כי מדדים אלו אינם מעידים על הציונים של הנבדקים, הם עשויים לספק הבנה מעמיקה יותר לגבי דפוס החשיבה שלהם.

(5) במחקרינו נערך ניתוח פריטים שמטרתו הייתה לבדוק אם יימצא הבדל בין הפריט עליו נבדקים עם מש"ה קיבלו את הציון הגבוה/הנמוך ביותר, לבין הפריט עליו נבדקים התפתחות תקינה קיבלו את הציון הגבוה/הנמוך ביותר. ניתוח הפריטים אינו ממטרתנו העיקרית של המחקר, ולאור זאת לא העלינו השערות. עם זאת, הדוגמאות שניתנו במחקרינו עשויות לשמש כהמלצה למחקרים עתידיים. ניתוח הפריטים עשוי להסביר את החשיבה המוזיקלית באופן מעמיק יותר - ובשל כך חשיבותו.

ה. קשרים בין יכולות קוגניטיביות לבין כושר מוזיקלי: (1) מחקרנו מתמקד בתרומת היכולות הקוגניטיביות להסבר השונות בכושר המוזיקלי; ובכך מצטרף לסדרת מחקרים אשר בדקה את תרומת היכולות הקוגניטיביות ותרומת משתני הרקע (באוכלוסייה עם מש"ה ועם התפתחות תקינה) לתפיסת השפה הליטרלית, הפיגורטיבית והנרטיבית (פרוינדליך, 2020), לתפיסת הדת (Lifshitz & Katz, 2009) ולזיכרון האפיזודי (Chen et al., 2017). לטענת החוקרים (Schellenberg & Weiss, 2013), הקשר בין התחומים הוא אסוציאטיבי-מעגלי ואינו מעיד על סיבתיות. הכשרה מוזיקלית אמנם עשויה לנבא ביצועים טובים יותר במבחני הכושר המוזיקלי, אך כיוון הסיבתיות אינו ברור (Swaminathan & Schellenberg, 2018). בהתאם לכך, במחקרים עתידיים מומלץ לבדוק גם בכיוון ההפוך (כלומר, את תרומת הכושר המוזיקלי ליכולות הקוגניטיביות).

(2) בקרב אוכלוסייה עם התפתחות תקינה נמצאו קשרים ברמת מובהקות של $p < .05$; ועל-פי הקריטריון של רמת מובהקות $p < .01$, כלל לא נמצאו קשרים מובהקים בקרב אוכלוסייה זו. בפרק הדיון ציינו, כי יש להתייחס במשנה זהירות לממצאים אשר רמת המובהקות שלהם היא של $p < .05$; ולאור זאת, רצוי לערוך מחקרי המשך עם מדגמים גדולים יותר. עם זאת, כלל המתאמים נבחנו כהשערות דו צדדיות (Two-tailed), על אף שהשערותינו היו חד צדדיות (One-tailed).

(3) במחקרינו נמצא, כי אוכלוסייה עם מש"ה נשענת על הזיכרון יותר מאשר אוכלוסייה עם התפתחות תקינה על-מנת לבצע מטלות מוזיקליות-ריתמיות; ונראה כי ישנו דפוס דומה בין ילדים (עם וללא לקויות למידה) (e.g., Lesiuk, 2014; Strait et al., 2011) לבין אוכלוסייה עם מש"ה. המסקנה היא, כי מבחנים ריתמיים עשויים לשמש כאמצעי להערכת זיכרון העבודה בקרב אוכלוסייה עם מש"ה. לאור זאת, מומלץ לערוך מחקרי המשך אשר משתמשים במבחנים ריתמיים על-מנת להעריך זיכרון בקרב אוכלוסייה עם מש"ה.

ו. הכללת קבוצות גיל נוספות: במחקרינו התפתחות הכושר המוזיקלי נבדקה לאור נתיבי התפתחות הכושר הקוגניטיבי, מהתבגרות (גילאי 17-21) לבגרות (גילאי 25-40), ונבדק הקשר בין הכישורים הקוגניטיביים

לבין הכושר המוזיקלי. במחקרים עתידיים מומלץ לכלול קבוצות גיל נוספות (ילדות, גיל העמידה, זקנה), על מנת להרחיב את ההבנה באשר להתפתחות הכושר המוזיקלי ולקשר בין התחומים.

ז. הבחנה בין אטיולוגיות שונות: מחקרנו התמקד באוכלוסייה עם מש"ה לא"ס, זאת בשל הבדלים שנמצאו במדדים המוזיקליים (Don et al., 1999; Levitin, 2005; Levitin et al., 2004) והקוגניטיביים (Silverman et al., 2013; Zigman et al., 2007) בקרב אוכלוסיות מאטיולוגיות שונות. במחקרים עתידיים מומלץ לבדוק אוכלוסיות מאטיולוגיות נוספות, כגון תסמונת ויליאמס ות"ד.

ח. הבחנה בין רמות תפקוד נוספות: מחקרנו התמקד בנבדקים עם מש"ה שממוצע המשכל שלהם מתאים למוגבלות שכלית קלה ($M = 62.31$, $SD = 5.30$). במחקרים עתידיים מומלץ לבדוק אוכלוסיות ברמות תפקוד נוספות.

ט. מחקרי דימות: במחקרנו נמצאה תרומה של מדדי הזיכרון (זכירה מרחבית לאחר ומדד רמת הלמידה) להסבר השונות בכושר המוזיקלי בקרב נבדקים עם מש"ה. הטענה הייתה, כי מדדים אלו עומדים בבסיס הכושר המוזיקלי. על-מנת לאשש טענה זו רצוי לבצע מחקרי דימות בעת ביצוע מטלות מוזיקליות.

ולבסוף, ממחקרנו עולה, כי הכישורים הקוגניטיביים תרמו להסבר השונות בכושר המוזיקלי; ובמחקרים קודמים הפעילות המוזיקלית תרמה לפיתוח הכישורים הקוגניטיביים (MacDonald et al., 1999; Smolej et al., 2019) והחברתיים (Hooper et al., 2011) בקרב אוכלוסייה עם מש"ה. למרות זאת, בסקירה (Brown & Jellison, 2012) שדנה במוזיקה בקרב אוכלוסייה עם מוגבלויות, נמצאה ירידה דרמטית בכמות המחקרים בקרב אוכלוסייה עם מש"ה (לעומת עלייה בקרב אוכלוסייה עם אוטיזם). ממצאנו מדגישים את החשיבות שבביצוע מחקרי התערבות מוזיקליים בקרב אוכלוסייה עם מש"ה ובטיפול תכניות המקדמות את "מירב האפשרויות הגלומות באישיות, בכישרון, ביצירתיות, בכישורים השכליים והפיזיים של אוכלוסייה זו במעגל החיים..." (UN General Assembly, 2007).

פורום אנשי מקצוע שבפניהם ארצה להציג את תוצאות המחקר:

- חוקרים בתחום התפיסה המוזיקלית, בתחום המוגבלות השכלית ההתפתחותית, חוקרי מוח וחוקרי זיכרון.
- מורים, מחנכים ומטפלים במוזיקה.
- קובעי מדיניות במשרד החינוך, משרד הרווחה והביטוח הלאומי.
- עמותות המפעילות תוכניות/דיוור לאנשים עם מוגבלות שכלית התפתחותית.
- חברות המפתחות משחקים ותוכנות מחשב.

5. רשימת מקורות

בוסתן, נ. (2018). התפתחות האינטליגנציה והזיכרון בקרב מתבגרים ומבוגרים עם תסמונת דאון בזיקה לשלושה נתיבים: לקוי, יציב או מתמשך (מפצה) ותרומת גורמים אנדוגניים ואקסוגניים למודדים אלה (עבודה לשם קבלת תואר דוקטור בפילוסופיה). בית הספר לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן, רמת גן.

וכסלר, ד. (2001). *WAIS-III^{HEB}*, מדריך העברה וצינון (מהדורה שלישית). סייקס בע"מ.

פרוינדליך, א. (2020). התפתחות השפה הליטרלית, הפיגורטיבית והנרטיבית בזיקה להתפתחות האינטליגנציה בקרב מתבגרים ומבוגרים עם מוגבלות שכלית - בהשוואה לנבדקים עם התפתחות תקינה במגזר החרדי: נתיב לקוי, יציב או מתמשך (מפצה) (עבודה לשם קבלת תואר דוקטור בפילוסופיה). בית הספר לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן, רמת גן.

קילברג, א. (2019). 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) (עבודה לשם קבלת תואר דוקטור בפילוסופיה). בית הספר לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן, רמת גן.

Alfonso, V. C., Flanagan, D. P., & Radwan, S. (2005). The impact of the Cattell–Horn–Carroll theory on test development and interpretation of cognitive and academic abilities. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft, & P. L. Harrison (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* (pp. 185-202). Guilford.

American Psychiatric Association [APA] (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5* (5th ed.). Author.

Anvari, S., Trainor, L. J., Woodside, J., & Levy, B. A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83(2), 111-130. [http://doi.org/10.1016/S0022-0965\(02\)00124-8](http://doi.org/10.1016/S0022-0965(02)00124-8)

Axelrod, B. N., Ryan, J. J., & Ward, L. C. (2001). Evaluation of seven-subtest short forms of the Wechsler Adult Intelligence Scale-III in a referred sample. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 16(1), 1-8. [http://doi.org/10.1016/S0887-6177\(99\)00054-2](http://doi.org/10.1016/S0887-6177(99)00054-2)

Ayotte, J., Peretz, I., & Hyde, K. (2002). Congenital amusia - A group study of adults afflicted with a music-specific disorder. *Brain*, 125(2), 238-251. <http://doi.org/10.1093/brain/awf028>

Baddeley, A. D. (1990). *Human memory: Theory and practice*. Allyn and Bacon.

Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 49(1), 5-28. <http://doi.org/10.1080/713755608>

- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [http://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](http://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. D. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7(2), 85-97. <http://doi.org/10.1027//1016-9040.7.2.85>.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829-839. <http://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Baddeley, A. D. (2007). *Working memory, thought and action*. Oxford University Press.
- 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. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.042>
- Baddeley, A. D., Gathercole, S., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105, 158-173. <http://doi.org/10.1037/0033295X.105.1.158>
- Baddeley, A., & Jarrold, C. (2007). Working memory and Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 51(12), 925-931. <http://doi:10.1111/j.1365-2788.2007.00979.x>
- Bao, Y., Szymaszek, A., Wang, X., Oron, A., Pöppel, E., & Szelag, E. (2013). Temporal order perception of auditory stimuli is selectively modified by tonal and non-tonal language environments. *Cognition*, 129 (3) (2013), pp. 579-585. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2013.08.019>
- Beauducel, A., Brocke, B., & Liepmann, D. (2001). Perspective on fluid and crystallized intelligence: Facets for verbal, numerical and figural intelligence. *Personality and Individual Differences*, 30(6), 977-994. [http://doi.org/10.1016/S0191-8869\(00\)00087-8](http://doi.org/10.1016/S0191-8869(00)00087-8)
- Bentley, A. (1966). *Measures of musical abilities*. Harrap.
- Bergman-Nutley, S., Darki, F., & Klingberg, T. (2013). Music practice is associated with development of working memory during childhood and adolescence. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 926. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00926>
- Berz, W. L. (1995). Working memory in music: A theoretical model. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 12(3), 353-364.
- Besson, M., Chobert, J., & Marie, C. (2012). Transfer of training between music and speech: Common processing, attention, and memory. *Frontiers in Psychology*, 2, 94. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00094>

- Bidelman, G. M., & Yoo, J. (2020). Musicians Show Improved Speech Segregation in Competitive, Multi-Talker Cocktail Party Scenarios. *Front Psychol.*, 18,11,1927. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01927>
- Bigand, E., & Poulin-Charronnat, B. (2006). Are we "experienced listeners"? A review of the musical capacities that do not depend on formal musical training. *Cognition*, 100(1), 100-130. <http://doi:10.1016/j.cognition.2005.11.007>
- Bixler, J. (1968). Musical aptitude in the educable mentally retarded child. *Journal of Music Therapy*, 5(2), 41-43. <https://doi.org/10.1093/jmt/5.2.41>
- Braswell, C., Decuir, A., Hoskins, C., Kvet, E., & Oubre, G. (1988). Relation between musical aptitude and intelligence among mentally retarded, advantaged, and disadvantaged subjects. *Perceptual and Motor Skills*, 67(2), 359-364. <http://doi.org/10.2466/pms.1988.67.2.359>
- Brickman, A. M., & Stern, Y. (2009). Aging and memory in humans. In L. R. Squire (Eds.), *Encyclopedia of neuroscience* (Vol. 1, pp. 175-180). Academic Elsevier.
- Brody, N. (1992). *Intelligence* (2nd ed.). Academic Press.
- Brown, L. S., & Jellison, J. A. (2012). Music research with children and youth with disabilities and typically developing peers: A systematic review. *Journal of Music Therapy*, 49(3), 335-364. <http://doi.org/10.1093/jmt/49.3.335>
- Brown, S. (2000). The “musilanguage” model of music evolution. In N. L. Wallin, B. Merker, & S. Brown (Eds.), *The origins of music* (pp. 271-300). MIT Press.
- Brown, S., Martinez, M. J., & Parsons, L. M. (2006). Music and language side by side in the brain: A PET study of the generation of melodies and sentences. *European Journal of Neuroscience*, 23(10), 2791-2803. <http://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2006.04785.x/full>
- Burt, D. B., Primeaux-Hart, S., Loveland, K. A., Cleveland, L. A., Lewis, K. R., Lesser, J., & Pearson, P. L. (2005). Aging in adults with intellectual disabilities. *American Journal on Mental Retardation*, 110(4), 268-284. [http://doi:10.1352/0895-8017\(2005\)110\[268:AIWID\]2.0.CO;2](http://doi:10.1352/0895-8017(2005)110[268:AIWID]2.0.CO;2)
- Butzlaff, R. (2000). Can music be used to teach reading? *Journal of Aesthetic Education*, 34(3/4), 167-178. <http://doi.org/10.2307/3333642>
- Caclin, A., & Tillmann, B. (2018). Musical and verbal short-term memory: Insights from neurodevelopmental and neurological disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1423(1), 155-165. <http://doi:10.1111/nyas.13733>

- 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. <http://doi.org/10.1037/a0018030>
- Cansino, S., Hernández-Ramos, E., Estrada-Manilla, C., Torres-Trejo, F., Martínez-Galindo, J. G., Ayala-Hernández, M., Gómez-Fernández, T., Osorio, D., CedilloTinoco, M., Garce's-Flores, L., Beltrán-Palacios, K., García-La'zaro, H. G., García-Gutiérrez, F., Cadena-Arenas, Y., Fernández-Apan, L., Ba'rtschi, A., & Rodríguez-Ortiz, M. D. (2013). The decline of verbal and visuospatial working memory across the adult life span. *Age*, 35(6), 2283-2302. <http://doi:10.1007/s11357-013-9531-1>
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press.
- Cattell, R. B. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Educational Psychology*, 54(1), 1–22. <http://doi.org/10.1037/h0046743>
- Cattell, R. B. (1987). *Intelligence: Its structure, growth and action*. North-Holland.
- Chapman, R. S., & Hesketh, L. J. (2001). Language, cognition, and short-term memory in individuals with Down syndrome. *Down's Syndrome Research and Practice*, 7(1), 1-7. <http://doi.org/10.3104/reviews.108>
- 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? *Grant Medical Journals*, 02(05): 104-115. [ps/17/1720/gmj](http://doi.org/10.3104/reviews.108)
- Chen, J. L., Zatorre, R. J., & Penhune, V. B. (2006). Interactions between auditory and dorsal premotor cortex during synchronization to musical rhythms. *NeuroImage*, 32(4), 1771-1781. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.04.207>
- Clark, C. R., Paul, R. H., Williams, L. M., Arns, M., Fallahpour, K., Handmer, C., & Gordon, E. (2006). Standardized assessment of cognitive functioning during development and aging using an automated touch screen battery. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21(5), 449-467. <http://doi:10.1016/j.acn.2006.06.005>
- Cohen, D. (1986). *East and West in Music* (Hebrew). Magnes Press.
- Cohen, M. J. (1997). *Children's memory scale*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- 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. <http://doi:10.1080/87565640709336889>

- 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. [http://doi.org/10.1016/S0160-2896\(01\)000964](http://doi.org/10.1016/S0160-2896(01)000964)
- Cornoldi, C., & Vecchi, T. (2003). *Visuospatial working memory and individual differences*. Hove, UK: Psychology.
- Corrigall, K. A., & Trainor, L. J. (2010). Musical enculturation in preschool children: acquisition of key and harmonic knowledge. *Music Percept.* 28, 195–200. <https://doi.org/10.1525/mp.2010.28.2.195>
- Corrigall, K. A., & Trainor, L. J. (2014). Enculturation to musical pitch structure in young children: evidence from behavioral and electrophysiological methods. *Dev Sci.*, 17(1):142-58. <https://doi.org/10.1111/desc.12100>.
- Corrigall K. A., Schellenberg E. G. (2015). Predicting who takes music lessons: parent and child characteristics. *Front. Psychol.* 6:282. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00282>
- Costa-Giomi, E. (2004). Effects of three years of piano instruction on children's academic achievement, school performance and self-esteem. *Psychology of Music*, 32(2), 139-152. <http://doi.org/10.1177/0305735604041491>
- Couzens, D., Cuskelly, M., & Haynes, M. (2011). Cognitive development and down syndrome: Age-related change on the Stanford-Binet Test. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 116(3), 181-204. <http://doi:10.1352/1944-7558-116.3.181>
- Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in Brain Research*, 169, 323-338. [http://doi.org/10.1016/S00796123\(07\)00020-9](http://doi.org/10.1016/S00796123(07)00020-9)
- Cowan, N. (2010). The magical mystery four: How is working memory capacity limited and why? *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 51-57. <http://doi.org/10.1177/0963721409359277>
- Culp, M. E. (2017). The relationship between phonological awareness and music aptitude. *Journal of Research in Music Education*, 65(3), 328 – 346. <http://doi.org/10.1177/0022429417729655>
- Dalcroze, É. J. (1921/1980). *Rhythm, music and education*. The Dalcroze Society.
- Davies, J. B. (1971). New tests of musical aptitude. *British Journal of Psychology*, 62(4), 557-565. <http://doi:10.1111/j.2044-8295.1971.tb02072.x>

- De Alwis, D., Hale, S., & Myerson, J. (2014). Extended cascade models of age and individual differences in children's fluid intelligence. *Intelligence*, 46, 84-93. <http://doi:10.1016/j.intell.2014.05.008>
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *J. Exp. Psychol.* 122, 371–396. <http://doi:10.1037/0096-3445.122.3.371>
- Delis, D. C., Kaplan, E., Kramer, J., & Ober, B. A. (2000). *California Verbal Learning Test* (CVLT-II, 2nd ed.). USA: Psychological Corporation.
- Derm V, Tsapakidou A, Zachopoulou E, Gini V. (2001). Complexity of Rhythmic Ability as Measured in Preschool Children. *Perceptual and Motor Skills*, 92(3), 777-785. <http://doi:10.2466/pms.2001.92.3.777>
- Detterman, D. K. (1987). Theoretical notions of intelligence and mental retardation. *American Journal of Mental Deficiency*, 92(1), 2-11.
- Detzner, V. (1997). *Using song to increase the articulation skills in the speech of the profoundly mentally handicapped* (Master thesis). Nova Southeastern University. ERIC database (ED419338)
- Devenny, D. A., Krinsky-McHale, S. J., Sersen, G., & Silverman, W. P. (2000). Sequence of cognitive decline in dementia in adults with Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 44(6), 654-665.
- Devenny, D. A., Wegiel, J., Schupf, N., Jenkins, E., Zigman, W., Krinsky-McHale, S. J., & Silverman, W. P. (2005). Dementia of the Alzheimer's type and accelerated aging in Down syndrome. *Sciences of Aging Knowledge Environment*, 2005(14), dn1. <http://doi:10.1126/sageke.2005.14.dn1>
- Don, A. J., Schellenberg, E. G., & Rourke, B. P. (1999). Music and language skills of children with Williams Syndrome. *Child Neuropsychology*, 5(3), 154-170. <http://doi.org/10.1076/chin.5.3.154.7337>
- Dorfberger, S., Adi-Japha, E., & Karni, A. (2007). Reduced Susceptibility to Interference in the Consolidation of Motor Memory before Adolescence. *PLoS ONE* 2(2): e240. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000240>
- Douglas, K. M., & Bilkey, D. K. (2007). Amusia is associated with deficits in spatial processing. *Nature Neuroscience*, 10(7), 915-921. <http://doi.org/10.1038/nn1925>
- Dowling, W. J., Kwak, S., & Andrews, M. W. (1995). The time course of recognition of novel melodies. *Perception and Psychophysics*, 57(2), 136– 149. <http://doi.org/10.3758/BF03206500>

- Drake, C. (1993). Reproduction of musical rhythms by children, adult musicians and adult non-musicians. *Perceptions & Psychophysics*, 53(1), 25–33. <http://doi.org/10.3758/BF03211712>
- Drake, C., Jones, M. R., & Baruch, C. (2000). The development of rhythmic attending in auditory sequences: attunement, referent period, focal attending. *Cognition*, 77(3), 251–288. [http://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00106-2](http://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00106-2)
- Drake, R. M. (1954). *Drake musical aptitude tests*. Science Research Associates.
- Drewing, K., Aschersleben, G., & Li, S. C. (2006). Sensorimotor synchronization across the life span. *International Journal of Behavioral Development*, 30(3), 280–287. <https://doi.org/10.1177/0165025406066764>
- Eitan, Z., & Timmers, R. (2010). Beethoven's last piano sonata and those who follow crocodiles: Cross-domain mappings of auditory pitch in a musical context. *Cognition*, 114(3), 299–464. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.10.013>
- Elkoshi, R. (2002). An investigation into children's responses through drawing, to short musical fragments and complete compositions. *Music Education Research*, 4, 199–211. <http://dx.doi.org/10.1080/1461380022000011911>
- Elkoshi, R. (2015). Children's invented notations and verbal responses to a piano work by Claude Debussy. *Music Education Research*, 17, 179–200. <http://doi.org/10.1080/14613808.2014.930116>
- 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. <http://doi.org/10.1037/0096-3445.128.3.309>
- Evans, K. K., & Treisman, A. (2010). Natural cross-modal mappings between visual and auditory features. *Journal of Vision*, 10(1):6. <https://doi.org/10.1167/10.1.6>
- 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. <http://doi.org/10.1016/j.ridd.2006.10.003>
- Facon, B., Bollengier, T., & Grubar, J. C. (1993). Overestimation of mentally retarded persons' IQs using the PPVT: A re-analysis and some implications for future research. *Journal of Intellectual Disability Research*, 37(4), 373–379. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2788.1993.tb00880.x>
- Facon, B., & Facon-Bollengier, T. (1999a). Chronological age and crystallized intelligence of people with intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 43(6), 489–496. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2788.1999.00224.x>

- Facon, B., & Facon-Bollengier, T. (1999b). Chronological age and performance of persons with mental retardation on verbal subtests of the Wechsler Intelligence Scale for Children - Revised, French version. *Psychological Reports*, 85(3), 857-862. <http://doi.org/10.2466/pr0.1999.85.3.857>
- Fancourt, A., Dick, F., & Stewart, L. (2013). Pitch-change detection and pitch-direction discrimination in children. *Psychomusicology*, 23(2), 73-81. <http://doi.org/10.1037/a0033301>
- 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), 1043-52. <http://doi.org/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, Lee.
- 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). Guilford.
- Feuerstein, R., Rand, Y., & Rynders, J. (1988). *Don't accept me as I am: Helping "retarded" people to excel*. Plenum.
- Fischer, M. H., & Coello, Y. (Eds.). (2016). *Foundations of embodied cognition: Conceptual and interactive embodiment*. Routledge/Taylor & Francis Group.
- Fisher, M. A., & Zeaman, D. (1970). Growth and decline of retarded intelligence. *International Review of Research in Mental Retardation*, 4, 151-191. [http://doi.org/10.1016/S0074-7750\(08\)60024-5](http://doi.org/10.1016/S0074-7750(08)60024-5)
- Forgeard, M., Schlaug, G., Norton, A., Rosam, C., Iyengar, U., & Winner, E. (2008). The relation between music and phonological processing in normal-reading children and children with dyslexia. *Music Perception*, 25(4), 383-390. <http://doi.org/10.1525/mp.2008.25.4.383>
- Franklin, M. S., Moore, K. S., Yip, C., Jonides, J., Rattray, K., & Moher, J. (2008). The effects of music training on verbal memory. *Psychology of Music*, 36(3), 353-365. <http://doi.org/10.1177/0305735607086044>
- Freeman, J. (1983). Environment and high IQ – A consideration of fluid and crystallized intelligence. *Personality and Individual Differences*, 4(3), 307-313. [http://doi.org/10.1016/0191-8869\(83\)90152-6](http://doi.org/10.1016/0191-8869(83)90152-6)

- Fujii, S., & Schlaug, G. (2013). The Harvard Beat Assessment Test (H-BAT): a battery for assessing beat perception and production and their dissociation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7 (1): 771. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2013.00771>.
- Fujii, S., & Wan, C. Y. (2014). The role of rhythm in speech and language rehabilitation: the SEP hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 777. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00777>
- Fujioka, T., Ross, B., Kakigi, R., Pantev, C., & Trainor, L. J. (2006). One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children. *Brain* 129, 2593–2608. <http://doi.org/10.1093/brain/awl247>
- Fujioka, T., Trainor, L. J., & Ross, B. (2008). Simultaneous pitches are encoded separately in auditory cortex: An MMNm study. *Neuroreport*, 19(3), 361–366. <http://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282f51d91>
- Galván A. (2010). Neural plasticity of development and learning. *Hum. Brain Mapp.* 31, 879–890. <https://doi.org/10.1002/hbm.21029>
- Gardner, H. (1973). Children's sensitivity to musical styles. *Merril-Palmer Quarterly of Behavior and Development*, 19(1), 66-77. www.jstor.org/stable/23083794
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: Theory of multiple intelligences*. Basic Books.
- Gardner, H. (1999). *Intelligence reframed: multiple intelligences for the 21st century*. Basic Books.
- Gardner, H., Kornhaber, M. L., & Wake, W. K. (1996). *Intelligence: Multiple perspectives*. Harcourt Brace College Publishers.
- 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. <http://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177>.
- Gawrylowicz, J., Gabbert, F., Carson, D., Lindsay, W. R., & Hancock, P. J. (2012). Holistic versus featural facial composite systems for people with mild intellectual disabilities. *Applied Cognitive Psychology*, 26(5), 716-720. <http://doi.org/10.1002/acp.2850>
- Gibson, D., Groeneweg, G., Jerry, P., & Harris, A. (1988). Age and pattern of intellectual decline among Down Syndrome and other mentally retarded adults. *International Journal of Rehabilitation Research*, 11(1), 47–55. <http://doi.org/10.1097/00004356-198803000-00006>
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000). *BRIEF: Behavior rating inventory of executive function*. Lutz, FL: Psychological Assessment Resources, Inc.
- Gordon, E. E. (1965). *Musical aptitude profile*. Houghton Mifflin.

- Gordon, E. E. (1968). The use of the Musical Aptitude Profile with exceptional students. *Journal of Music Therapy*, 5(2), 37-40. <http://doi.org/10.1093/jmt/5.2.37>
- Gordon E. E. (1979a). Developmental music aptitude as measured by the primary measures of music audiation. *Psychology of Music*, 7(1), 42–49. <http://doi.org/10.1177/030573567971005>
- Gordon, E. E. (1979b). *Primary measures of music audiation*. GIA.
- Gordon, E. E. (1986a). *Intermediate measures of music audiation* [CD]. GIA.
- Gordon, E. E. (1986b). *Manual for the primary measures of music audiation and the intermediate measures of music audiation*. GIA.
- Gordon, E. E. (1989). *Manual for the advanced measures of music audiation*. Chicago, IL: GIA Publications.
- Gordon, E. E. (1995a). *Musical aptitude profile* [CD]. GIA.
- Gordon, E. E. (1995b). *Manual: Musical aptitude profile* (3rd ed.). GIA.
- Gordon, E. E. (1997). *A music learning theory for newborn and young children*. Chicago, IL: GIA.
- Gordon, E. E. (2007). *Learning sequences in music: A contemporary music learning theory*. GIA.
- Gordon, E. E. (2012). *Learning sequences in music: Skill, content, and patterns: A music learning theory*. GIA.
- Gordon, R. L., Jacobs, M. S., Schuele, C. M., & Mcauley, J. D. (2016). Perspectives on the rhythm–grammar link and its implications for typical and atypical language development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337, 16–25. <http://doi.org/10.1111/nyas.12683>
- Granot, R. Y., Frankel, Y., Gritsenko, V., Lerer, E., Gritsenko, I., Bachner-Melman, R., ... Ebstein, R. P. (2007). Provisional evidence that the arginine vasopressin 1a receptor gene is associated with musical memory. *Evolution and Human Behavior*, 28, 313-318. <http://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2007.05.003>
- Granot, R. Y., Uzefovsky, F., Bogopolsky, H., & Ebstein, R. P. (2013). Effects of arginine vasopressin on musical working memory. *Frontiers in Psychology*, 4, 712. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00712>.
- Gray, J. R., Chabris, C. F., & Braver, T. S. (2003). Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nature Neuroscience*, 6(3), 316-322. <http://doi.org/10.1038/nn1014>

- Grossman, H. J. (1973). *Manual on terminology and classification in mental retardation*. American Association on Mental Deficiency.
- Grossman, H. J. (Ed.). (1983). *Classification in mental retardation*. American Association on Mental Deficiency.
- Grossman, H. J., & Begab, M. J. (1983). *Classification in mental retardation*. American Association on Mental Deficiency.
- Groussard, M., Coppalle, R., Hinault, T., & Platel, H. (2020). Do Musicians Have Better Mnemonic and Executive Performance Than Actors? Influence of Regular Musical or Theater Practice in Adults and in the Elderly. *Front Hum Neurosci.*, 15;14:557642. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.557642>
- Groussard, M., La Joie, R., Rauchs, G., Landeau, B., & Chételat, G. (2010). When music and long-term memory interact: Effects of musical expertise on functional and structural plasticity in the hippocampus. *PLoS ONE*, 5(10). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0013225>
- Haavisto, M. L., & Lehto, J. E. (2004). Fluid/spatial and crystallized intelligence in relation domain-specific working memory: A latent-variable approach. *Learning and Individual Differences*, 15(1), 1-21. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2004.04.002>
- Hansen, M., Wallentin, M., & Vuust, P. (2012). Working memory and musical competence of musicians and nonmusicians. *Psychology of Music*, 41(6), 779–793. <http://doi.org/10.1177/0305735612452186>
- Hanson, J. (2019). Meta-Analytic evidence of the criterion validity of Gordon’s music aptitude tests in published music education research. *Journal of Research in Music Education*, 67(2), 193–213. <http://doi.org/10.1177/0022429418819165>
- Hanushek, E. A., Machin, S., & Woessmann, L. (Eds.). (2011). *Handbook of the economics of education* (Vol. 3, 4). North-Holland.
- Hargreaves, D. (1996). The Development of artistic and musical competence. In I. Deliege and J. Sloboda (Eds.), *Musical beginnings: Origins and development of musical competence*. Oxford University Press.
- Hargreaves, D., Marshall, N., & North, A. (2003). Music education in the twenty-first century: A psychological perspective. *British Journal of Music Education*, 20(2), 147-163.. <http://doi.org/10.1017/S0265051703005357>
- Hartmann, M. (2017). Non-musicians also have a piano in the head: evidence for spatial–musical associations from line bisection tracking. *Cogn Process.*, 18, 75–80 <https://doi.org/10.1007/s10339-016-0779-0>

- He, C., Hotson, L., & Trainor, L. J. (2009). Maturation of cortical mismatch responses to occasional pitch change in early infancy: effects of presentation rate and magnitude of change. *Neuropsychologia*, 47, 218–229. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.07.019>
- Hébert, S., & Peretz, I. (1997). Recognition of music in long-term memory: Are melodic and temporal patterns equal partners? *Memory & Cognition*, 25(4), 518–33. <http://doi.org/10.3758/BF03201127>
- Heller, J. & Campbell, W. (1976). Models of language and intellect in music research. In: A. Motycka, (Ed.), *Music education for tomorrow's society* (149-180). Selected Topics, Jamestown, RI: GAMT Music Press.
- 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. <http://doi.org/10.1017/S1355617704104037>
- Hetland, L. (2000). Learning to make music enhances spatial reasoning. *Journal of Aesthetic Education*, 34(3/4), 179-238. <http://doi.org/10.2307/3333643>
- Ho, Y. C., Cheung, M. C., & Chan, A. S. (2003). Music training improves verbal but not visual memory: Cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, 17(3), 439-450. <http://doi.org/10.1037/0894-4105.17.3.439>
- Hodapp, R. M., & Zigler, E. (1997). New issues in the developmental approach to mental retardation. In W. E. MacLean (Ed.), *Ellis' Handbook of mental deficiency, psychological theory and research*, (pp. 115-136). Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- Hooper, J., Wigram, T., Carson, D., & Lindsay, B. (2008a). A review of the music and intellectual disability literature (1943-2006) part one: Descriptive and philosophical writing. *Music Therapy Perspectives*, 26(2), 66-79. <http://doi.org/10.1093/mtp/26.2.66>
- Hooper, J., Wigram, T., Carson, D., & Lindsay, B. (2008b). A review of the music and intellectual disability literature (1943-2006) part two: Experimental Writing. *Music Therapy Perspectives*, 26(2), 80-96. <http://doi.org/10.1093/mtp/26.2.80>
- Hooper, J., Wigram, T., Carson, D., & Lindsay, B. (2011). The practical implication of comparing how adults with and without intellectual disability respond to music. *British Journal of Learning Disabilities*, 39(1), 22-28. <http://doi.org/10.1111/j.1468-3156.2010.00611.x/full>
- Horn, J. L. (1968). Organization of abilities and the development of intelligence. *Psychological Review*, 75(3), 242-259. <http://doi.org/10.1037/h0025662>
- Horn, J. L. (1985). Remodeling old models of intelligence. In B. B. Wolman (Ed.), *Handbook of intelligence* (pp. 267-300). John Wiley.

- Horn, J. L. (1986). Intellectual ability concepts. *Advances in the Psychology of Human Intelligence*, 3, 35-77.
- Horn, J. L. (1988). Thinking about human abilities. In J. R. Nesselroade (Ed.), *Handbook of multivariate psychology* (pp. 645-685). Academic Press.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized intelligences. *Journal of Educational Psychology*, 57(5), 253-270. <http://doi.org/10.1037/h0023816>
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1967). Age differences in fluid and crystallized intelligence. *Acta Psychologica*, 26, 107-129. [http://doi.org/10.1016/0001-6918\(67\)90011-X](http://doi.org/10.1016/0001-6918(67)90011-X)
- Howlin, P., Ellison, S., Udwin, O., & Stinton, C. (2010). Cognitive, linguistic and adaptive functioning in Williams syndrome: Trajectories from early to middle adulthood. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 23(4), 322-336. <http://doi:10.1111/j.1468-3148.2009.00536.x>
- Hudspeth, W. J., & Pribram, K. H. (1990). Stages of brain and cognitive maturation. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 881-884. <http://doi.org/10.1037/0022-0663.82.4.881>
- Huss, M., Verney, J. P., Fosker, T., Mead, N., & Goswami, U. (2011). Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: Perception of musical meter predicts reading and phonology. *Cortex*, 47(6), 674-89. <http://doi.org/10.1016/j.cortex.2010.07.010>
- Hyde, K. L., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A. C., & Schlaug, G. (2009). Musical training shapes structural brain development. *Journal of Neuroscience*, 29(10), 3019-3025. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5118-08.2009>
- Hyde, K. L., Zatorre, R. J., & Peretz, I. (2011). Functional MRI evidence of an abnormal neural network for pitch processing in congenital amusia. *Cerebral Cortex*, 21(2), 292-299. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhq094>
- Ilari, B., & Habibi, A. (2015). Favorite songs, melodic elements, and a familiar tune: Performance of children from Brazil and the United States on components of the ATBSS. *Musicae Scientiae*, 19(3), 265-281. <http://doi.org/10.1177/1029864915597566>
- Ireland, K., Parker, A., Foster, N., & Penhune, V. (2018). Rhythm and melody tasks for school-aged children with and without musical training: Age-equivalent scores and reliability. *Frontiers in Psychology*, 9, 426. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00426>
- Ishihara, M., Revol, P., Jacquin-Courtois, S., Mayet, R., Rode, G., Boisson, D., et al. (2013). Tonal cues modulate line bisection performance: preliminary evidence for a new rehabilitation prospect? *Front. Psychol.*, 4:704. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00704>

- Jakobson, L. S., Lewycky, S. T., Kilgour, A. R., & Stoesz, B. M. (2008). Memory for verbal and visual material in highly trained musicians. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 26(1), 41–55. <http://doi.org/10.1525/mp.2008.26.1.41>
- Jellison, J. A. (2000). A content analysis of music research with children and youth with disabilities (1975–1999). In American Music Therapy Association (Ed.), *Effectiveness of music therapy procedures: Documentation of research and clinical practice* (3rd ed.; pp. 199–264). American Music Therapy Association.
- 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. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2010.06.005>
- Jones, J. L., Lucker, J., Zalewski, C., Brewer, C., & Drayna, D. (2009). Phonological processing in adults with deficits in musical pitch recognition. *Journal of Communication Disorders*, 42(3), 226–234. <http://doi:10.1016/j.jcomdis.2009.01.001>
- Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, 30(2), 135–187. <http://doi.org/10.1017/S0140525X07001185>
- Katzman, R. (1993). Education and the prevalence of dementia and Alzheimer's disease. *Neurology*, 43, 13–20. http://doi.org/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 & Adolescent Psychology*, 22(3), 355–364.
- Kaufman, A. S. (2001). WAIS-III IQs, Horn's theory, and generational changes from young adulthood to old age. *Intelligence*, 29(2), 131–167. [http://doi.org/10.1016/S0160-2896\(00\)00046-5](http://doi.org/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 and Mental Health*, 18(3), 304–315. <http://doi:10.1080/13607863.2013.868404>
- Kirschner, S., & Ilari, B. (2014). Joint drumming in Brazilian and German preschoolers: cultural differences in synchronization skills, but no prosocial effects. *J. Cross Cult. Psychol.* 45, 137–166. <http://doi.org/10.1177/0022022113493139>
- Kittler, P., Krinsky-McHale, S. J., & Devenny, D. A. (2004). Sex differences in performance over ears on the Wechsler Intelligence Scale for Children – Revised among adults with intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 48(2), 114–122. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2004.00500.x>

- Koelsch, S. (2011). Toward a Neural Basis of Music Perception – A Review and Updated Model. *Frontier in Psychology*, 2. <http://doi:10.3389/fpsyg.2011.00110>
- Kotz, S., Ravignani, A. & Fitch, W.T. (2018). The evolution of rhythm processing. *Trends Cogn Sci* 22:896–910. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.08.002>.
- Krampe, R. T., Engbert, R., & Kliegl, R. (2002). The effects of expertise and age on rhythm production: adaptations to timing and sequencing constraints. *Brain and Cognition*, 48(1), 179-194. <http://doi.org/10.1006/brcg.2001.1312>
- Krinsky-McHale, S. J., Kittler, P., Brown, W. T., Jenkins, E. C., & Devenny, D. A. (2005). Repetition priming in adults with Williams syndrome: Age-related dissociation between implicit and explicit memory. *American Journal on Mental Retardation*, 110(6), 482-496. [http://doi:10.1352/0895-8017\(2005\)110\[482:RPIAWW\]2.0.CO;2](http://doi:10.1352/0895-8017(2005)110[482:RPIAWW]2.0.CO;2)
- Krumhansl, C. L. (2000). Rhythm and pitch in music cognition. *Psychol. Bull.*, 126(1):159-79. <http://doi:10.1037/0033-2909.126.1.159>.
- Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working memory capacity? *Intelligence*, 14(4), 389-433. [http://doi:10.1016/S0160-2896\(05\)80012-1](http://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). American Psychology Association. <http://doi.org/10.1037/10203-002>
- Lanfranchi, S., Baddeley, A. D., Gathercole, S., & Vianello, R. (2012). Working memory in Down syndrome: Is there a dual task deficit? *Journal of Intellectual Disability Research*, 56(2), 157-166. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2011.01444.x>
- 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. [http://doi.org/10.1352/0895-8017\(2004\)1092.0.CO;2](http://doi.org/10.1352/0895-8017(2004)1092.0.CO;2)
- La Rue, J. (1970). *Guidelines for style analysis. A comprehensive outline of style analysis of musical style*. New York: W.W. Norton Company Inc.
- Laws, G. (2002). Working memory in children and adolescents with Down syndrome: Evidence from a colour memory experiment. *Journal of Child Psychology & Psychiatry*, 43(3), 353-364. <http://doi.org/10.1111/1469-7610.00026>
- Law, L. N., & Zentner, M. (2012). Assessing musical abilities objectively: Construction and validation of the profile of music perception skills. *PLoS One*, 7(12), e52508. <http://doi:10.1371/journal.pone.0052508>.

- Lechner, C. M., Miyamoto, A., & Knopf, T. (2019). Should students be smart, curious, or both? Fluid intelligence, openness, and interest co-shape the acquisition of reading and math competence. *Intelligence*, 76, 101378. <http://doi:10.1016/j.intell.2019.101378>
- 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. <http://doi.org/10.1177/0734282908323628>
- Legg, S., & Hutter, M. (2007). A collection of definitions of intelligence. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 157, 17-24.
- Lehrdahl, F., & Jackendoff, R. (1983). *A generative theory of tonal music*. MIT Press.
- Lejbak, L., Crossley, M., & Vrbancic, M. (2011). A male advantage for spatial and object but not verbal working memory using the *n*-back task. *Brain and Cognition*, 76(1), 191–196. <http://doi:10.1016/j.bandc.2010.12.002>
- Leman, M. (2007). *Embodied music cognition and mediation technology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lesiuk, T. (2014). Music perception ability of children with executive function deficits. *Psychology of Music*, 43(4), 530-544. <http://doi.org/10.1177/0305735614522681>
- Levitin, D. J. (2005). Musical behavior in a neurogenetic developmental disorder: Evidence from Williams syndrome. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 325-334. <http://doi.org/10.1196/annals.1360.027>
- Levitin, D. J. (2012). What Does It Mean to Be Musical? *Neuron*, 73(4), 633-637. <http://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.01.017>
- Levitin, D. J., Cole, K., Chiles, M., Lai, Z., Lincoln, A., & Bellugi, U. (2004). Characterizing the musical phenotype in individuals with Williams syndrome. *Child Neuropsychology*, 10(4), 223-247. <http://doi.org/10.1080/09297040490909288>
- Lezak, M. D. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford university press.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, H. J., Hannay, H. J., & Fischer, J. S. (2004). *Neuropsychological assessment* (4th ed.). Oxford University Press.
- Li, S. C., Lindenberger, U., Hommel, B., Aschersleben, G., Prinz, W., & Baltes, P. B. (2004). Transformations in the couplings among intellectual abilities and constituent cognitive processes across the life span. *Psychological Science*, 15(3), 155-163. <http://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.01503003.x>

- Lidji, P., Kolinsky, R., Lochy, A., & Morais, J. (2007). Spatial associations for musical stimuli: a piano in the head? *J. Exp. Psychol. Hum. Percep. Perform.*, 33, 1189–1207. <http://doi.org/10.1037/0096-1523.33.5.1189>
- Lifshitz H. (2020). *Growth and development in adulthood among persons with intellectual disability*. Springer, Cham.
- Lifshitz, H. B., Bustan, N., & Shnitzer-Meirovich, S. (2020). Intelligence trajectories in adolescents and adults with down syndrome: Cognitively stimulating leisure activities mitigate health and ADL problems. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*. <http://doi.org/10.1111/jar.12813>
- 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. <http://doi.org/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. <http://doi.org/10.16/j.ridd.2016.08.001>
- Lifshitz, H., & Rand, Y. (1999). Cognitive modifiability in adult and older people with mental retardation. *Mental Retardation*, 37(2), 125-138. [http://doi.org/10.1352/0047-6765\(1999\)037<0125:CMIAAO>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1352/0047-6765(1999)037<0125:CMIAAO>2.0.CO;2)
- 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. <http://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.10.010>
- Lifshitz-Vahav, H. (2015). Compensation age theory: Effect of chronological age on individuals with intellectual disability. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 50, 142-154. <https://www.jstor.org/stable/24827531>
- Lifshitz-Vahav, H., Shnitzer, S., & Mashal, N. (2015). 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. <http://doi:10.1080/13607863.2015.1047322>
- London, J. (2004). *Hearing in time: Psychological aspects of musical meter*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195160819.001.0001>
- 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. <http://doi.org/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 supports* (10th ed.). 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.). American Association on Mental Retardation.
- MacDonald, R. A. R., O'Donnell, P. J., & Davies, J. B. (1999). An empirical investigation into the effects of structured music workshops for individuals with intellectual disabilities. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 12(3), 225-240. <http://doi.org/10.1111/j.1468-3148.1999.tb00079.x/pdf>
- Marie, C., Fujioka, T., Herrington, L., & Trainor, L. J. (2012). The high-voice superiority effect in polyphonic music is influenced by experience: A comparison of musicians who play soprano-range compared with bass-range instruments. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 22(2), 97-104. <http://doi.org/10.1037/a0030858>
- Marie, C., & Trainor, L.J. (2013). Development of simultaneous pitch encoding: Infants show a high voice superiority effect. *Cerebral Cortex*, 23(3), 660-9. <http://doi:10.1093/cercor/bhs050>
- Marie, C., & Trainor, L.J. (2014). Early development of polyphonic sound encoding and the high voice superiority effect. *Neuropsychologia*, 57, 50–58. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia>
- Mastrokalou, N., & Hatziharistos, D. (2007). Rhythmic ability in children and the effects of age, sex, and tempo. *Perceptual and Motor Skills*, 104(3), 901–912. <http://doi.org/10.2466/pms.104.3.901-912>
- McAuley, J. D., Jones, M. R., Holub, S., Johnston, H. M., & Miller, N. S. (2006). The time of our lives: life span development of timing and event tracking. *J Exp Psychol Gen.*, 135(3):348-67. <http://doi.org/10.1037/0096-3445.135.3.348>.
- McDermott, J. H., Lehr, A. J., & Oxenham, A. J. (2008). Is Relative Pitch Specific to Pitch? *Psychological Science*, 19(12), 1263–1271. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02235.x>
- McDermott, J. H., & Oxenham, A. J. (2008). Music perception, pitch, and the auditory system. *Curr Opin Neurobiol.*, 18(4):452-63. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.09.005>.
- McGrew, K. S. (2009). Editorial: CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*, 37, 1-10. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2008.08.004>

- McLeish, J., & Higgs, G. (1982). Musical ability and mental subnormality: An experimental investigation. *British Journal of Educational Psychology*, 52(3), 370-373. <http://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1982.tb02524.x>
- Mcmullen, E., & Saffran, J. (2004). Music and Language: A Developmental Comparison. *Music Perception*, 21, 289-311. <https://doi.org/10.1525/mp.2004.21.3.289>
- McPherson, G. (2016). *The child as musician*, 2nd Edn. Oxford University Press.
- Messinis, L., Tsakona, I., Malefaki, S., & Papathanasopoulos, P. (2007). Normative data and discriminant validity of Rey's Verbal Learning Test for the Greek adult population. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(6), 739-752. <http://doi:10.1016/j.acn.2007.06.002>
- Meyer, L. B. (1956). *Emotion and meaning in music*. University of Chicago Press.
- Mills, J. (1988). *Group tests of musical abilities*. NFER-NELSON Publishing Company.
- Milovanov, R., Huotilainen, M., Esquef, P.A., Alku, P., Valimäki, V., & Tervaniemi, M., (2009). The role of musical aptitude and language skills in preattentive duration processing in school-aged children. *Neuroscience letters*, 460(2), 161–165. <http://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.05.063>.
- Milovanov, R., Huotilainen, M., Välimäki, V., Esquef, P., & Tervaniemi, M. (2008). Musical aptitude and second language pronunciation skills in school-aged children: Neural and behavioral evidence. *Brain Research*, 1194, 81-89. <http://doi:10.1016/j.brainres.2007.11.042>
- Milovanov, R., Pietilä, P., Tervaniemi, M., & Esquef, P. A. A. (2010). Foreign language pronunciation skills and musical aptitude: A study of Finnish adults with higher education. *Learning and Individual Differences*, 20(1), 56-60. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.11.003>
- Molino, J. (2000). Toward an evolutionary theory of music and language. In N. L. Wallin, B. Merker, & S. Brown (Eds.), *The origins of music* (pp. 165–176). MIT Press.
- 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. <http://doi:10.1007/s10072-012-1130-x>
- Moog, H. (1976). The development of musical experience in children of preschool age. *Psychology of Music*, 4(2), 38-45. <http://doi.org/10.1177/030573567642005>
- Musacchia, G., Large, E. W., & Schroeder, C. E. (2014). Thalamocortical mechanisms for integrating musical tone and rhythm. *Hearing research*, 308, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.09.017>

- 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. <http://doi.org/10.1076/anec.10.1.20.13454>
- Nardo, D., Reiterer, S. M. (2009). Musicality and phonetic language aptitude. In Dogil, G., & Reiterer, S. (Eds.), *Language talent and brain activity* (pp. 213–255). Mouton De Gruyter.
- Nascimento, L. R., de Oliveira, C. Q., Ada, L., Michaelsen, S. M., & Teixeira-Salmela, L. F. (2015). Walking training with cueing of cadence improves walking speed and stride length after stroke more than walking training alone: a systematic review. *Journal of physiotherapy*, 61(1): 10-15. <http://doi.org/10.1016/j.jphys.2014.11.015>.
- Nettl, B. (1964). *Theory and Method in Ethnomusicology*. New York: Free Press.
- Numminen, H., Service, E., Ahonen, T., Korhonen, T., Tolvanen, A., & Patja, K. (2000). Working memory structure and intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 44, 579-590. <http://doi:10.1046/j.1365-2788.2000.00279.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(2), 105-118. [http://doi:10.1016/s0891-4222\(02\)00089-6](http://doi:10.1016/s0891-4222(02)00089-6)
- Nyberg, L. (1994). A structural equation modeling approach to the multiple memory systems question. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20(2), 485-491. <http://doi.org/10.1037/0278-7393.20.2.485>
- Oechslin, M. S., Descloux, C., Croquelois, A., Chanal, J., Van De Ville, D., Lazeyras, F., & James, C. E. (2013). Hippocampal volume predicts fluid intelligence in musically trained people. *Hippocampus*, 23(7), 552-558. <http://doi.org/10.1002/hipo.22120>
- Overy, K., Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Clarke, E. F. (2003). Dyslexia and music: Measuring musical timing skills. *Dyslexia: An International Journal of Research and Practice*, 9(1), 18-36. <http://doi.org/10.1002/dys.233>
- Patel, A. D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nat Neurosci* 6, 674–681. <https://doi.org/10.1038/nn1082>
- Patel, A. D. (2006). Musical rhythm, linguistic rhythm, and human evolution. *Music Perception*, 24(1), 99-103. <http://doi.org/10.1525/mp.2006.24.1.99>
- Patel, A. D. (2008). *Music, language and the brain* (pp. 181–238). Oxford University Press.
- Patel, A. D. (2011). Why would Musical Training Benefit the Neural Encoding of Speech? The OPERA Hypothesis. *Frontiers in psychology*, 2, 142. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00142>

- Patel, A. D., & Iversen, J. R. (2007). The linguistic benefits of musical abilities. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(9), 369-372. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2007.08.003>.
- Peretz, I. (2009). Music, language and modularity framed in action. *Psychologica Belgica*, 49(2-3), 157-175. <http://doi.org/10.5334/pb-49-2-3-157>
- Peretz, I., Brattico, E., Jarvenpaa, M., & Tervaniemi, M. (2009). The amusic brain: In tune, out of key, and unaware. *Brain*, 132(5), 1277-1286. <http://doi.org/10.1093/brain/awp055>
- Peretz, I., Champod, A. S., & Hyde, K. L. (2003). Varieties of musical disorders: The Montreal Battery of Evaluation of Amusia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), 58-75. <http://doi.org/10.1196/annals.1284.006>
- Peretz, I., & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6(7), 688-691. <http://doi:10.1038/nn1083>
- Peretz, I., & Vuvan, D. T. (2017). Prevalence of congenital amusia. *European Journal of Human Genetics*, 25(5), 625–630. <http://doi.org/10.1038/ejhg.2017.15>
- Peretz, I., & Zatorre, R. J. (2004). Brain organization for music processing. *Annual Review of Psychology*, 56, 89-114.
- Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child*. Ballantine.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and psychology of the child*. Orion.
- Platel, H. (2005). Functional neuroimaging of semantic and episodic musical memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060(1), 136-147. <http://doi.org/10.1196/annals.1360.010>
- Popovitch, E. R., Wisniewski, H. M., Barcikowska, M., Silverman, W., Bancher, C., Sersen, E., & Wen, G. Y. (1990). Alzheimer neuropathology in non-Down's syndrome mentally retarded adults. *Acta Neuropathologica*, 80(4), 362-367. <http://doi.org/10.1007/BF00307688>
- Portowitz, A., Lichtenstein, O., Egorova, L., & Brand, E. (2009). Underlying mechanisms linking music education and cognitive modifiability. *Research Studies in Music Education*, 31(2), 107-128. <http://doi.org/10.1177/1321103X09344378>
- Prasher, V. P. (1999). Adaptive behavior. In M. P. Janicki & A. J. Dalton (Eds.), *Dementia, aging, and intellectual disabilities: A handbook* (pp. 157-182). Runner / Mazel.
- Pratt, C. C. (1930). The spatial character of high and low tones. *J. Exp. Psychol.*, 13, 278–285. <http://doi.org/10.1037/h0072651>

- Putkinen, V., Tervaniemi, M., & Huotilainen, M. (2013). Informal musical activities are linked to auditory discrimination and attention in 2-3-year-old children: an event-related potential study. *Eur. J. Neurosci.* 37, 654–661. <http://doi.org/10.1111/ejn.12049>
- Rainey, D. W., & Larsen, J. D. (2002). The effect of familiar melodies on initial learning and long-term memory for unconnected text. *Music Perception*, 20(2), 173-186. <http://doi.org/10.1525/mp.2002.20.2.173>
- Randel, D. M. (1978). *Harvard concise dictionary of music*. Harvard University Press.
- Rao, S. M., Mayer, A. R., & Harrington, D. L. (2001). The evolution of brain activation during temporal processing. *Nature Neuroscience*, 4(3), 317–323. <http://doi:10.1038/85191>
- Rauscher, F. (2008). An empirical investigation of the effects of music instruction on cognition. In B. LeCarpentier (Ed.), *Evaluating the impact of arts and cultural education* (pp. 303-310). Centre Pompidou.
- Rauscher, F. H., & Zupan, M. A. (2000). Classroom keyboard instruction improves kindergarten children's spatial-temporal performance: A field experiment. *Early Childhood Research Quarterly*, 15(2), 215-228. [http://doi.org/10.1016/S0885-2006\(00\)00050-8](http://doi.org/10.1016/S0885-2006(00)00050-8)
- Raven, J. C. (1958). *Standard Progressive Matrices, Sets A, B, C, D & E*. Oxford Psychologists Press.
- Raven, J. C. (1998). *Raven Manual Section 4: Advanced Progressive Matrices*. Oxford Psychologists Press.
- Raven J. C. (2003). *Raven's Advanced Progressive Matrices: Pearson Assessment*. London: Pearson, Inc.
- Raven, J. C., Court, J. H., & Raven, J. C. (1986). *Manual for Raven's progressive matrices and vocabulary scales*. Oxford: Oxford Psychologists Press.
- Rey, A. (1958). *L'Examen clinique en psychologie*. Presses Universitaires de France.
- Rey, A. (1964). *L'Examen clinique en psychologie* (2nd ed.). Presses Universitaires de France.
- Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique [The Rey Auditory Verbal Learning Test, RVLMT]. *Arch. Psychol. (Geneve)* 28, 21.
- Rice, J. A. (1970). Abbreviated Gordon Musical Aptitude Profile with EMR children. *American Journal of Mental Deficiency*, 75(1), 107-108.

- Rickard, N. S., Vasquez, J. T., Murphy, F., Gill, A., & Toukhsati, S. R. (2010). Benefits of a classroom based music program on verbal memory of primary school children: a longitudinal study. *Australian Journal of Music Education*, 1, 36–47. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ912414.pdf>
- Roden, I., Grube, D., Bongard, S., & Kreutz, G. (2014). Does music training enhance working memory performance? Findings from a quasi-experimental longitudinal study. *Psychology of Music*, 42(2), 284–298. <http://doi.org/10.1177/0305735612471239>
- Roden, I., Kreutz, G., & Bongard, S. (2012). Effects of a school-based instrumental music program on verbal and visual memory in primary school children: A longitudinal study. *Frontiers in Neuroscience*, 6, 572. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00572>
- Rowe, J., Lavender, A., & Turk, V. (2006). Cognitive executive function in Down's syndrome. *British Journal of Clinical Psychology*, 45, 5-17. <http://doi.org/10.1348/014466505X29594>
- Rusconi, E., Kwan, B., Giordano, B. L., Umiltà, C., & Butterworth, B. (2006). Spatial representation of pitch height: the SMARC effect. *Cognition*, 99, 113–129. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.01.004>
- Ryan, J. J., Sattler, J. M., & Lopez, S. J. (2000). Age effects on Wechsler Adult Intelligence Scale-III subtests. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 15(4), 311-317. [http://doi:10.1016/S0887-6177\(99\)00019-0](http://doi:10.1016/S0887-6177(99)00019-0)
- Ryan, R. G. (2010). Age differences in explicit memory of crimes and source monitoring ability: Adolescents and young adults. *North American Journal of Psychology*, 12(2), 401-414.
- Sachs, C. (1953). *Rhythm and Tempo*. New York, London: Dent.
- Saffran, J. R. (2001). Words in a sea of sounds: The output of infant statistical learning. *Cognition*, 81 (2), 149-169. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(01\)00132-9](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(01)00132-9)
- Saffran, J. R. (2003). Musical learning and language development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 397-401. <https://infantlearning.waisman.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/70/2017/02/Saffran2003c.pdf>
- Saffran, J. R., & Griepentrog, G. J. (2001). Absolute pitch in infant auditory learning: Evidence for developmental reorganization. *Developmental Psychology*, 37(1), 74–85. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.1.74>
- Saffran, J. R., Johnson, E. K., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1999). Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition*, 1;70(1):27-52. [https://doi.org/10.1016/s0010-0277\(98\)00075-4](https://doi.org/10.1016/s0010-0277(98)00075-4)

- Saffran, J. R., & Kirkham, N. Z. (2018). Infant Statistical Learning. *Annual review of psychology*, 69, 181–203. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122216-011805>
- Sala, G., & Gobet, F. (2017). When the music's over. Does music skill transfer to children's and young adolescents' cognitive and academic skills? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 20, 55–67. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.005>
- Salgado, J. V., Malloy-Diniz, L. F., Abrantes, S. S. C., Moreira, L., Schlottfeldt, C. G., Guimarães, W., Freitas, D. M. U., Oliveira, J., & Fuentes, D. (2011). Applicability of the Rey Auditory-Verbal Learning Test to an adult sample in Brazil. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 33(3), 234-237.
- Sallat, S., & Jentschke, S. (2015). Music perception influences language acquisition: melodic and rhythmic-melodic perception in children with specific language impairment. *Behavioural neurology*, 2015. <http://doi.org/10.1155/2015/606470>
- Salthouse, T. A. (2004). What and when of cognitive aging. *Current Directions in Psychological Science*, 13(4), 140-144.
- 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. <http://doi.org/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. <http://doi.org/10.1037/0894-4105.7.3.273>
- Schaie, K. W. (2005). *Developmental influences on adult intelligence: The Seattle longitudinal study*. Oxford University Press.
- Schaie, K. W. (2010). Adult cognitive development from a lifespan developmental perspective. *Annual Report of Meiso University*, 28, 21-35. <https://sharepoint.washington.edu/uwsom/sls/Documents/2010/Adult%20Cognitive%20dev%20from%20lifespan.2010.pdf>
- Schaie, K. W. (2013). *Developmental influences on adult intelligence*. Oxford University Press.
- 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). American Association on Intellectual and Developmental Disabilities.
- Schellenberg, E. G., (2011). Examining the association between music lessons and intelligence. *Br J Psychol.*, 12, 102(3):283-302. <http://doi: 10.1111/j.2044-8295.2010.02000.x>

- Schellenberg, E. G., (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychol Sci.*, 12, 102(3):283-302. <http://doi: 10.1111/j.0956-7976.2004.00711.x>
- Schellenberg, E. G., & Peretz, I. (2008). Music, language and cognition: Unresolved issues. *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 45-46. <http://doi:10.1016/j.tics.2007.11.005>
- Schellenberg, E. G., & Weiss, M. W. (2013). Music and cognitive abilities. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (pp. 499-550). Elsevier Academic Press. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-381460-9.00012-2>
- Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., & Winner, E. (2005). Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Annals of the New York Academy of Science*, 1060, 219-230. <http://doi.org/10.1196/annals.1360.015>
- Schroeder, D. H., & Salthouse, T. A. (2004). Age-related effects on cognition between 20 and 50 years of age. *Personality and Individual Differences*, 36(2), 393-404. [http://doi.org/10.1016/S0191-8869\(03\)00104-1](http://doi.org/10.1016/S0191-8869(03)00104-1)
- Schulze, K., & Koelsch, S. (2012). Working memory for speech and music. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252(1), 229-236. <http://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06447.x>
- Schwartz, R. W., Ayres, K. M., & Douglas, K. H. (2017). Effects of music on task performance, engagement, and behavior: A literature review. *Psychology of Music*, 45(5), 611-627. <http://doi.org/10.1177/0305735617691118>
- Seashore, C. E. (1919). *The psychology of musical talent*. Boston, MA: Silver, Burdett.
- Seashore, C. E., Lewis, D., & Saetveit, J. G. (1960). *Seashore Measures of Musical Talents Manual*, (2nd ed.). Psychological Corporation.
- Selfhout, M. H. W., Branje, S. J. T., & Meeus, W. H. J. (2009). Developmental trajectories of perceived friendship intimacy, constructive problem solving, and depression from early to late adolescence. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 37, 251-264. <http://doi.org/10.1007/s10802-008-9273-1>
- Serafine, M. L. (1988). *Music as cognition: The development of thought in sound*. Columbia University.
- Shao, Z., Janse, E., Visser, K., & Meyer, A. S. (2014). What do verbal fluency tasks measure? Predictors of verbal fluency performance in older adults. *Frontiers in Psychology*, 5, 772.
- Siedlecki, K. L. (2007). Investigating the structure and age invariance of episodic memory across the adult lifespan. *Psychology and Aging*, 22(2), 251-268.

- 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. <http://doi.org/10.1111/jppi.12042>
- Simos, P. G., Sideridis, G. D., Protopapas, A., & Mouzaki, A. (2011). Psychometric evaluation of a receptive vocabulary test for Greek elementary students. *Assessment for Effective Intervention*, 37(1), 34-49. <http://doi.org/10.1177/1534508411413254>
- Sivan, A. B. (1992). Benton visual retention test (5th ed.). San Antonio: The Psychological Corporation.
- Slevc, L. R., & Miyake, A. (2006). Individual differences in second-language proficiency: Does music ability matter? *Psychological Science*, 17(8), 675-681. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01765.x>.
- Smolej Fritz, B., & Peklaj, C. (2019). A case study of music instruction according to E. Willems' pedagogy in children with intellectual disabilities: Its impacts on music abilities and language skills. *International Journal of Music Education*, 37(2), 243-256. <http://doi.org/10.1177/0255761419833082>
- Spearman, C. (1927). *The abilities of man: Their nature and measurement*. Macmillan.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82(3), 171-177
- Stalinski S. M., & Schellenberg, E. G. (2012). Music cognition: A developmental perspective. *Topics in Cognitive Science*, 4(4), 485-497. <http://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2012.01217.x>
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8, 448-460.
- Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia*, 47(10), 2015-2028.
- Stern, Y. (2013). Cognitive reserve: Implications for assessment and intervention. *Folia Phoniatr Logop*, 65(2), 49-54. <http://doi.org/10.1159/000353443>
- Stern, Y., Habeck, C., Moeller, J., Scarmeas, N., Anderson, K. E., Hilton, J., Flynn, J., Sackeim, H., & van Heertum, R. (2005). Brain networks associated with cognitive reserve in healthy young and old adults. *Cerebral Cortex*, 15(4), 394-402.
- Sternberg, R. J. (1990). *Metaphors of mind: Conceptions of the nature of intelligence*. Cambridge University Press.

- Stewart, L., Verdonschot, R. G., Nasralla, P., & Lanipekun, J. (2013). Action-perception coupling in pianists: learned mappings or spatial musical association of response codes (SMARC) effect? *Q. J. Exp. Psychol. (Hove)*, 66, 37–50. <http://doi.org/10.1080/17470218.2012.687385>
- Stewart, L., Walsh, V., & Frith, U. (2004). Reading music modifies spatial mapping in pianists. *Percept. Psychophys.* 66, 183–195. <http://doi.org/10.3758/bf03194871>
- Stoesz, B., Jakobson, L., Kilgour, A., & Lewycky, S. (2007). Local processing advantage in musicians: Evidence from disembedding and constructional tasks. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 25(2), 153–165. <http://doi.org/10.1525/mp.2007.25.2.153>
- Strait, D. L., Hornickel, J., & Kraus, N. (2011). Subcortical processing of speech regularities predicts reading and music aptitude in children. *Behavioral and Brain Functions*, 7(1), 44. <http://doi.org/10.1186/1744-9081-7-44>
- Strait, D. L., Parbery-Clark, A., Hittner, E., & Kraus, N. (2012). Musical training during early childhood enhances the neural encoding of speech in noise. *Brain and Language*, 123, 191–201. <http://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.09.001>
- Sua´rez, L., Elangovan, S., & Au, A. (2015). Cross-sectional study on the relationship between music training and working memory in adults. *Australian Journal of Psychology*, 68(1), 38–46. <http://doi.org/10.1111/ajpy.12087>
- Swaminathan, J., Mason, C. R., Streeter, T. M., Best, V., Kidd, G. Jr., & Patel, A. D. (2015). Erratum: Musical training, individual differences and the cocktail party problem. *Scientific reports*, 5, 14401. <https://doi.org/10.1038/srep14401>
- Swaminathan, S., & Schellenberg, E. G. (2018). Musical competence is predicted by music training, cognitive abilities, and personality. *Scientific Reports*, 8(1), 1–7, <http://doi.org/10.1038/s41598-018-27571-2>
- Swaminathan, S., Schellenberg, E. G., & Khalil, S. (2017). Revisiting the association between music lessons and intelligence: Training effects or music aptitude? *Intelligence*, 62, 119–124. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2017.03.005>
- Talamini, F., Altoè, G. M., Carretti, B., & Grassi, M. (2017). Musicians have a better memory than nonmusicians: A meta-analysis. *PLoS One*, 12(10), e0186773. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0186773>
- Talamini, F., Grassi, M., Toffalini, E., Santoni, R., & Carretti, B. (2018). Learning a second language: Can music aptitude or music training have a role? *Learning and Individual Differences*, 64, 1-7. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.04.003>
- Tassé, M. J. (2013). *DSM-5: Diagnostic criteria for intellectual disability*. Nisonger Center, The Ohio State University.

- Thaut, M. H. (2013). *Rhythm, music, and the brain: Scientific foundations and clinical applications*. Routledge.
file:///C:/Users/user/Downloads/9780203958827_googlepreview.pdf
- Thompson, E. C., White-Schwoch, T., Tierney, A., & Kraus, N. (2015). Beat Synchronization across the Lifespan: Intersection of Development and Musical Experience. *PLoS ONE*, 10(6): e012883. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128839>
- Thorndike, E. L., & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions. II. The estimation of magnitudes. *Psychological Review*, 8(4), 384-395. <http://doi.org/10.1037/h0071280>
- Tillmann, B., Jolicoeur, P., Ishihara, M., Gosselin, N., Bertrand, O., Rossetti, Y., & Peretz, I. (2010). The amusic brain: lost in music, but not in space. *PloS one*, 5(4), e10173. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0010173>
- Tillmann, B., Peretz, I., Bigand, E., & Gosselin, N. (2007). Harmonic priming in an amusic patient: the power of implicit tasks. *Cogn Neuropsychol.*, 24(6):603-22. <http://doi.org/10.1080/02643290701609527>
- Trainor, L. J., & Corrigall, K. A. (2010). Music acquisition and effects of musical experience. In M. R. Jones, R. R. Fay, & A. N. Popper (Eds.), *Springer handbook of auditory research: Vol. 36. Music perception* (pp. 89–127). Springer Science + Business Media. http://doi.org/10.1007/978-1-4419-6114-3_4
- Treffert, D. A. (2009). The savant syndrome: An extraordinary condition. A synopsis: Past, present, future. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 364(1522), 1351-1357. <http://www.jstor.org/stable/40485906>
- Treffert, D. A. (2014). Savant syndrome: Realities, myths and misconceptions. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(3), 564-571.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving, W. Donaldson, & G. H. Bower (Eds.), *Organization of memory* (pp. 381-403). Academic.
- Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. Oxford University Press.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 1-25.
- Ullén, F., Hambrick, D. Z., & Mosing, M. A. (2016). Rethinking expertise: A multifactorial gene–environment interaction model of expert performance. *Psychological Bulletin*, 142(4), 427–446. <http://doi.org/10.1037/bul0000033>
- UN General Assembly (2007, January 24). *Convention on the rights of persons with disabilities: resolution* (A/RES/61/106). <http://www.undocuments.net/a61r106.htm>

- Upitis, R., & Smithrim, K. (2001). *Learning through the arts: National assessment interim report*. The Royal Conservatory of Music.
- Vakil, E., & Blachstein, H. (1993). Rey Auditory-Verbal Learning Test: Structure analysis. *Journal of Clinical Psychology*, 49(6), 883-890
- 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. <http://doi.org/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. <http://doi.org/10.1076/chin.4.3.161.3173>
- Vakil, E., Greenstein, Y., & Blachstein, H. (2010). Normative data for composite scores for children and adults derived from the Rey Auditory Verbal Learning Test. *The Clinical Neuropsychologist*, 24(4), 662-667. <http://doi.org/10.1080/13854040903493522>
- Vakil, E., & Lifshitz-Zehavi, H. (2012). Solving the Raven Progressive Matrices by adults with intellectual disability with/without Down syndrome: Different cognitive patterns as indicated by eye-movements. *Research in Developmental Disabilities*, 33(2), 645-654. <http://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.11.009>
- Vakil, E., Shelef-Reshef, E., & Levy-Shiff, R. (1997). Procedural and declarative memory processes: Individuals with and without mental retardation. *American Journal of Mental Retardation*, 102(2), 147-160. [http://doi.org/10.1352/0895-8017\(1997\)102<0147:PADMPI>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1352/0895-8017(1997)102<0147:PADMPI>2.0.CO;2)
- Van der Werf, Y. D., Tisserand, D. J., Visser, P. J., Hofman, P. A. M., Vuurman, E., Uylings, H. B. M., & Jolles, J. (2001). Thalamic volume predicts performance on tests of cognitive speed and decreases in healthy aging: A magnetic resonance imaging-based volumetric analysis. *Cognitive Brain Research*, 11(3), 377-385.
- Wang, X., Fu, R., Xia, X., Chen, X., Wu, H., Landi, N., et al. (2018). Spatial properties of mismatch negativity in patients with disorders of consciousness. *Neurosci. Bull.*, 34, 700-708. <https://doi.org/10.1007/s12264-018-0260-4>
- Van Nieuwenhuijzen, M., Vriens, A., Scheepmaker, M., Smit, M., & Porton, E. (2011). The development of a diagnostic instrument to measure social information processing in children with mild to borderline intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 32(1), 358-37. <http://doi:10.1016/j.ridd.2010.10.012>
- Virtala, P., Huotilainen, M., Partanen, E., Fellman, V., & Tervaniemi, M. (2013). Newborn infants' auditory system is sensitive to Western music chord categories. *Front. Psychol.*, 4:492. <http://doi: 10.3389/fpsyg.2013.00492>

- Wallentin, M., Nielsen, A. H., Friis-Olivarius, M., Vuust, C., & Vuust, P. (2010). The Musical Ear Test: A new reliable test for measuring musical competence. *Learning and Individual Differences*, 20(3), 188–196.
- Wechsler, D. (1981). *Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale - Revised (WAIS-R)*. Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1997a). *Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale – Third Edition (WAIS-III)*. Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1997b). *Wechsler Memory Scale – Third Edition (WMS-III): Administration and scoring manual*. Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1999). *Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence (WASI™)*. Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2008). *Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS–IV) (4th ed.)*. San Antonio, TX: Psychological Corporation
- Vicari, S., Albertini, G., & Caltagirone, C. (1992). Cognitive profiles in adolescents with mental retardation. *Journal of Intellectual Disability Research*, 36(5), 415–423. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.1992.tb00559.x>
- Widmann, A., Kujala, T., Tervaniemi, M., Kujala, A., & Schröger, E. (2004). From symbols to sounds: visual symbolic information activates sound representations. *Psychophysiology*, 41(5):709-15. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2004.00208.x>.
- Wilde, N. J., Strauss, E., & Tulskey, D. S. (2004). Memory span on the Wechsler scales. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(4), 539–549. <http://doi.org/10.1080/13803390490496605>
- Willems, E. (2012). *Psychological foundations of musical education*. Brigham Young University.
- Williamson, V. J., Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2010). Musicians' and nonmusicians' short-term memory for verbal and musical sequences: Comparing phonological similarity and pitch proximity. *Memory & Cognition*, 38(2), 163–175. <http://doi.org/10.3758/MC.38.2.163>
- 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. <http://doi:10.1159/000085309>
- Wing, H. D. (1968). *Tests of musical ability and appreciation: An investigation into the measurement, distribution, and development of musical capacity* (2nd ed.). Cambridge University Press.

- Winkler, I., Háden, G., Ladinig, O., Sziller, I., & Honing, H. (2009). Newborn infants detect the beat in music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 2468-2471. <https://doi.org/10.1073/pnas.0809035106>
- Wisdom, N. M., Mignogna, J., & Collins, R. L. (2012). Variability in Wechsler Adult Intelligence Scale-IV subtest performance across age. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 27(4), 389-397. <http://doi.org/10.1093/arclin/acs041>
- Witt, A., & Vinter, A. (2013). Children with intellectual disabilities may be impaired in encoding and recollecting incidental information. *Research in Developmental Disabilities*, 34, 864-871. <http://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.11.003>
- Wojcik, E. H., & Saffran, J. R. (2015). Toddlers encode similarities among novel words from meaningful sentences. *Cognition*, 138, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.01.015>
- Woodcock, R.W., McGre, K.S., & Mather, N. (2001). *Woodcock-Johnson Psycho-educational Battery*. Itasca, IL: Riverside, 3
- World Health Organization [WHO] (2018, January 18). *Disability and health*. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>
- Yee, E., Chrysikou, E. G., & Thompson-Schill, S. L. (2014). The cognitive neuroscience of semantic memory. In K. N. Ochsner, & S. M. Kosslyn (Eds.), *Oxford handbook of cognitive neuroscience: Vol. 1., Core topics* (pp. 353–374). Oxford University Press.
- Yoo, J., & Bidelman, G. M. (2019). Linguistic, perceptual, and cognitive factors underlying musicians' benefits in noise-degraded speech perception. *Hear. Res.* 377, 189–195. <http://doi.org/10.1016/j.heares.2019.03.021>
- Yost, W. A. (1997). *The cocktail party problem: Forty years later*. In R. H. Gilkey & T. R. Anderson (Eds.), *Binaural and spatial hearing in real and virtual environments* (p. 329–347). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Zdzinski, S. F. (1992). Relationships among parental involvement, music aptitude, and musical achievement of instrumental music students. *Journal of Research in Music Education*, 40(2), 114–125. <http://doi.org/10.2307/3345561>
- Ziegler, M., Danay, E., Heene, M., Asendorpf, J., & Bühner, M. (2012). Openness, fluid intelligence and crystallized intelligence: Toward an integrative model. *Journal of Research in Personality*, 46, 173-183. <http://doi.org/10.1016/j.jrp.2012.01.002>
- Zigler, E. (1969). Developmental versus difference theories of mental retardation and the problem of motivation. *American Journal of Mental Deficiency*, 73(4), 536–55

- Zigler, E., & Balla, D. (1982). Introduction: the developmental approach to mental retardation. In E. Zigler and D. Balla (Eds.), *Mental Retardation: The Developmental Difference Controversy* (pp. 3-8). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zigman, W. B., Schupf, N., Devenny, D. A., Mizejeski, C., Ryan, R., Urv, T. K., Schubert, R., & 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.
- 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. <http://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.02.02>
- Zimmerman, M. P. (1984). The Relevance of Piagetian Theory for Music Education. *International Journal of Music Education*, 3(1), 31–34. <http://doi.org/10.1177/025576148400300105>
- Zimmerman, M. P. (1986). Music Development in Middle Childhood: A Summary of Selected Research Studies. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, (86), 18-35. Retrieved May 9, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/40317966>
- Zuk, J., Benjamin, C., Kenyon, A., & Gaab, N. (2014). Behavioral and neural correlates of executive functioning in musicians and non-musicians. *PloS One*, 9(6), e99868. <http://doi:10.1371/journal.pone.0099868>

נספחים

נספח 1: סיכום מחקרי התפתחות מוזיקלית

גיל	יכולת מוזיקלית
לידה עד חודשיים	במחקר דימות מוחי (ERP) נמצאה רגישות לטונליות (מזיורמינור, קונסוננס/דיסוננס) (Virtala et al., 2013).
3-4 חודשים	במחקר דימות נמצאה רגישות לפעמה (Winkler et al., 2009). במחקר דימות נמצאה יכולת הבחנה בשינויים בגובה הצליל (He et al., 2009). במחקר דימות נמצא אפקט עליונות הצליל הגבוה (Marie & Trainor, 2014).
שנתיים	התינוק קולט את צלילי סביבתו ומגיב בתנועה ובמלמול (Gordon, 2007).
גיל 4	ישנה מודעות לתיאום בין שירה ודקלום לבין נשימה ותנועות הגוף (Gordon, 2007). במחקר דימות נמצאה רגישות לסולם ולהרמוניה (Corrigall, & Trainor, 2014).
גיל 5	התמקדות בפרמטר אחד בולט ביצירה מוזיקלית כגון: מהירות, עצמה, גוון או גובה צליל (Zimmerman, 1984, 1986).
גיל 6	במחקר התנהגותי נמצאה רגישות לסולם (Corrigall, & Trainor, 2014). התייחסות לגובה, לעוצמה ולמהירות כאל תכונות הקובעות את השתייכותם של קטעים ליצירה מסוימת (Gardner, 1973).
גיל 7	יכולת זיהוי ואיתור שינויים בגובה הצליל (Fancourt et al., 2013).
גיל 8	שימור תבניות והתייחסות ליותר מפרמטר אחד ביצירה (Zimmerman, 1984, 1986).
גיל 9	התייחסות ליותר מפרמטר אחד ביצירה והוספת דימויים חוץ-מוזיקליים (Gardner, 1973). זיכרון התבנית (המלודית או הריתמית), חיקוי והבנת מאפייניה (כגון: משקל וסולם), שימור התבנית בשמיעה הפנימית, יכולת העברתה לקטעי מוזיקה ויכולת חיזוי של דפוס מלודי או ריתמי (Gordon, 2007).
גיל 10	זיהוי משקלים שונים, קריאה, ביצוע וכתובת תבניות מקצב מורכבות (Derm et al., 2001).
גיל 11	התייחסות למרכיבים מוזיקליים, כגון, מלודיה והרמוניה (Zimmerman, 1984, 1986).

- גיל 11** התייחסות לתזמור, מקצב ומרקם כגורם משותף ליצירה מוזיקלית (Gardner, 1973).
הבנה של מורכבות מלודית, ריתמית והרמונית (Hargreaves, 1996).
יכולת ההבחנה בשינוי כיוון הצליל (עולה או יורד) (Fancourt et al., 2013).
רגישות מלודית והרמונית (Trainor & Corrigan, 2010).
- גיל 14** התייחסות לסגנון, לתקופה, למרכיבים מוזיקליים ויכולת לנתח את הקשר בין שני קטעים (Gardner, 1973).
- בגרות** עד לבגרות הצעירה (22-42) נמצאה עלייה ביכולת סנכרון הפעמה, ובבגרות מאוחרת נמצאה ירידה (51-79) (Thompson, White-Schwoch, Tierney, & Kraus, 2015).

**נספח 2: ממצאי ניתוחים א-פרמטריים של מדדי המחקר על פי קבוצות הגיל
בקרוב נבדקים עם מש"ה**

Mann-Whitney		מבוגרים ($n = 24$)		מתבגרים ($n = 25$)		שם המבחן
		ממוצע הדירוגים Mean Rank	חציון Median	ממוצע הדירוגים Mean Rank	חציון Median	
p	U					
אינטליגנציה קריסטלית						
.081	213.00	28.63	12.50	21.52	11.00	אוצר מילים (טווח 0-66)
.092	216.50	28.48	14.00	21.66	13.00	צד שווה (טווח 0-33)
אינטליגנציה פלואידית						
.502	266.50	24.21	21.50	25.76	19.00	סידור קוביות (טווח 0-68)
.703	281.00	26.40	11.00	23.66	12.00	רייבן (טווח 0-60)
זיכרון עבודה מילולי						
.036	198.50*	29.23	6.00	20.94	4.00	זכירת ספרות קדימה (טווח 0-16)
.992	299.50	25.02	2.00	24.98	2.00	זכירת ספרות לאחור (טווח 0-14)
זיכרון עבודה חזותי-מרחבי						
.895	293.50	24.73	4.00	25.26	4.00	מרחבית קדימה (טווח 0-16)
.968	298.00	25.08	6.50	24.92	6.00	מרחבית לאחור (טווח 0-16)
זיכרון אפיזודי מילולי						
.674	279.00	25.88	31.00	24.16	29.00	רמת למידה (סכום 5 ההעברות הראשונות)
.015	179.50*	19.98	1.00	29.82	2.00	אפקט השהייה (העברה 5 פחות 8)
.195	235.50	22.31	4.50	27.58	6.00	רמת היכר (העברה 9 פחות 8)
.260	244.00	22.67	2.00	27.24	3.00	זיהוי שגוי
כושר מוזיקלי						
.696	280.50	24.19	9.00	25.78	9.17	הישגים (מדד כללי – ממוצע 6 המבחנים)
.109	220.50	21.69	9.00	28.18	11.00	הישגים במבחן צליל (מתוך 15)
.603	274.50	23.94	8.00	26.02	9.00	הישגים במבחן מלודיה (מתוך 15)
.474	266.00	23.58	9.00	26.36	9.00	הישגים במבחן הרמוניה (מתוך 15)
.613	275.00	26.04	9.50	24.00	9.00	הישגים במבחן מקצב (מתוך 15)
1.00	300.00	25.00	9.00	25.00	9.00	הישגים במבחן מפעם (מתוך 15)
.619	275.50	26.02	9.00	24.02	9.00	הישגים במבחן משקל (מתוך 15)
.849	290.50	24.60	0.73	25.38	0.74	מדד d' (מדד כללי – ממוצע 6 המבחנים)
.098	217.50	21.56	0.97	28.30	1.75	מדד d' במבחן צליל (מתוך 15)
.429	260.50	23.35	0.13	26.58	0.50	מדד d' במבחן מלודיה (מתוך 15)
.426	261.00	26.63	0.39	23.44	0.00	מדד d' במבחן הרמוניה (מתוך 15)
.368	255.00	26.88	0.86	23.20	0.75	מדד d' במבחן מקצב (מתוך 15)
.711	281.50	24.23	0.89	25.74	0.89	מדד d' במבחן מפעם (מתוך 15)
.434	261.00	26.63	0.70	23.44	0.25	מדד d' במבחן משקל (מתוך 15)

* $p < .05$

**נספח 3: ממצאי ניתוחים א-פרמטריים של מדדי המחקר על פי קבוצות הגיל בקרב
נבדקים עם התפתחות תקינה**

Mann-Whitney		מבוגרים (n = 24)		מתבגרים (n = 24)		שם המבחן
		ממוצע הדירוגים Mean Rank	חציון Median	ממוצע הדירוגים Mean Rank	חציון Median	
p	U					
אינטליגנציה קריסטלית						
.116	212.00	27.67	51.50	21.33	48.50	אוצר מילים (טווח 0-66)
.112	211.50	27.69	27.00	21.31	25.00	צד שווה (טווח 0-33)
אינטליגנציה פלואידית						
.123	213.50	27.60	51.50	21.40	48.00	סידור קוביות (טווח 0-68)
.151	218.50	27.40	46.00	31.60	43.50	רייבן (טווח 0-60)
זיכרון עבודה מילולי						
.794	275.50	23.98	11.00	25.02	10.50	זכירת ספרות קדימה (טווח 0-16)
.003	144.50**	30.48	8.00	18.52	6.50	זכירת ספרות לאחור (טווח 0-14)
זיכרון עבודה חזותי-מרחבי						
.883	281.00	24.21	10.00	24.79	10.00	מרחבית קדימה (טווח 0-16)
.299	238.00	26.58	19.00	22.42	18.00	מרחבית לאחור (טווח 0-16)
זיכרון אפיזודי מילולי						
.451	251.50	26.02	58.50	22.98	53.00	רמת למידה (סכום 5 ההעברות הראשונות)
.433	250.50	22.94	1.50	26.06	2.00	אפקט השהייה (העברה 5 פחות 8)
.096	208.50	21.19	1.00	27.81	2.00	רמת היכר (העברה 9 פחות 8)
.077	223.00	21.79	0.00	27.21	0.00	זיהוי שגוי
כושר מוזיקלי						
.680	268.00	25.33	12.25	23.67	11.92	הישגים (מדד כללי – ממוצע 6 המבחנים)
.886	281.50	24.77	14.00	24.23	14.00	הישגים במבחן צליל (מתוך 15)
.826	277.50	24.94	12.00	24.06	12.00	הישגים במבחן מלודיה (מתוך 15)
.892	281.50	24.23	11.00	24.77	11.00	הישגים במבחן הרמוניה (מתוך 15)
.225	230.50	26.90	13.00	22.10	13.00	הישגים במבחן מקצב (מתוך 15)
.736	272.00	23.83	13.00	25.17	13.00	הישגים במבחן מפעם (מתוך 15)
.489	255.00	25.88	12.00	23.13	12.00	הישגים במבחן משקל (מתוך 15)
.726	271.00	25.21	2.30	23.79	2.25	מדד d' (מדד כללי – ממוצע 6 המבחנים)
.719	271.50	23.81	3.45	25.19	3.45	מדד d' במבחן צליל (מתוך 15)
.984	287.00	24.46	1.72	24.54	1.75	מדד d' במבחן מלודיה (מתוך 15)
.482	254.00	25.92	1.56	23.08	1.30	מדד d' במבחן הרמוניה (מתוך 15)
.555	259.50	25.69	2.69	23.31	2.76	מדד d' במבחן מקצב (מתוך 15)
.568	260.50	23.35	2.26	25.65	2.26	מדד d' במבחן מפעם (מתוך 15)
.828	277.50	24.94	2.01	24.06	2.26	מדד d' במבחן משקל (מתוך 15)

**p < .01

נספח 4: כלי מחקר

לבדיקת הכישורים הקוגניטיביים נעשה שימוש בשבעה כלים ולבדיקת הכושר המוזיקלי נעשה שימוש בששה מבחנים (שלושה מבחני כושר טונלי ושלושה מבחני כושר ריתמי). תחילה יוצגו הכלים לבדיקת הכישורים הקוגניטיביים, ולאחר מכן הכלים לבדיקת הכושר המוזיקלי:

כלים לבדיקת הכישורים הקוגניטיביים

אינטליגנציה קריסטלית

אינטליגנציה קריסטלית נבדקה באמצעות שני מבחנים מתוך מבחן וכסלר למבוגרים (WAIS-III^{HEB}; וכסלר, 2001): מבחן אוצר מילים (Vocabulary) ומבחן צד שווה (Similarities).

מבחן אוצר מילים (Vocabulary)

מטרה:	בדיקת ידע מילולי, הבנת משמעות המילים.
תיאור:	הנבדק נדרש להגדיר בעל פה 33 מילים המדורגות בסדר קושי עולה, אשר מוצגות בפניו ומוקראות לו. הבחינה אינה מוגבלת בזמן, אך מופסקת לאחר ששה כישלונות רצופים.
ציון:	תשובה מלאה מזכה בשתי נקודות ותשובה חלקית בנקודה אחת.
טווח הציונים:	0-66.
דוגמא:	"מיטה" (פריט ראשון ברשימה) ו"תוכחה" (פריט אחרון).

מבחן צד שווה (Similarities)

מטרה:	בדיקת יכולת המשגה מילולית והסקה מילולית מופשטת.
תיאור:	מציגים לנבדק בעל-פה שתי מילים המייצגות עצמים או מושגים יומיומיים והנבדק נדרש לציין קשר סמנטי ביניהן. במבחן 19 פריטים המדורגים בסדר קושי עולה. הבחינה אינה מוגבלת בזמן, אך מופסקת לאחר ארבעה כישלונות רצופים.
ציון:	בפריטים 1-5 תשובה נכונה מזכה בנקודה אחת, בפריטים 6-19 תשובה מלאה מזכה בשתי נקודות ותשובה חלקית בנקודה אחת.
טווח הציונים:	0-33.
דוגמא:	"מזלג - כף" (פריט ראשון ברשימה) ו"אויב - חבר" (פריט אחרון).

אינטליגנציה פלואידית

אינטליגנציה פלואידית נבדקה באמצעות מבחן סידור קוביות (Block Design) מתוך מבחן וכסלר למבוגרים (WAIS-III^{HEB}; וכסלר, 2001) ובאמצעות מבחן המטריצות הסטנדרטיות של רייבן (SPM - Raven, 1958).

מבחן סידור קוביות (Block Design)

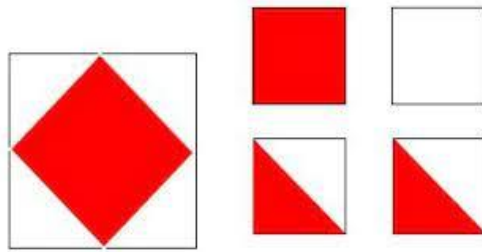
מטרה: בדיקת יכולת ארגון, המשגה וכושר מרחבי. על הנבדק לשחזר בזמן מוגבל ובאמצעות קוביות בצבעי אדום-לבן דגם אשר הופיע בתמונה.

תיאור: בפני הנבדק מוצגים 14 דגמים המדורגים בסדר קושי עולה: החל משתיים או ארבע קוביות ועד לדגם המורכב מתשע קוביות.

ציון: בפריטים 1-6 תשובה מלאה בזמן הקצוב מזכה בשתי נקודות, תשובה נכונה רק לאחר ניסיון נוסף מזכה בנקודה אחת. בפריטים 7-14 תשובה נכונה בזמן הקצוב מזכה בארבע נקודות, תשובה מהירה יותר מזכה ב-1-3 נקודות נוספות.

טווח הציונים: 0-68.

דוגמא:



מבחן המטריצות הסטנדרטיות של רייבן (SPM - Raven, 1958)

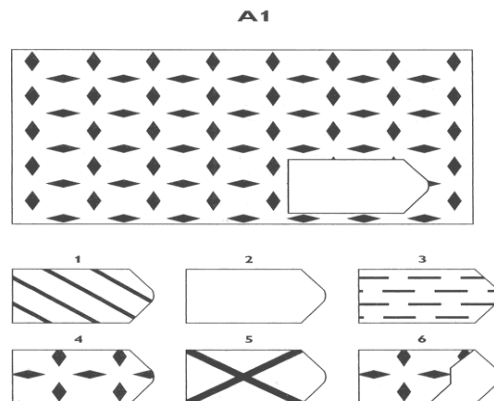
מטרה: הערכת יכולת הסקה אנלוגית תוך ביצוע השוואות, מציאת קשרים בין משתנים, סיבתיות, חשיבה לוגית ותפיסת גשטלט (Raven et al., 1986).

תיאור: על הנבדק להשלים חלק חסר במטריצה על-ידי בחירה באחת מבין שש או שמונה אפשרויות המוצגות לפניו. המבחן כולל 60 פריטים המחולקים לחמש סדרות (A, B, C, D, E). 12 הפריטים מופיעים בשחור-לבן וכוללים מרכיבים כהשלמת סדרה פשוטה (A1-A12) והסקה אנלוגית (B, C, D, E). הפריטים במבחן כולו מוצגים בסדר קושי עולה.

ציון: תשובה נכונה בכל פריט מזכה את הנבדק בנקודה, הציון הגולמי מורכב מסך מספר התשובות הנכונות.

טווח הציונים: בכל סדרה 0-12 ובמבחן כולו 0-60.

דוגמא:



זיכרון עבודה

זיכרון עבודה נבדק באמצעות שני מבחנים: מבחן זכירת ספרות (Digit span) (WAIS-III^{HEB}, וכסלר, 2001) ומבחן זכירה מרחבית (Spatial span) (WMS-III, Wechsler, 1997b).

מבחן זכירת ספרות (Digit span)

מטלת זכירת ספרות קדימה (Forward digit span)

- מטרה:** הערכת רכיב הלולאה הפונולוגית.
- תיאור:** על הנבדק לחזור על רצף מספרים כפי שהוקראו על ידי הבוחן, עם תום ההקראה. במטלה שמונה פריטים (שני ניסיונות לפריט) המדורגים בסדר קושי עולה (בין שתיים לתשע ספרות). הספרות מוקראות בקצב של ספרה אחת בכל שנייה; הבחינה אינה מוגבלת בזמן, אך מופסקת לאחר שני כישלונות רצופים בפריט אחד.
- ציון:** תשובה נכונה בכל ניסיון מזכה בנקודה אחת.
- טווח הציונים:** 16-0.
- דוגמא:** פריט ראשון: "7-1", פריט אחרון (ב'8): "7-1-3-9-4-2-5-6-8".

מטלת זכירת ספרות לאחור (Backward digit span)

- מטרה:** הערכת רכיב המעבד המרכזי.
- תיאור:** על הנבדק לחזור על סדרת המספרים הפוך מסדר ההקראה. במטלה שבעה פריטים (שני ניסיונות לפריט) המדורגים בסדר קושי עולה (בין 2-8 ספרות). הספרות מוקראות בקצב של ספרה אחת בכל שנייה; הבחינה אינה מוגבלת בזמן, אך מופסקת לאחר שני כישלונות רצופים בפריט אחד.
- ציון:** תשובה נכונה בכל ניסיון מזכה בנקודה אחת.
- טווח הציונים:** 14-0.
- דוגמא:** פריט ראשון: "4-2" ופריט אחרון (ב'8): "3-5-6-9-1-8-2-7".

מבחן זכירה מרחבית (Spatial span)

מטלת זכירה מרחבית קדימה (Forward spatial span)

- מטרה:** הערכת רכיב הלוח חזותי-מרחבי.
- תיאור:** לפני הנבדק מונח לוח שאליו מוצמדות 10 קוביות במערך מסוים. על הנבדק להקיש על קוביות באותו הרצף שהקיש בפניו הבוחן, בקצב של קובייה אחת בכל שנייה. בכל אחת מהמטלות שמונה פריטים בסדר קושי עולה. המבחן מופסק לאחר קבלת ציון 0 בשני הניסיונות לאותו פריט.
- ציון:** תשובה נכונה בכל ניסיון מזכה בנקודה אחת.
- טווח הציונים:** 16-0.
- דוגמא:** פריט ראשון הנו: "10-3" ופריט אחרון (ב'8): "9-4-7-3-10-1-6-2-8".

מטלת זכירה מרחבית לאחור (Backward spatial span)

- מטרה:** הערכת רכיב המעבד המרכזי.

תיאור: לפני הנבדק מונח לוח שאליו מוצמדות 10 קוביות במערך מסוים. על הנבדק להקיש ברצף הפוך מזה שהקיש בפניו הבוחן, בקצב של קובייה אחת בכל שנייה. בכל אחת מהמטלות שמונה פריטים בסדר קושי עולה. המבחן מופסק לאחר קבלת ציון 0 בשני הניסיונות לאותו פריט.

ציון: תשובה נכונה בכל ניסיון מזכה בנקודה אחת.

טווח הציונים: 16-0.

דוגמא: פריט ראשון הנו: "7-4" ופריט אחרון (ב'): "5-8-4-10-7-3-1-9-6".

זיכרון אפיזודי

לבדיקת הזיכרון האפיזודי נעשה שימוש במבחן ה-Rey **ללמידה מילולית** (Rey AVLT- Rey Auditory Verbal Learning Test; Rey, 1958, 1964) במהדורה עברית (Vakil et al., 1998).

מטרה: בדיקת יכולת זכירה מידית, דחוייה, היכר, שיעור למידה ועקומת למידה (Lezak, 2004).

תיאור: במבחן שתי רשימות מילים, בכל אחת 15 מילים חסרות הקשר ביניהן. העברה 1-5: לנבדק מוקראת רשימה של 15 שמות עצם שכיחים (רשימה 1). הרשימה מוקראת חמש פעמים ולאחר כל הקראה על הנבדק לשחזר מילים מן הרשימה. העברה 6: לנבדק מוקראת רשימת 15 פריטים חדשים (רשימה 2) ועליו לשחזר את המילים מרשימה זו. רשימה זו מוקראת פעם אחת בלבד ומהווה רשימת הסחה. העברה 7: על הנבדק לשחזר את המילים מן הרשימה הראשונה ללא הקראה נוספת. העברה 8: לאחר שהייתה של 20 דקות הנבדק מתבקש לשחזר את המילים שהוא זוכר מן הרשימה הראשונה ללא הקראה נוספת. העברה 9: לנבדק מוקראת רשימה של 50 מילים הכוללת 15 מילים מן הרשימה הראשונה, 15 מילים מן הרשימה השנייה ו-20 מילים דומות למילים משתי הרשימות מבחינה סמנטית או פונטית. על הנבדק לזהות את המילים מהרשימה הראשונה בלבד. במבחן זה הופקו המדדים הבאים:

- רמת הלמידה (Total Learning): סכום חמש ההעברות הראשונות.
- אפקט השהייה (Delayed recall): העברה שמינית בהשוואה להעברה חמישית, כלומר: ההפרש בין הזכירה הטובה ביותר בשלב הלמידה, לבין ההיזכרות החופשית של הרשימה הראשונה לאחר 20 דקות.
- רמת היכר (Retrieval Efficiency): ההעברה התשיעית בהשוואה להעברה השמינית, כלומר: הפרש בין מספר התשובות הנכונות במבחן ההיכר לבין ההיזכרות החופשית של רשימת המילים הראשונה לאחר 20 דקות.

ציון: תשובה נכונה בכל העברה, מזכה את הנבדק ב-1 נקודה. סך-הכול 15 נקודות לכל העברה.

טווח הציונים: 15-0.

דוגמא: רשימה 1: מילה ראשונה: "תוף", מילה אחרונה, (מספר 15) "נהר".

רשימה 2: מילה ראשונה: "שולחן" ומילה אחרונה מס' 15: "דג".

כלים לבדיקת הכושר המוזיקלי

הכושר המוזיקלי (הטונלי והריתמי) נבדק באמצעות ששה מבחנים מתוך שתי סוללות מבחני (IMMA Gordon) - Intermediate Measures of Music Audiation; Gordon, 1986a, 1986b; MAP - Musical Aptitude Profile; Gordon, 1995a, 1995b). מתוך סוללת IMMA (Gordon, 1986a) נעשה שימוש בשני מבחנים: **מבחן צליל** (Tonal Test) ו**מבחן מקצב** (Rhythm Test). המבחן כולו מיועד לגילאי 6-11, מהימנותו הכוללת: $r = .81$. מתוך סוללת MAP (Gordon, 1995a) נעשה שימוש בארבעה מבחנים מתוך שתי חטיבות. מתוך חטיבת דימוי טונלי (Tonal Imagery) נעשה שימוש במבחן **דימוי מלודיה** (Melody Imagery) ובמבחן **דימוי הרמוניה** (Harmony Imagery); ומתוך חטיבת דימוי ריתמי (Rhythm Imagery) נעשה שימוש במבחן **דימוי מפרע** (Tempo Imagery) ובמבחן **דימוי משקל** (Meter Imagery). המבחן מיועד לבני תשע ומעלה, זהה לכל הגילאים ולא נדרשת השכלה מוזיקלית לשם ביצועו. גרסת 1995 זהה לזו של 1965 למעט השימוש ב-CD. מהימנותו הכוללת: $r = .83-.92$. המבחנים הועברו בהתאם להוראות (Gordon, 1986b, 1995b).

מבחני הכושר הטונלי

מבחן צליל (Tonal Test)

- מטרה:** בדיקת יכולת הבחנה (שווה/שונה) בין שתי תבניות צלילים.
- תיאור:** הנבדק מאזין לשתי תבניות צלילים עוקבות. בכל תבנית שלושה צלילים המנוגנים במקצב קבוע, על-ידי כלי אלקטרוני. בין כל זוג תבניות יש חמש שניות הפסקה, בזמן זה על הנבדק לקבוע אם התבניות שוות (Same) או שונות (Different) (30 תבניות, 15 זוגות).
- ציון:** תשובה נכונה מזכה בנקודה.
- טווח:** 0-15.
- הציונים:**
- מהימנות:** במבחן **מבחן חצוי** (*split half*) המקורי (Gordon, 1986b) נמצאה מהימנות $r = .72$, ואילו במדגם הנוכחי נמצאה מהימנות **מבחן חצוי** גבוהה ביחס ל-15 הזוגות אשר נערך בהם שימוש במחקר $r = .82$.

דוגמא:



מבחן דימוי מלודיה (Melody Imagery)

- מטרה:** בדיקת יכולת הבחנה (דומה/שונה) בין שתי מלודיות.
- תיאור:** הנבדק מאזין לשתי מלודיות עוקבות המנוגנות בכינור. במלודיה השנייה ישנם תמיד יותר צלילים מאשר במלודיה הראשונה, אולם הנבדק מתבקש לדמיין שהצלילים הנוספים לא באמת הושמעו. בין כל זוג מלודיות יש חמש שניות הפסקה, בזמן זה על הנבדק לקבוע אם

לאחר הורדת הצלילים הנוספים בדמיון המלודיות דומות (Like) או שונות (Different) (30 תבניות, 15 זוגות)

ציינו: תשובה נכונה מזכה בנקודה.

טווח הציונים: 15-0.

מהימנות: במבחן מבחן חצוי (*split half*) המקורי (Gordon, 1995b) נמצאה מהימנות של $r = .83$, ואילו במדגם הנוכחי נמצאה מהימנות מבחן חצוי גבוהה ביחס ל-15 הזוגות אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי $r = .70$.

דוגמא:



מבחן דימוי הרמוניה (Harmony Imagery)

מטרה: בדיקת יכולת הבחנה (דומה/שונה) בין שתי תבניות דו-קוליות.

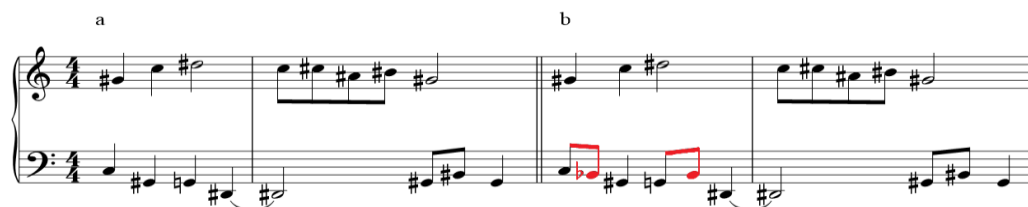
תיאור: הנבדק מאזין לשתי תבניות דו-קוליות עוקבות. הקו המלודי מנוגן בכינור וקו הבאס מנוגן בצ'לו. בקו המלודי שתי המנגינות תמיד שוות. הנבדק מתבקש להתמקד בקו הבס; בתבנית השנייה ישנם תמיד יותר צלילים מאשר בתבנית הראשונה, אולם על הנבדק לדמיון שהצלילים הנוספים לא באמת הושמעו. בין כל זוג תבניות יש חמש שניות הפסקה, בזמן זה על הנבדק לקבוע אם התבניות דומות (Like) או שונות (Different) (30 תבניות, 15 זוגות).

ציינו: תשובה נכונה מזכה בנקודה.

טווח הציונים: 15-0.

מהימנות: במבחן מבחן חצוי (*split half*) המקורי (Gordon, 1995b) נמצאה מהימנות של $r = .84$, ואילו במדגם הנוכחי נמצאה מהימנות מבחן חצוי גבוהה ביחס ל-15 הזוגות אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי $r = .72$.

דוגמא:



מבחני הכושר הריתמי

מבחן מקצב (Rhythm Test)

מטרה: בדיקת יכולת הבחנה (שווה/שונה) בין שתי תבניות ריתמיות.

תיאור:

צייון:

טווח הציונים:

מהימנות:

מבחן דימוי מפעם (Tempo Imagery)

מטרה:

תיאור:

ציינו:

טווח הציונים:

מהימנות:

מבחן דימוי משקל (Meter Imagery)

מטרה:

תיאור:

ציינון:

טווח הציונים:

במבחן מבחן חצוי (*split half*) המקורי (Gordon, 1995b) נמצאה מהימנות $r = .80$, ואילו במדגם הנוכחי נמצאה מהימנות מבחן חצוי גבוהה ביחס ל-15 הזוגות אשר נערך בהם שימוש במחקר הנוכחי $r = .71$.

מהימנות:

דוגמא:



Abstract

The main goal of the current study was to examine the developmental trajectories of musical aptitude among individuals with non-specific intellectual disability (ID), compared to individuals with typical development (TD) in two age cohorts: older adolescence (17-21) and young adulthood (25-40). Musical aptitude (tonal and rhythmic) was examined in light of a theoretical model of three possible developmental trajectories of intelligence and cognitive ability in the population with ID compared to the population with TD (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020): Impaired, Stable or Continuous (Compensatory) Trajectory (see below). Another goal was to examine the association between crystallized and fluid intelligence, phonologic and visual-spatial working memory, episodic memory and musical aptitude in individuals aged 17-40 from these two populations, who had no musical training.

Associations between musical aptitude and learning, intelligence and cognitive skills in the population with TD is at the center of musical research (Sala & Gobet, 2017). Fluid intelligence is an innate ability, that includes understanding abstract relationships, spatial perception (McGrew, 2009) and processes that are manifested in short and long-term memory (Cattell, 1987; Horn, 1988). Musical aptitude is an innate ability (Talamini et al., 2018) that includes discrimination between frequencies which are organized in virtual space (in terms of pitch) (Levitin, 2012), synchronization between the motor pattern and the beat extracted from the audio patterns (in terms of rhythm) (Kotz et al., 2018) and based on short and long-term musical memory (Talamini et al., 2017). Pitch representations are mainly associated with the frontal-temporal *lobe* (Peretz et al., 2009), whereas rhythm representations are associated with subcortical systems (Chen et al., 2006). A larger bilateral volume of the hippocampus, that is responsible for learning and memory, was found among musicians compared to non-musicians (Oechslin et al., 2013). Associations between phonologic-linguistic (Sallat & Jentschke, 2015), spatial (Swaminathan et al., 2017), phonologic and visual-spatial working-memory and long-term memory tasks (Talamini et al., 2017), and musical aptitude and learning, has been found. According to researchers (Besson et al., 2012), one of the explanations for these associations is the "transfer" effect (Thorndike & Woodworth, 1901), according to which different skills have common information processing processes. One of the goals of the present study was to examine whether, and to what extent, the patterns of relations

between different measures of intelligence (crystallized and fluid) and memory (working memory and episodic memory) and musical aptitude found in the population with TD, also exist in the population with ID.

One of the questions that occupies researchers (Fisher & Zeaman, 1970; Lifshitz, 2020), is how intelligence and cognitive skills develop over the life cycle, in the population with ID compared to the population with TD. In the population with TD, there is a model according to which intelligence develops linearly until the age of 20, followed by a plateau, where decline begins between the ages of 50-60 (Kaufman, 2001). Fisher and Zeaman (1970) thus proposed a theoretical model of three possible trajectories for the development of intelligence in the population with ID compared to the population with TD: Impaired Trajectory - according to which intelligence reaches its peak at the age of 10-20, followed by stability, and decline begins at the age of 20-30; Stable Trajectory - according to which intelligence reaches a peak around the age of 20, followed by stability, and decline begins at the age of 50-60; Continuous [Compensatory] Trajectory - according to which intelligence may develop until the late 40s, with stability between the ages of 50-60, and decline begins at the age of 60 and above. In a series of studies conducted by Lifshitz et al. (Lifshitz et al., 2020; Chen et al., 2017), an increase in intelligence and memory was found among a population with ID at least up to the age of 40 and older. According to the “Compensation Age Theory” (Lifshitz, 2020), maturity and life experience contribute to cognitive development in old age. In light of this, another goal of the present study was to examine the developmental trajectories of musical aptitude in a population with ID compared to a population with TD. To the best of our knowledge, this is the first study to examine the developmental trajectories of musical aptitude from adolescence (17-21) to adulthood (25-40) among participants with TD as well as among participants with ID (where both groups had no musical training).

The participants included individuals with mild ID (N = 49, mean IQ = 62.31) and with TD (N = 48, mean IQ = 104.12) in two age groups (17-21, 25-40).

Tools: Crystallized intelligence refers to knowledge, understanding, conceptualization and verbal inference (McGrew, 2009). It was tested using the *Vocabulary* and *Similarities* tests (Wechsler, 2001). Fluid intelligence (see above) was tested using the *Block Design* test (Wechsler, 2001) and the *Raven Matrices* (1958). Working memory refers to short-term information storage

and manipulation of information (Baddeley et al., 2011). It was tested using the *Forward Backward Digit Span* test (Wechsler, 2001) for phonologic working memory and by the *Forward Backward Spatial Span* test (Wechsler, 1997b) for visual-spatial working memory. Episodic memory refers to personal experiences according to the context and order in which they occurred (Tulving, 2002). It was tested using *Rey's Verbal Learning Test* (Rey AVLT; Vakil & Blachstein, 1993, 1997). The measures produced from the test were: *Total Learning*, *Delayed Recall* and *Retrieval Efficiency*.

Musical Tests: Due to the unique character of our study population and existing musical tests, musical aptitude, which includes discrimination between tonal and rhythms patterns, was tested using Gordon's tests (IMMA - 1986a, 1986b; MAP - 1995a, 1995b). Tonal aptitude was tested by the *Tonal Test*, *Melody Imagery* and *Harmony Imagery*. Rhythmic aptitude was tested by the *Rhythm Test*, *Tempo Imagery* and *Meter Imagery*. Each test included 15 items (out of 40 in the full version). A reliability *split half* test was therefore performed. The dependent variables were: (1) The achievement measure (between 0-15 points); (2) d' - (d prime) - the proportion of correct (Hit) versus false answers (FA - False Alarm). The Hit measure is the number of items in which the participant answered correctly and said "same / similar" when the correct answer was "same / similar"; And the FA measure is the number of items in which the participant answered an error and said "same / similar" when the correct answer was "different". Of the two variables, the d prime is the most "sophisticated" because it includes the proportion of correct versus false answers and thus prevents bias in scores following guesswork.

Results: The study results are presented below, with reference to the study's operative goals, hypotheses and questions:

Goal A: To examine the developmental trajectories of crystallized and fluid intelligence, phonologic and visual-spatial working memory and episodic memory, in a population with TD compared to a population with ID, in two age groups: older adolescence (17-21) and young adulthood (25-40).

For crystallized intelligence, we hypothesized that scores in the population with TD will be higher in adulthood (25-40) compared to adolescence (17-21), and in light of the "Compensation Age Theory" (Lifshitz, 2020), this will also be found in the population with ID. Regarding fluid intelligence, phonologic and visual-spatial working memory and episodic memory, stability was

found in the population with TD in some of the studies (Cansino et al., 2013), while others found a decline (Hester et al., 2004) or an increase (Lezak et al., 2004). We therefore formulated research questions: What will be the scores tendencies in fluid intelligence, in phonologic and visual-spatial working memory and in episodic memory in the two study populations? Will the developmental trajectories be impaired, stable or continuous between adolescence (17-21) and adulthood (25-40)? Analyses of variance yielded parallel and differential lines between the two study groups and age:

Parallel lines: (1) Crystallized intelligence: The hypothesis was confirmed, and the findings indicate a continuous (compensatory) trajectory in both populations. Similarly to our study, an increase in scores from adolescence to adulthood was found in a population with TD (Chen et al., 2017). There was an increase also in the population with ID, which can be explained by the “Compensation Age Theory” (Lifshitz, 2020). **(2) Fluid intelligence:** Our findings indicate a stable trajectory from adolescence to adulthood in the population with TD, similarly to Schaie's (2013) findings, as well as a parallel stable trajectory in the population with ID. This finding is unique to our study. **(3) Visual-spatial working memory:** Our findings indicate a stable trajectory from adolescence to adulthood in the population with TD, similarly to Cansino et al. (2013), as well as among the population with ID, and are compatible with the findings of Lifshitz et al. (2020).

Differential lines: (1) Phonologic working memory: Regarding the population with TD, our findings indicate a stable trajectory in *Forward Digit Span*, similarly to Wisdom et al. (2012), and a continuous trajectory in *Backward Digit Span*, similarly to Lazek et al. (2004). Regarding the population with ID, our findings indicate a continuous (compensatory) trajectory in *Forward Digit Span*, similarly to Kilberg (2019 [Hebrew]). It should be noted that phonologic working memory represents crystallized intelligence (Brickman & Stern, 2009), and an increase in this domain was found, accordingly, in our study, which can be explained by the “Compensation Age Theory” (Lifshitz, 2020). In *Backward Digit Span*, a stable trajectory was found, similarly to Lifshitz et al. (2020). **(2) Episodic memory:** Regarding the population with TD, our findings indicate a stable trajectory, similarly to Vakil et al. (2010). Regarding the population with ID, our findings indicate a stable trajectory for *Total Learning* and *Delayed Recall* and a continuous (compensatory) trajectory for *Retrieval Efficiency*, similarly to Bustan (2018 [Hebrew]).

Goal B: To examine the developmental trajectories of musical aptitude (total, tonal aptitude

and rhythmic aptitude) in a population with TD compared to a population with ID, in two age groups: older adolescence (17-21) and young adulthood (25-40).

Differential lines in scores in musical aptitude, regarding study groups: We hypothesized that scores in musical aptitude (total) will be higher in the population with TD compared to the population with ID. Accordingly, we hypothesized that achievements and d' in tonal (*Tonal Test*, *Melody Imagery* and *Harmony Imagery*) and rhythmic (*Rhythm Test*, *Tempo Imagery* and *Meter Imagery*) tests will be higher in the population with TD. The hypothesis was confirmed, and musical aptitude (total, tonal and rhythmic tests) in the population with TD was found to be higher compared to the population with ID, similarly to Hooper et al. (2008b).

Parallel lines in the developmental trajectories of musical aptitude, regarding study groups and age groups: In the population with TD, musical aptitude (Trainor & Corrigan, 2010), visual-spatial working memory (Conklin et al., 2007) and episodic memory (Clark et al., 2006), stabilize in parallel, during middle adolescence, and at the latest at the age of 16. As mentioned, associations between musical aptitude, intelligence and memory (Talamini et al., 2017) were found, as were contradictions regarding the developmental trajectories from adolescence (16+) to adulthood. Due to the absence of theoretical information on the developmental trajectories of musical aptitude from adolescence (17-21) to adulthood (25-40) in the two populations (with TD and with ID) that had no musical training, we asked a research question: What will be the score tendency in achievements and d' measures in the musical aptitude (total, tonal and rhythmic tests) from adolescence (17-21) to adulthood (25-40) in the two populations? Will the developmental trajectory be impaired, stable or continuous? Our findings indicate a stable trajectory from adolescence to adulthood in both study groups, i.e., musical aptitude development represents the stable and parallel trajectory of fluid intelligence in the population with TD as well as in the population with ID, and musical aptitude is fluid in nature in both populations.

Pattern of answers in musical aptitude tests (tonal and rhythmic), regarding study groups and age groups: We asked whether a difference would be found (according to achievements measure) between study and age groups with reference to the musical aptitude tests. **Parallel lines:** In both study groups, the scores in the *Tonal Test* were significantly higher compared to the scores in the *Melody Imagery* and *Harmony Imagery* tests ($p = .000$). No

differences were found in scores on rhythmic aptitude tests with reference to the type of test. No differences were found in the scores with reference to age groups. The answers pattern suggests similar musical thinking in both populations and is consistent with the developmental approach (Hodapp & Zigler, 1997; Zigler, 1969; Zigler & Balla, 1982). **Differential lines:** The scores in *Melody Imagery* among the population with TD were higher than their scores in *Harmony Imagery* ($p = .001$). In contradistinction, no differences in scores were found between these two tests among the population with ID ($p = .248$).

Goal C: To examine the correlations between crystallized and fluid intelligence, memory (working memory and episodic memory) and musical aptitude, and to examine the contribution of background variables (age and gender), intelligence and memory to the explanation of the variance in musical aptitude in the two study groups. In this part, the analyses in the musical tests were conducted on the d' . Differential and parallel lines emerged between the study groups in the Pearson correlations and regression analyses:

Differential lines: (1) Background variable: In the population with TD, gender contributed to the explanation of the variance in musical aptitude (7.7%), in *Melody Imagery* (14.7%) and in *Harmony Imagery* (11%). The negative β coefficient indicated better musical aptitude among men compared to women. **(2) Correlations:** The size of the correlations ($r = .28 - .44$) in the memory tests (phonologic working memory, visual-spatial working memory and episodic memory) is similar in both populations. However, in the population with TD, few correlations were found between the memory and the tonal aptitude; Whereas in the population with ID many correlations were found between the memory and the musical-rhythmic aptitude. That is, the population with ID relies on memory more than the population with TD in order to perform musical-rhythmic tasks. Memory tests may have a mild to moderate cognitive load level (Kilberg, 2019 [Hebrew]; Lifshitz et al., 2016) relative to the population with TD, and therefore it relies less on memory. Hence, when examining correlations between cognitive and musical abilities, both the type of task (i.e., verbal or spatial memory) and the level of cognitive load should be considered. **(3) Regression analyses:** In the population with ID, *Backward Spatial Span* contributed (between 17-18%) to the explanation of variance in rhythmic aptitude and *Rhythm Test*, that is, the better the ability to change the movement, the better the ability to synchronize between motor pattern and beat (Kotz et al., 2018). *Total Learning* contributed (between 6.8-20.6%) to the

explanation of variance in musical aptitude, *Harmony Imagery* and *Tempo Imagery*, that is, the better the ability of verbal-serial learning, so is the perception of harmony and the perception of time. Thus, the ability to change movement and verbal-serial learning are the basis of musical aptitude.

Parallel lines: A moderate correlation ($r = .29 - .42$) was found between fluid (but not crystallized) intelligence and musical aptitude in both populations, and fluid intelligence was found to contribute to the explanation of variance in musical aptitude. *Raven's Matrices* contributed (between 11.7-17%) to musical (total) and tonal aptitude and *Block design* contributed (between 7.1-14.2%) to rhythmic aptitude. It is possible that the *Raven* test is more related to tonal aptitude because it contains mainly spatial thinking while *Block design* test is more related to rhythmic aptitude because it also contains temporal-motor performance.

In conclusion, musical aptitude is similar in nature in the population with TD and in the population with ID, and musical aptitude in both populations behaves similarly to fluid intelligence with reference to developmental trajectories, correlations and regressions. The contribution of fluid intelligence and memory to the explanation of variance in musical aptitude indicates the importance of using the musical channel as a basis for the development of visual-spatial, motor, temporal and verbal skills. It is therefore recommended to adopt methods in musical education that combine movement and music, and to develop programs in which music serves as a means of improving the cognitive abilities of the population with ID.

Essence

The main goal of the current study was to examine the developmental trajectories of musical aptitude (tonal and rhythmic) among individuals with non-specific intellectual disability (ID), compared to individuals with typical development (TD) in two age cohorts: older adolescence (17-21) and young adulthood (25-40). Musical aptitude was examined in light of three possible developmental trajectories of intelligence and cognitive ability in the population with ID: Impaired, Stable or Continuous (Compensatory) Trajectory. Another goal was to examine the association between crystallized and fluid intelligence, phonologic and visual-spatial working memory, episodic memory and musical aptitude.

In both study groups a stable trajectory was maintained from adolescence to adulthood in fluid intelligence and musical aptitude; In both, fluid intelligence was found to contribute to the explanation of variance in musical aptitude. In the population with ID, *Backward Spatial Span* and *Total Learning* (episodic memory) contributed to the explanation of variance; In the population with TD, the gender (background variable) contributed to the explanation of the variance. The contribution of fluid intelligence and memory to the explanation of variance in musical aptitude, indicates the importance of using the musical channel as a basis for the development of visual-spatial, motor, temporal and verbal skills in the population with ID.

Keywords: musical aptitude, crystallized intelligence, fluid intelligence, working memory, episodic memory, intellectual disability, typical development, developmental trajectories.



מאפשרת • מחברת • אחרת

איכות חיים לאדם עם מוגבלות
שכלית התפתחותית ברשויות המקומיות



Music Aptitude, Intelligence and Memory among Individuals with Intellectual Disability Compared to Individuals with Typical Development: Associations and Developmental Trajectories (Impaired, Parallel or Continuous Trajectory)

Yifat Poria

Supervised By: Prof. Batyah Hefziba Lifshitz and Dr. Rivka Elkoshi

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