

פריגבי - סוללה לאבחון זיכרון עבודה פונולוגי

אביה גביעון^{1,2} ונעמה פרידמן¹

¹אוניברסיטת תל אביב, ²מרכז רפואי רעות, תל אביב

במחקר זה נציג את בטריית פריגבי שנבנתה לאבחון זיכרון עבודה פונולוגי בעברית. הבטריה בנויה מעשרה מבדקי זיכרון – 5 מבדקי היזכרות (recall) ו-5 מבדקי זיהוי (recognition). המבדקים כוללים מבדקי זכירת מילים הרגישים לאפיונים השונים של הלולאה הפונולוגית המאפשרים לבחון, בצד קיבולת זכירה, גם האם מתקיימים האפקטים המאפיינים לולאה פונולוגית תקינה – אפקט אורך מילה, ואפקט דומות פונולוגיות, והאם קיימים אפקטים המעידים על הסתמכות על סמנטיקה בזכירה – אפקט לקסיקאליות ואפקט שיבוץ במשפט. לשם בניית נורמות לבטריה, נבדקו 214 נבדקים נורמלים בגילאי 20-77, ללא הפרעות נוירולוגיות או פסיכיאטריות, אשר שולטים היטב בשפה העברית. לאור המדווח בספרות לגבי הירידה עם הגיל בטווחי זכירה פונולוגיים נבדקו בכל מבדק לפחות 10 נבדקים בכל עשור, סה"כ 60 נבדקים מינימום לכל מבדק זכירה, ובוצעו השוואות בין קבוצות הגיל השונות. המאמר מציג את המבדקים והנורמות. בנוסף נדון גם במאפיינים של הלולאה הפונולוגית ובמעורבותה בתהליכי עיבוד שפה.

זיכרון העבודה נחשב לרכיב חשוב שתפקידו להחזיק מידע לזמן קצוב (אקוסטי-מילולי, ויזואלי-מרחבי) ובו-בזמן לעבד את המידע ולבצע באמצעותו מניפולציות שונות. תת מערכותיו הם מערכת לאחסון ועיבוד של מידע ויזואלי-מרחבי (visuo-spatial sketchpad) והלולאה הפונולוגית אשר אמונה על החזקת חומר אקוסטי מילולי (Baddeley & Hitch, 1974). רכיבים נוספים הקיימים במערכת זו הינם מערכת בקרה מרכזית, ה-central executive, אשר מתפקדה להקצות ולווסת משאבי קשב לרכיבים השונים, ורכיב שהתווסף כמה שנים מאוחר יותר, הבאפר האפיזודי (Baddeley, 2000, 2003), אשר מייחסים לו יכולת אחסון זמנית מולטי מודאלית עם קיבולת מוגבלת, רכיב אשר מסוגל לעשות אינטגרציה של מידע ממקורות שונים (דבר שעשוי להסביר למשל קיבוץ הגירוי ליחידות מקובצות בעלי משמעות - Chunks) (ראו בנושא Chunks את Miller, 1956).

הרכיב שבו עוסק מאמר זה, ושאותו בוחנת בטריית המבדקים הוא הלולאה הפונולוגית, הבנויה משני חלקים: מאגר לאחסון מידע פונולוגי, המסוגל לשמר את המידע לזמן קצוב של שניות ספורות בלבד, ורכיב שתפקידו לשנן מידע זה ובכך למנוע את דעיכתו (להלן: הלולאה). ההנחה היא שהשינון מבוצע באופן פנימי, לא קולי (סאב-ווקאלי) ומערב את המערכות הקשורות עם תכנון הדיבור. ללולאה זו יש תפקיד נוסף. מתפקדה להמיר גירויים ויזואליים-אורתוגרפים (כגון מילים כתובות) למידע פונמי על מנת שגם גירויים אלו יוכלו להיות מאוחסנים במאגר. Baddeley ועמיתיו הניחו שמודל זה יכול להסביר תופעות שונות הנצפות הן בקרב נורמלים והן מדיסוציאציות המתקיימות כתוצאה מנזקים מוחיים. לטענתם מודל זה יכול להסביר פגיעות סלקטיביות לטווח קצר ללא קשיים בזיכרון ארוך טווח אך גם ללא קשיים קוגניטיביים אחרים בולטים, דוגמת החולים עליהם דיווחו (Shallice & Vallar (1990) ו-Vallar & Baddeley (1984), אשר להם לפי המודל המוצע נזק סלקטיבי במאגר הפונולוגי.

מאפייניה של הלולאה הפונולוגית

אחת הדרכים להבין (ולהוכיח) את דרכי פעולתה של הלולאה הפונולוגית היא באמצעות אפקטים שונים התלויים בסוג הגירוי הנזכר, אופנותו, וכן מניפולציות שונות שמופעלות על הנבדק עצמו. אפקטים אלו משמשים גם כאפקטים המבדילים בין מערכת תקינה לבין מערכת לקויה.

אפקט הדומות הפונולוגית (*phonological similarity effect*), אפקט המיוחס למאגר עצמו ובעיקר לסוג הקידוד בו, לפיו קשה יותר לזכור מילים דומות פונולוגית (ספּל, סגּל, סגּר, ספּר, סלּק, סדּר) ביחס למילים שונות פונולוגית (בלון, צמד, שומר, נעים), דבר שיתבטא בטווחי זכירה מצומצמים יותר לרשימות מילים דומות ביחס למילים שונות פונולוגית.

אפקט אורך המילה (*word length effect*), אפקט המיוחס ללולאה לפיו טווחי הזכירה למילים שמשך הגייתן ארוך (מגדרינה, אופניים, מעטפה, לימונדה), מצומצם יותר ביחס למילים קצרות (שיר, יום, קח, בול). אפקט זה מוסבר בכך שהלולאה מספיקה לשנן את מה שניתן לשנן בשתי שניות, ולכן ככל שנדרש זמן רב יותר להגות את המילים, חלק מהמילים לא יספיקו להשתנן, ולכן חלק מעקבות הזיכרון עלול לדעוך. אפקט זה מוכיח את תפקידן של המערכות המוטוריות בשינון גם אם השינון אינו מוחצן, ואולם יש בנוגע לאפקט זה מחלוקות האם אכן מבטא רק את תפקוד השינון או שמא משקף גם משהו אחר (ראו Baddeley, 2003).

אפקט ארטיקולציה מדכאת הינו הוכחה נוספת לחשיבות השינון הסאב-ווקלי. אפקט זה הינו מאוד דרמטי בכך שכאשר הזוכר מדבר, יש ירידה דרמטית בטווח הזכירה שלו וגם ביטול אפקט אורך המילה. באפקט זה הנבדק נדרש "להעסיק" את אברי ההגיה באמצעות הפקה חוזרת ונשנית של הגאים (למשל לה לה לה) ובכך נמנע השינון, וכן יש פגיעה ביכולת לאחסן במאגר מידע המוצג באופן ויזואלי בשל אי היכולת להמירו לקוד פונולוגי. ארטיקולציה מדכאת תשפיע גם על הקטנת אפקט הדומות הפונולוגית לגירויים ויזואלים-אורתוגרפים אך לא על הגירויים המוצגים אודיטורית (הנכנסים ישירות למאגר).

אפקט הדיבור הלא קשוב (*unattended speech effect*) הינו אפקט נוסף של המאגר המדגים את סוג הקידוד הפונולוגי שבו, ואת הכניסה הישירה של גירוי אודיטורי שפתי פונולוגי למאגר, גם אם המאזין לא הפנה קשב לגירוי זה. נמצא שכאשר הזוכר שומע במקביל למטלת זכירה צלילי דיבור ברקע, ללא תלות במוכרות עם השפה (שפה מוכרת, זרה/מילות תפל), קיימת ירידה בטווחי הזכירה בהשוואה למצב שקט, ומצבי רעש לא מילולי. אפקט זה מדגים את העובדה שהמאגר מקודד מידע פונולוגי (שאינו לקסיאלי בהכרח) ולא רעש שאינו מילולי (Baddeley, 1997).

הלולאה הפונולוגית ומודלים פונקציונאלים לתהליך ולעיבוד שפה

מודל הלולאה הפונולוגית מבחין כאמור בין שתי ישויות פסיכולוגיות נפרדות, המאגר ורכיב השינון, ההבחנה ביניהם נתמכת מממצאי הדמיה מוחית (Awh, Smith, & Jonides, 1995; Smith & Jonides, 1999; Vallar, 2006; Wright & Shisler, 2005; Bartha & Benke, 2003;). וממקרים נוירופסיכולוגיים (Shallice & Vallar, 1990; Vallar, 2006; Vallar, Di Betta, & Silveri, 1997). הממצאים מראים שהמאגר הפונולוגי מיוצג באזור supra marginal gyrus השמאלי (בחלק התחתון של האונה

הפריאטלית משמאל) בעוד שהאזורים הפְּהָה מוטורים ואזורים המזוהים עם אזור ברוקה (אזורי ברודמן 44 ו-6) קשורים בשינון. חולים קונדוקטיבים לרוב מאופיינים כבעלי ליקוי במאגר (Bartha & Benke, 1997), ואילו ליקוי בשינון מזוהה לרוב עם אפזיה מסוג ברוקה (Vallar, 2006; Vallar et al., 2003; Shallice, Rumiaty, & Zadini, 2000; Shallice & Vallar, 1990; Vallar, 2006; Vallar et al., 1997). ואולם המיקום הפונקציונאלי של הרכיבים הללו ביחס למודלים של תהלוך ועיבוד שפה פחות ברור. אם נתמקד ברכיב של הלולאה הפונולוגית האחראי על שינון, נראה שלמרות המחקרים הלא מעטים שבוצעו עדיין אנחנו נותרים ללא מסקנה חד משמעית ביחס למיקום הפונקציונאלי שלו. נתחיל מהעדויות היותר חד משמעיות. אין ספק שרכיב השינון לא מצוי במימוש המוטורי הטכני של הדיבור עצמו ברמת האיברים המוציאים לפועל את הדיבור. מסקנה זו נתמכת ממחקרים שבוצעו בקרב נבדקים עם הפרעות מוטוריות קשות, דיסארתריס קשים (Baddeley & Wilson, 1985) וילדים הסובלים משיתוק מוחין, אנארתריס ודיסארתריס (Bishop & Robson, 1989). נבדקים אלו הראו שגם במצבי אובדן או קושי ניכר בהנעת אברי ההגיה עדיין נשמרת יכולת השינון הסאב ווקאלית, המתבטאת באפקט אורך ובקיומו של אפקט הדומות הפונולוגית עבור מילים המוצגות ויזואלית. מנגד, קיימות עדויות על מעורבות מערכות הקשורות לתכנון ההגיה ברמת התוכניות המוטוריות עצמן. Waters, Rochon, & Caplan (1992) אשר בדקו נבדקים אפרקסיס עם קושי בתכנון מוטורי, מצאו שבקרב נבדקים אלו לא נמצאו אפקטים של אורך המילה במטלות שערבו תצוגה אודיטורית ויזואלית. ממצאים אלו ניתן להבין שהשינון תלוי בעיבוד התוכניות המוטוריות לדיבור ולא בשלבים מאוחרים יותר של הפקה.

Vallar (2004, 2006) ועמיתיו (Vallar et al., 1997)¹, המסתמכים על הדיסוציאציות הקיימות בין מאגר לשינון בחולים קונדוקטיבים וחולי ברוקה, ועל יסוד מחקרי ההדמיה המציגים הפרדה באשר לייצוג המוחי, מציעים מודל ללולאה לפיו גירוי אודיטורי אקוסטי (לאחר שעבר ניתוח פונולוגי ראשוני) נכנס למאגר ושם הוא מקודד פונולוגית. שינונו מתבצע באמצעות סירקולציה בין המאגר לבאפר פלט שגם עוסק בתכנון הארטיקולטורי של פלט הדיבור. באפר זה מאפשר גם את כניסתו של מידע ויזואלי מילולי למאגר הפונולוגי לאחר שהומר קודם לכן (ע"י רכיב אחר במודל) לקוד פונולוגי המודל גם מתייחס לאינטראקציה שבין הלולאה הפונולוגית לזיכרון ארוך הטווח (LTM). הבעייתיות בהצעות מסוג זה היא שאם מניחים מעורבות של באפר הפלט בתהליך השינון אזי הניכוי הוא שפגיעה סלקטיבית בבאפר זה תוביל בהכרח לצמצום ביכולת הזכירה. קיומם של אפזיס קונדוקטיבים מסוג פלט אשר להם פגיעה סלקטיבית בבאפר זה, אשר אינם מציגים צמצום בזיכרון עבודה פונולוגי כאשר הם נבדקים במטלות עוקפות פלט, מחלישה מודלים מסוג זה. האם קיומם של אפזיס אלו מעיד על חשיבותו המופחתת של תהליך השינון או שמא אפזיס אלו מהווים עדות לכך שהשינון הוא בשלב אחר מאוחר יותר כפי שמתסתמן מהממצאים על אפרקסיס (Waters et al., 1992), נראה שאין כרגע תשובה חד משמעית לגבי סוגיה זו. יחד עם זאת זיכרון עבודה מילולי הינו רכיב אשר משולב היום במרבית המודלים המנסים לתאר תהלוך ועיבוד שפתי גם אם מכונה במגוון שמות אחרים כגון באפר. מרבית המודלים אף משלבים מספר באפרים במודל, לעיתים אף באפר לכל אופנות שפתית (Caramazza,

¹ רעיונות דומים הוצעו ע"י Monsell (1987) (אצל Howard & Nickels, 2005); Howard & Franklin, (1990); Howard & Nickels (2005); Nickels, Howard, & Best (1997).

Capasso, & Miceli, 1996; Caramazza, Miceli, Villa, & Romani, 1987; Howard & Franklin, Ellis & (1990; Martin, Lesch, & Bartha, 1999). מודלים כוללים מסוג זה מתוארים למשל ע"י Ellis & Young (1996), Patterson & Shewell (1987), המציגים שני באפרים מסוג פלט, פלט פונולוגי ופלט אורתוגרפי וכן מודלים אחרים לפיהם קיימים שני באפרים שונים: אחד לקלט ואחר לפלט פונולוגי כפי שמוצע ע"י Romani (1992). ואכן עדויות מליקויים סלקטיביים תומכים בקיומם של באפרים נפרדים. כך למשל קיימים שני סוגים של אפזיה קונדוקטיבית, אפזיה קונדוקטיבית מסוג פלט (reproduction conduction aphasia), עקב ליקוי בבאפר הפונמי פלט (Franklin, Buerk, & Howard, 2002; Nickels, 1997; Shallice et al., 2000), ואפזיה קונדוקטיבית מסוג קלט (repetition conduction aphasia) (Bartha & Benke, 2003; Buttttherworth, 1992; Howard & Nickels, 2005; Martin & Breedin, 1977; Martin, Shelton, Yaffee, & 1994; Shallice et al., 2000; Shallice & Warrington, 1992), שתיהן מאופיינות בקושי ניכר בחזרה על דיבור. ואולם המפתח להבנת ההבדל בין שתיהן הוא הבנת סוג הבאפר הפגוע. בעוד אפזים קונדוקטיביים מסוג פלט מתקשים בחזרה על דיבור על רקע הקושי הספציפי בבאפר הפלט כמו גם במגוון מטלות ההפקה- דיבור ספונטני, שיום, קריאה בקול, האפזים הקונדוקטיביים מסוג קלט מתקשים לחזור עקב צמצום בזע"פ קלט. פועל יוצא מכך הוא שבעוד נבדקים קונדוקטיביים מסוג פלט לא מדגימים הפרעות בלולאה הפונולוגית כאשר נבדקים במטלות שלא מערבות פלט פונולוגי (מטלות היכר - recognition), (Barresi & Lindfield, 2000; Nickels, 1997; Romani, 1992; Shallice et al., 2000; Wilshire & McCarthy, 1996), קלט (repetition conduction aphasia), אשר מיוחסת להם פגיעה במאגר של הלולאה הפונולוגית קלט מדגימים צמצום בטווחי הזכירה גם במטלות שמערבות הפקה, מטלות היזכרות (recall), וגם במטלות המערבות היכר (Bartha & Benke, 2003; Buttttherworth, 1992; Howard & Nickels, 2005; Martin, 1977; Martin et al., 1994; Shallice et al., 2000; Shallice & Warrington, 1992). אפזים אלו, בשונה מהאפזים מסוג פלט, לא מראים הפרעות פונולוגיות בפלט והקושי לעיתים היחידים שלהם הוא קושי בחזרה על דיבור על רקע הליקוי בלולאה הפונולוגית.

קיומם של שני תתי סוגים אלו של אפזיה קונדוקטיבית קלט ופלט מציב אם כן בעייתיות למקם את רכיב השינון של הלולאה הפונולוגית ברכיב הבאפר הפונמי או בסירקולציה שבינו לבין באפר הקלט. אנו מניחים שניתן לשקול שתי אלטרנטיבות אחרות לדרך שבה הלולאה הפונולוגית משולבת בתהליך השפתי. אופציה אחת היא קיומם של באפרים פונולוגיים נפרדים לקלט ולפלט כמו גם באפרים נפרדים לתהליכי קלט ופלט אורתוגרפים. ההנחה היא שיחידות הבאפר הללו הן עצמאיות ומכילות כל אחת מאגר ורכיב שמשנן, הלולאה. מנגד קיימת גם אופציה נוספת, חסכונית יותר, שלפיה קיימים מאגר ולולאה משותפים לכל אופנויות השפה שהינם חיצוניים לתהליך השפתי. פגיעות סלקטיביות בבאפר משותף לכל או לחלק מאופנויות השפה יכולות להיות מוסברות על יסוד תקלות במעברים בין יחידות העיבוד השונות לבין המאגר והלולאה או מהמאגר ומהלולאה לעבר יחידת עיבוד שפתית ספציפית. מבין הסוגיות שיש לפתור בהקשר לבאפר משותף קיימות הסוגיות האם אכן השינון מערב את אותן יחידות עבור גירוי אורתוגרפי פלט וגירויים פונולוגיים. האם לקות בבאפר גרפמי, המתבטאת בהשמטות, החלפות ושיכולים של גרפמות יכולה להיות מוסברת בתקלות בשינון פונמי. האם נצפה

שאפרקסים שדווחו כבעלי פגיעה ברכיב השינון, יציגו גם דיסגרפיית באפר. סוגיות אלו ללא ספק חשובות להבנת זיכרון קצר טווח, ולא לנו בשלב זה הפיתרון הברור. כדי להבחין בין ליקוי בבאפר קלט לבין באפר פלט, נכללו בבטריה מטלות זכירה מסוג היזכרות, המערבות קלט ופלט פונולוגי, וכן מטלות היכר, המערבות קלט בלבד.

זיכרון קצר טווח אחד או הרבה זכרונות

מעבר לשאלת קיומם של מספר באפרים: באפר קלט פונולוגי ובאפר פלט פונולוגי, באפרים גרפמים לחומר גרפמי, קיימת גם שאלת קיומם של חלוקות נוספות בזיכרון עבודה מילולי, בצד זיכרון העבודה הפונולוגי המוצע במודל. ממצאים ממספר מקורות תומכים בקיומם של משאבי זיכרון מילוליים נוספים או לחילופין בהשפעתם של ייצוגים מילוליים נוספים על הלולאה הפונולוגית. ממצאים מטוחי זכירה שנבדקו בקרב נבדקים בריאים ונבדקים עם צמצום בטוחי הזכירה מעידים על כך שקיימים אפקטים נוספים המשפיעים על הזכירה מעבר לאלו שמאפיינים את הלולאה הפונולוגית.

אחד האפקטים הבולטים, הן בטוחי זכירתם של נבדקים נורמלים והן באלו של נבדקים עם צמצום בזע"פ, הוא האפקט הלקסיקאלי המתבטא בכך שטוח הזכירה למילים קיימות טוב מלמילות תפל (Friedrich, Glenn, & Marin, 1984; Gathercole, Pickering, Hall, & Peaker, 2001; Hulme, Maughan, & Brown, 1991). אפקט זה מעיד אם כן על תרומה לקסיקאלית לטוח הזכירה שאיננו נראה תלוי בתפקוד הלולאה הפונולוגית. עדות נוספת לכך קיימת מנבדקים דמנטיים עם ירידה סמנטית, שטוחי הזכירה שלהם היו טובים יותר עבור מילים מוכרות להם ביחס למילים שייצוגיהם אבדו (Knott, Patterson, & Hodges, 1997).² אפקטים לקסיקאליים נוספים שדווחו הם אפקטים של שכיחות, לכיוון טוחי זכירה גדולים יותר למילים שכיחות ביחס למילים נדירות (Friedrich, et al., 1984; Hulme et al., 1997). דווחו אפקטים סמנטיים מסוג של טוחי זכירה גדולים יותר למילים מאותה קטגוריה סמנטית ביחס למילים מקטגוריות שונות (Poirier & St. Aubin, 1995), וכן טוחי זכירה גדולים יותר למילים מוחשיות, עם דמיונות גבוהה (high imageability), ביחס למילים מופשטות, עם דמיונות נמוכה (Bourassa & Besner, 1994; Walker & Hulme, 1999).

בנוסף לממצאים אודות מעורבותם של ייצוגים מסוגי עיבוד שונים קיימים גם ממצאים המראים שהשפעתם של ייצוגים אלו מותנית במיקום הסדרתי. נבדקים בריאים מציגים אפקטים הקשורים למיקום הסדרתי במטלות של היזכרות חופשית (free recall) כשניתנות רשימות של פריטים שהינן מעבר לטוחי זכירתם. נמצאים אפקטים מסוג ראשונות (primacy effect) ואחרונות (recency effect), (Martin & Gupta, 2004; Martin & Saffran, 1997; Saffran, 1990), המבטאים את עמידותם של הפריטים הראשונים והאחרונים בסדרה בפני דעיכה. לעומתם, עמידותם של הפריטים האמצעיים בפני דעיכה היא נמוכה וזוכרים אותם פחות. מחקרים שונים מראים את השפעתם של האפקטים הלקסיקאליים הסמנטיים והפונולוגיים על מיקומים סדרתיים שונים. כך למשל, זכירת הפריטים האחרונים בסדרה רגישה לדומות פונולוגית (Brooks & Watkins, 1990), דבר המעיד על תרומתו של העיבוד הפונולוגי בזכירת פריטים אלו. (Haarman & Usher (2001) דיווחו על אפקט ההפרדה

² אבל ראו אצל Martin & Gupta (2004) קיימת התייחסות לקשיים ייצוגיים מול קשיים בנגישות לייצוגים סמנטיים אצל אפזים לעומת דמנטיים המתבטאים גם בהשפעות שונות של אפקטים סמנטיים על המיקום הסדרתי.

(separation effect) לפיו זוגות מילים עם קשר סמנטי רופף ביניהם המוצגות בצמידות זו לזו נזכרות טוב יותר כשהן מופיעות בעמדות אחרונות בסדרה ביחס למצב בו הן מוצגות במרחק זו מזו. אפקט זה נמצא גדול יותר בזכירה מיידית מאשר בזכירה מעוכבת וגם נשמר כאשר השינון הפונולוגי נמנע בשל ארטיקולציה מדכאת. בנוסף מדווח גם על כך שליקויים סמנטיים משפיעים על זכירתם של הפריטים הראשונים בסדרה, ואילו שליקויים פונולוגיים משפיעים על הפריטים האחרונים בסדרה (Martin & Lesch, 1995; Martin, Ayala, & Saffran, 2002; Martin & Gupta, 2004; Martin & Saffran, 1997; Saffran, 1990; Saffran & Martin, 1990). כל הממצאים האלו תואמים לממצאים מנבדקים בריאים הקושרים בין אפקט ראשונות לעיבוד סמנטי ובין אפקט אחרונות לעיבוד פונולוגי (Martin & Saffran, 1997).

סוג נוסף של מידע התומך בקיומם של מספר משאבי זיכרון מילולי הוא ממצאים אודות דיסוציאציות כפולות בקרב נבדקים עם צמצום בטווחי זכירה. רנדי מרטין ועמיתיה (Freedman & Martin, 2001) כפולה בין שני נבדקים: EA שאיננה מציגה אפקטים נורמלים של זע"פ מסוג דומות פונולוגית ואורך מילה, אך כן מציגה את האפקט הנורמלי הלקסיקאלי, ובמטלת probe³ מגיעה לטווח זכירה טוב יותר בפרוב קטגוריאלי ביחס לפרוב פונולוגי. לעומתה AB ו-ML מציגים דגם ביצוע הפוך, של אפקטים פונולוגיים נורמלים אך ללא אפקט לקסיקאלי, ויכולת טובה יותר בפרוב פונולוגי ביחס לקטגוריאלי, ללא ליקויים במטלות סמנטיות שאינן מערבות זכירה, מה שמראה שהליקוי הוא במשאב הזכירה הסמנטי ולא בידע הסמנטי עצמו. ממצאים אלו הובילו להצבת קריטריונים ברורים בנוגע לצמצום בטווחי זכירה שמקורו בזיכרון עבודה פונולוגי לבין צמצום בטווחי זכירה שמקורו בצמצום טווחי זכירה סמנטיים, מביניהם, בצמצום בזיכרון עבודה פונולוגי נצפה לקיומו של אפקט ראשונות אך לא אחרונות במטלות של זכירה חופשית (Friedrich et al., 1984; Hanten & Martin, 2000; Martin, 1987; Martin, Breedin, & Damian, 1999; Martin et al., 1994; Martin, Lesch, & Bartha, 1999; Shallice & Vallar, 1990), ולאפקט לקסיקאלי ברור עם ביצוע טוב יותר במטלות פרוב קטגוריאלי ביחס לפרוב של מילים מתחרזות (Martin et al., 1994). מנגד, צמצום בזיכרון עבודה סמנטי עשוי לגרום לאפקט ראשונות מוחלש (Martin, Lesch, & Bartha., 1999; Romani & Martin, 1999), אך לקיום אפקט אחרונות במטלות של זכירה חופשית, אך ללא אפקט לקסיקאלי (Hanten & Martin, 1994; Martin & Romani, 2000), עם ביצוע טוב יותר במטלת פרוב של מילים מתחרזות ביחס לפרוב קטגוריאלי (Martin et al., 1994).

נראה אם כן שזיכרון עבודה פונולוגי נתרם מייצוגים מכל סוגי העיבוד הלשוניים, דבר שמוביל למחשבה שיתכן שקיימים משאבי זיכרון מילוליים נפרדים לכל סוג עיבוד. יש לציין שצמצום בזיכרון סמנטי או פונולוגי אינו בהכרח נובע מנזק בעיבודים או בייצוגים עצמם אלא תתכן גם אפשרות שהליקוי הנצפה עלול להיות כתוצאה מדעיכה מהירה מידי של ייצוגים אלו. מסקנות אלו נתמכות מכך שלמרות שהנבדקים סובלים מצמצום בזיכרון העבודה עדין לא נמצאו בהכרח הפרעות סמנטיות

³ במטלה זו הנבדק שומע רשימת מילים ולאחריה מושמעות שוב מילים ועליו להגיד עבור כל מילה אם היא שייכת לקטגוריה זהה לאחת המילים שהופיעו ברשימה הקודמת בשונה מ-probe מתחרז בו ההכרעה מתייחסת לשאלה האם המילה מתחרזת לאחת המילים שהופיעו ברשימה הראשונה.

ופונולוגיות בולטות במטלות פונולוגיות או סמנטיות שאינן מעמיסות על זיכרון קצר הטווח (Martin & Breedin, 1992; Martin, Breedin, & Damian, 1999; Martin et al., 1994; Martin & He, 2004, לסקירה Shallice & Vallar, 1990). בהיעדר סוללה בעברית להערכת הלולאה הפונולוגית, מטרת המחקר הנוכחי היתה לבנות סוללה מקיפה לאבחון הלולאה הפונולוגית שתהייה רגישה למגוון האפקטים של הלולאה. מאחר שהמטרה היתה לאתר באמצעות הסוללה נבדקים עם צמצום בזיכרון עבודה פונולוגי, אספנו נתוני נורמה, שיפורטו בהמשך.

פריגבי: סוללת מבדקים להערכת זיכרון עבודה פונולוגי בעברית ונורמות עפ"י גיל

מבדקי זיכרון עבודה פונולוגי

לשם הערכת זיכרון עבודה פונולוגי נבנתה סוללה בת 10 מבדקים, הכוללת מטלות היזכרות (recall) והיכר (recognition) מגוונות. מטרת הסוללה היא לשמש כלי אבחוני רגיש לאיתור צמצום בזיכרון עבודה פונולוגי באמצעות מדידת טווחי הזכירה הפונולוגים וכן באמצעות בחינת האפקטים שמשפיעים על לולאה פונולוגית תקינה.

בחלקים הבאים נציג את המבדקים, את אופן העברתם וכן ממצאים שהתקבלו מנבדקים נורמלים בטווח גילאים (77-20) וילדים, ממצאים שמהווים בסיס נורמטיבי להשוואה.

מבדקי היזכרות (recall)

נבנו חמישה מבדקי טווחי זכירה (span): שלושה מבדקי זכירת מילים, מבדק אחד לזכירת מילות תפל ומבדק נוסף לזכירת ספרות.

מבדק טווח זכירת המילים הבסיסי. כולל מילים דו-הברתיות שונות פונולוגית.

מבדק טווח זכירת מילים ארוכות. כדי לבחון קיומו של אפקט אורך נבנה מבדק לזכירת מילים אשר מכיל רצפים של מילים ארוכות בנות 4 הברות. המדד לאפקט אורך מתקבל מהפחתת טווח הזכירה במבדק זה מטווח זכירת המילים בנות 2 הברות (בסיסי).

מבדק טווח זכירת מילים דומות פונולוגית. כדי להעריך קיומו של אפקט הדומות הפונולוגית, נבנה מבדק זכירת מילים אשר כולל רצפים של מילים דו הברתיות זהות פונולוגית זו לזו למעט פונמה אחת. מיקום הפונמה השונה במילים מאוזן בין המיקומים השונים במילה (תחילית, אמצעית או סופית). אפקט הדומות הפונולוגית מחושב כטווח זכירת מילים שונות פונולוגית (בסיסי) פחות טווח זכירת מילים דומות פונולוגית.

כל מבדקי זכירת המילים כוללים רצפים של מילים ללא זיקה סמנטית זו לזו.

מבדק זכירת מילות תפל (pseudo-word span). לשם בדיקת סוג הקידוד: סמנטי-לקסיקאלי או פונולוגי, נבנו רשימות "לא מילים" דו הברתיות (שיכולות להיות מילים בעברית מבחינה פונולוגית),

הנבדלות ממילים משמעותיות בפונמה בודדת (לדוגמא, דלום). אפקט לקסיקאלי מחושב כטווח זכירת המילים (בסיסי) פחות טווח זכירת מילות תפל.

רשימות המילים והתפל נאמרות לנבדקים בקצב של פריט לשניה והנבדקים מתבקשים לחזור על הפריטים בסדר שבו הם נאמרו. כל המבדקים מכילים 6 רמות של רצפים באורך 2-7 מילים או תפל. טווח הזכירה מוגדר כרמה המירבית שבה לפחות 3 רצפים מתוך 5 נזכרים היטב. ניתנת גם מחצית נקודה עבור הצלחה בשני רצפים מתוך 5. (לדוגמא, נבדק אשר זוכר היטב שלושה רצפים של 3 מילים, ושניים בלבד מרצפי ה-4 מילים מקבל ציון כולל של 3.5).

בנוסף נבדקו גם ספרות. *טווח זכירת ספרות (digit span)*. רצפים של ספרות המושמעים לנבדק בקצב של ספרה לשניה. הנבדקים מתבקשים להצביע על הספרות הנשמעות ובסדר בו הוצגו כאשר לפני הנבדקים מונחת רשימת ספרות כתובות מ-1 ועד 9. המבדק מכיל 8 רמות (2-9 רצפים). בכל רמה 5 רצפים. טווח הזכירה מוגדר כרמה הגבוהה ביותר שבה הנבדק זוכר 3 רצפים ברצף. הצלחה בביצוע של 2 רצפים בלבד ברמה (מתוך 5 רצפים) מזכה את הנבדק בחצי נקודה נוספת.

מבדקי זיהוי (recognition)

מטרת מבדקי הזיהוי היא להבחין בין קושי בקלט ובפלט. נבדקים שמתקשים בחמש מטלות הזיכרות יכולים להתקשות בהם בגלל בעיה בקלט או בגלל בעיה בפלט. מטלות הזיהוי מחייבות קלט בלבד, ללא פלט רלוונטי, ועל כן, הצלחה בהן ולא במטלות הזיכרות מעידה על קושי בפלט, ואילו קושי בהן, בנוסף לקושי במטלות הזיכרות, מעיד על קושי בקלט או בקלט ובפלט גם יחד.

Listening span. מבדק זה נכלל מכיוון שבמחקרים שונים נטען שמבדק זה נמצא בקורלציה גבוהה יותר ממבדקי זיכרון אחרים עם יכולת הבנת משפטים (Caspari, Parkinson, LaPointe, & Katz, 1998; Daneman & Carpenter, 1980; Tompkins, Bloise, Timko, & Baumgaertner, 1994). נבנתה גירסה המתאימה לאפזים דוברי עברית. המבדק מורכב מחמש רמות (2-6 משפטים בכל רמה), בכל רמה 5 סטים. הנבדקים מתבקשים להכריע בנוגע לערך האמת של כל משפט מושמע, וכן לזכור את המילה האחרונה בכל משפט. בתום האזנה לכל הסט, הנבדק מתבקש לזהות את המילים האחרונות במשפטי הסט מתוך רשימת מסיחים כתובים $(2n+1)$ רחוקים סמנטית, פונולוגית ואורתוגראפית ממילת המטרה. כל המשפטים בסטים וברמות השונות הינם פשוטים, ללא שעבודים. הקפדנו על שליטה מלאה על אורך המשפטים מבחינת מספר המילים (3-4 מילים למשפט), השכיחות של המילה האחרונה במבע, ומספר המשפטים הנכונים והשגויים בכל רמה. כל המילים האחרונות הן שמות עצם חד או דו הברתיים. טווח הזכירה במבדק נקבע על סמך הצלחה ברמה הגבוהה ביותר שבה הנבדק הצליח לזכור את כל המילים בשלושה סטים מתוך חמשת הסטים ברמה הנתונה. זכירה של שני פריטים בלבד מזכה את הנבדק בחצי נקודה נוספת. לפני תחילת המבדק, הנבדק מתרגל את המטלות עם הבודקת, בתחילה כל מטלה בנפרד, ואח"כ צירופן.

ניתן להשתמש בהשוואת הזכירה של המילים במטלה זו להשוואת הזכירה של מילים בודדות ללא הקשר כדי ללמוד על סוג הקידוד שהנבדק משתמש בו (ובאופן ספציפי – האם המשפט המקדים מקל

על נבדקים הנסמכים על קידוד סמנטי ומשפר טווח זכירה). לשם כך בנינו מבדק טווח זכירת מילים בודדות במטלת זיהוי, הכוללת את הפריטים ממבדק ה-*listening span* אך ללא משפטים מקדימים.

טווח זכירת מילים במטלת זיהוי. הנבדק שומע את אותם סטים של מילים ממבדק ה-*listening span* ללא המשפט המקדים. בתום ההקראה, עליו להצביע על המילים ששמע מבין אותם מסיחים כתובים. מבדק זה נכלל כדי לאפשר ללמוד על סוג הקידוד הקיים בנבדקים באמצעות השוואת הביצוע במבדק זה לבין הביצוע במבדק עם המשפט המקדים בהנחה שהמשפט המקדים יקל על נבדקים הנסמכים על קידוד סמנטי וישפר טווח זכירה.

Probe Test. גם מבדק זה בוחן זיכרון בפרדיגמה של היכר ולא היזכרות. הנבדק שומע רשימות של שמונה מילים דו הברתיות מגוונות בשכיחותן, ברמת דמינותן ובשיוכן הלקסיקאלי והסמנטי, תחילה רשימה אחת רצופה, בקצב של פריט לשניה, ולאחריה רשימה נוספת בת שמונה פריטים ומתבקש לציין עבור כל פריט אם הוזכר קודם לכן ברשימה. המבדק נבנה כך שמחצית מהפריטים המוצגים להכרעה הם פריטים שהופיעו ברשימת המילים הראשונה, ובחציה האחר מסיחים סמנטיים (מכונית/אוטו, רגע/שניה) ופונולוגיים (רקע/תקע, חלון/בלון). מספר המסיחים הסמנטיים והפונולוגיים עבור כל רשימה הוא זהה. נבחרו מסיחים מסוגים שונים לשם בדיקת סוג הקידוד המבוצע ע"י האפזים השונים. המיקום הסדרתי של המסיחים והפריטים הזהים לרשימה הראשונה מאוזן בשתי הרשימות. סה"כ מוצגות 20 רשימות להכרעה.

Matching digit order span (PALPA 13), מבדק הלקוח מסוללת מבדקי ה-*PALPA* (Kay, Lesser, & Coltheart, 1992, גרסה עברית: Gil & Edelstein, 2001). במטלה זו מושמעים לנבדקים 2 רצפים המכילים ספרות זהות ועליהם להכריע האם סדר הספרות בשני הרצפים זהה או שונה. בצמדי הרצפים השונים בסדר (לדוגמא, 5372/5732), ההיפוך בסדר הספרות הוא רק בין ספרות סמוכות. מיקום ההיפוך מאוזן מההיבט של המיקום ברצף. המבדק מכיל סה"כ 7 רמות, 2-7 ספרות לסט, סה"כ 10 סטים בכל רמה, מביניהם 5 סטים תואמים, ו-5 סטים שונים בסדר הספרות. הסטים התואמים והלא תואמים מעורבבים.

Matching word order span. מבדק זה נבנה במתכונת זהה לזו של מבדק ה-*matching digit span*, אך במקום ספרות המבדק מכיל מילים דו הברתיות שונות פונולוגית. גם במטלה זו מושמעים לנבדקים שתי רשימות של מילים, הזהות או נבדלות בסדר המילים המוצגות. מיקום ההיפוך בסדר גם במטלה זו מאוזן והוא מערב שתי מילים סמוכות.

בשתי מטלות המציינג, *matching digit order* ו-*matching word order*, הרשימות הוצגו בקצב של פריט לשניה. טווח הזכירה בשתי המטלות הוגדר כרמה המירבית שבה הנבדק ביצע מעל רמת ניחוש, בחישוב שנעשה באמצעות *Binominal test* - כלומר הצלחה של 7 פריטים לפחות.

האוכלוסייה שנבדקה כדי לבנות את ערכי הנורמה היתה 214 נבדקים בריאים בגילאי 20-77, ללא הפרעות נוירולוגיות, פסיכיאטריות או התפתחותיות ידועות, בעלי שליטה טובה בשפה העברית ובעלי 12 שנות לימוד לפחות. הנבדקים אותרו בבתי אבות לדיירים עצמאים, ומבין קרובי משפחה וחברים. לא כל הנבדקים עברו את כל המבדקים ואולם כל מבדק כלל לפחות 60 נבדקים (10 בכל עשור

לפחות). מספר הנבדקים שנבדק בכל קבוצת גיל ובכל מבדק מפורט בטבלת התוצאות המסכמת (טבלה 1). בנספח מופיעים גם נתונים מילדים בני 15-14 ובני 10-9 במבדקים השונים. **הליך**. כל משתתף עבר סדרה של מבדקי זע"פ. כל מבדקי הזיכרון בוצעו בחדר שקט בנוכחות הנבדק והבודק, ותגובותיו של כל נבדק נרשמו והוקלטו. סדר הצגת המבדקים היה אקראי. המבדקים הועברו במספר פגישות בהתאם למידת יכולת הריכוז של הנבדק ויכולתו של הנבדק לשתף פעולה. כל התגובות תועתקו והוקלטו בזמן המפגשים עם הנבדקים ונותחו בנפרד ע"י שני שופטים. ב-99% ומעלה מהתגובות במבדקים השונים היתה הסכמה בנוגע לאופן הצינון. בתגובות שבהן הדעות היו חלוקות נערך דיון בין השופטים שבסיכומו היתה הסכמה לגבי דרך הצינון.

תוצאות

קידוד תגובות במטלות טווחי זכירה מסוג היזכרות. רק תגובות מדויקות מבחינה פונולוגית אשר ניתנו בסדר הנכון קודדו כתגובות היזכרות נכונות. היזכרות במילים דומות פונולוגית או סמנטית (שדה סמנטי זהה או מילים נרדפות, הסברים כתחליף למילת המטרה) צויננה כשגויה. תגובות מסוג השמטות מילים והיזכרות שלא משמרת סדר צויננו גם הן כשגויות.

טווחי הזכירה הממוצעים וסטיות התקן בכל אחת ממטלות הזכירה מוצגים בטבלה 1 כמו גם מספר הנבדקים הבריאים שנבדקו בכל מבדק. לאור המדווח בספרות בנוגע לירידה עם הגיל בטווחי זכירה פונולוגים, ביצענו עבור כל מבדקי טווחי הזכירה אנובה חד כיוונית כדי לבחון האם קיים הבדל בין קבוצות הגיל השונות. **במבדק ההיזכרות במילות התפל** לא נמצא הבדל בין קבוצות הגיל, אך בכל שאר מבדקי הזיכרון נמצאו הבדלים מובהקים בין הקבוצות ($p < .04$). כמו גם קונטרסט לינארי מובהק ($p < .05$). ההבדלים היו לרוב בין קבוצות הגיל הצעירות, בני ה-30-20 וה-40-31 (להלן: בני העשרים ובני השלושים), לבין הקבוצות המבוגרות יותר, בני ה-70-61 ובני ה-77-70 (להלן: בני השישים ובני השבעים).

במבדק **טווח זכירה בסיסי של מילים** נמצא באנובה חד כיוונית הבדל מובהק בין הקבוצות, $F(5,167) = 4.87, p < .0001$ וקונטרסט לינארי, $F(1,167) = 22.98, p < .0001$. לפיכך בוצע מבחן פוסט הוק מסוג Tukey אשר הדגים הבדלים בין בני העשרים, השלושים והארבעים לבין בני השבעים ($p = .009$; $p = .002$; $p = .02$, בהתאמה), ובין בני השלושים לבני השישים ($p = .04$).

במבדק **טווח זכירת מילים דומות פונולוגית** נמצא הבדל מובהק בין הקבוצות, $F(5,65) = 4.17, p = .002$ וקונטרסט לינארי, $F(1,65) = 17.1, p < .0001$. נמצאו הבדלים מובהקים במבחן Tukey בין קבוצות בני העשרים, השלושים והארבעים לבין בני השישים ($p \leq .03$).

במבדק **טווח זכירה של מילים ארוכות (4 הברות)** נמצא גם כן הבדל מובהק בין הקבוצות, $F(5,63) = 5.19, p < .0001$ וקונטרסט לינארי, $F(1,63) = 21.79, p < .0001$, הבדל שנמצא בין בני העשרים לבין בני השישים ($p = .03$), ולבין בני השבעים ($p = .004$) ובין בני הארבעים לבני השישים ($p = .04$) ולבין בני השבעים ($p = .007$).

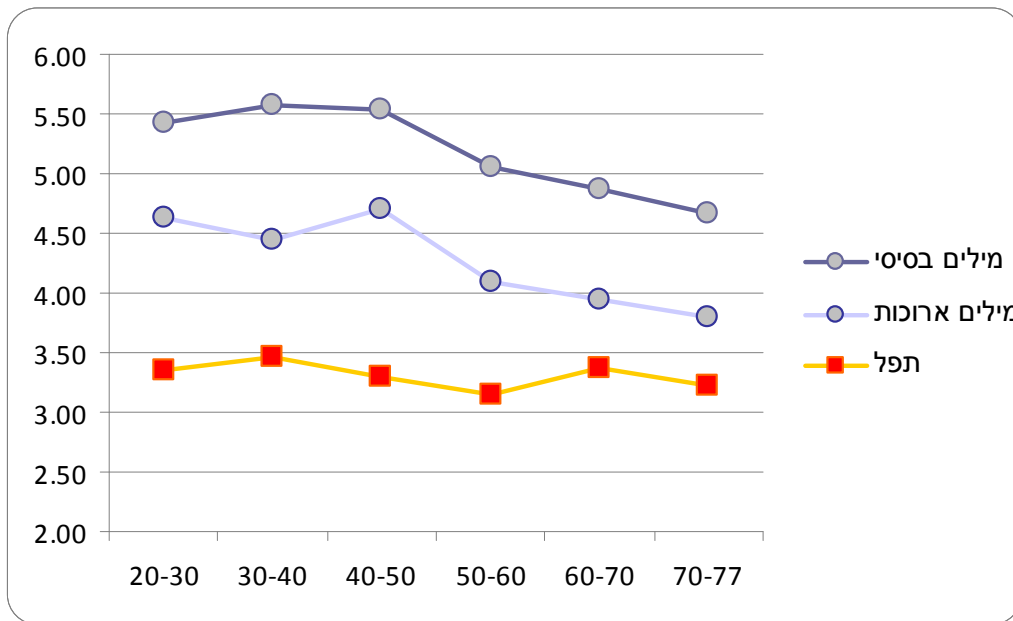
ממצאים דומים נמצאו גם במבדק היזכרות בספרות (*digit span*), שבו נמצאו באנוכה הבדלים בין הקבוצות, $F(5,159) = 3.57, p = .004$. ההבדלים נמצאו בין בני העשרים, השלושים והארבעים לבין בני השישים ($p = .02, p = .05, p = .01$ בהתאמה), וכן נמצא קונטרסט לינארי, $F(1,159) = 12.46, p = .001$.

תמונה דומה נמצאה בתוצאות המבדקים למדידת טווחי זכירה עוקפי פלט, מבדקי ההיכר (recognition). במבדק ה- *listening span* נמצא הבדל מובהק בין הקבוצות, $F(5, 60) = 3.10, p = .02$. הבדל שנבע מהבדלים בין בני העשרים והשלושים לבין בני השבעים ($p = .02; p = .03$ בהתאמה), וקונטרסט לינארי, $F(1,60) = 14.09, p < .0001$.

במבדק זכירת מילים במטלת זיהוי נמצא הבדל בין הקבוצות, $F(5,54) = 2.54, p = .04$, שנובע מההבדל בין בני הארבעים ובני השישים ($p = .04$), וקונטרסט לינארי, $F(1,54) = 4.02, p = .05$. במבדק ה- *matching words* ההבדל שנמצא בין הקבוצות ($F(5,57) = 2.85, p = .02$) נבע מההבדל בין בני הארבעים לבין בני השישים ($p = .02$), ובמבדק ה- *matching digits* ההבדל בין הקבוצות ($F(5,54) = 2.86, p = .02$) נבע מהבדלים שנמצאו בין בני השלושים והארבעים לבין בני השישים ($p = .04$). בשני המבדקים נמצא גם קונטרסט לינארי ($F(1,57) = 9.17, p = .004$); $F(1,54) = 6.27, p = .01$ בהתאמה). במבדק ה- probe נמצא הבדל בדפוס הביצוע בין הפריטים שהיו ברשימה הראשונה (להלן: המותאמים) לבין המסיחים (להלן: הלא מותאמים). כפריטים המותאמים נמצא הבדל בין הקבוצות, $F(5,54) = 3.54, p = .008$, שנבע מההבדלים שנמצאו בין בני העשרים ($p = .007$), השלושים ($p = .02$) והחמישים ($p = .03$) לבין בני השבעים, וכן קונטרסט לינארי, $F(1,54) = 12.89, p = .001$. בפריטים הלא מותאמים לא נמצאו הבדלים בין הקבוצות ולא נמצא קונטרסט לינארי.

ניתוח אפקטים עבור כל אחת מקבוצות הגיל ועבור כל הקבוצות יחד מצביע על קיומם של האפקטים המצופים מסוג דומות פונולוגית, אורך, לקסיקאליות ואפקט ראשונות (לפירוט ראו טבלה 1). בהשוואת טווחי הזכירה במבדק בסיסי לבין טווח הזכירה במילים דומות פונולוגיות (נבדק רק בקרב הנבדקים שנבדקו בשני המבדקים הללו) באמצעות t-test למדגמים מזווגים נמצאה זכירה טובה יותר במובהק של המילים השונות פונולוגית מאשר של המילים הדומות ברמת כל הנבדקים כקבוצה, $t(65) = 14.30, p < .0001$, ועבור כל קבוצת גיל (בני העשרים: $t(17) = 7.62, p < .0001$; בני השלושים: $t(9) = 5.16, p = .0003$; בני הארבעים: $t(8) = 6, p = .0002$; בני החמישים: $t(8) = 4.10, p = .002$; בני השישים: $t(9) = 10.78, p < .0001$; ובני השבעים: $t(9) = 4.29, p = .001$). לא נמצא הבדל באפקט הדומות בין הקבוצות לפי אנוכה ולא נמצא קונטרסט לינארי. בהשוואת טווחי הזכירה במבדק בסיסי לבין טווח הזכירה במילים ארוכות (נבדק רק בקרב נבדקים שנבדקו בשני המבדקים), באמצעות t-test למדגמים מזווגים, נמצאה זכירה טובה יותר במובהק של מילים קצרות ביחס למילים ארוכות אצל כל הנבדקים כקבוצה ($t(65) = 15.28, p < .0001$) וכן עבור כל קבוצת גיל (בני העשרים: $t(17) = 8.37, p < .0001$; בני השלושים: $t(8) = 7.56, p < .0001$; בני הארבעים: $t(9) = 5.01, p < .0001$; בני החמישים: $t(8) = 3.78, p = .003$; בני השישים: $t(9) = 6, p < .0001$; ובני השבעים: $t(9) = 6.71, p < .0001$).

לא נמצא הבדל בין קבוצות הגיל לפי אנובה ולא נמצא קונטרסט לינארי. לשם בדיקת אפקט לקסיקאליות חושב ההבדל בין הביצוע במבדק הזכירה הבסיסי לבין מבדק התפל עבור כל אחת מקבוצות הגיל. נמצאה זכירה טובה במובהק של המילים הבסיסיות בהשוואה למילות התפל לפי t-test למדגמים מזווגים עבור כל קבוצות הגיל (בני העשרים: $t(90) = 35.59, p < .0001$; בני השלושים: $t(34) = 20.23, p < .0001$; בני הארבעים: $t(10) = 21.47, p < .0001$; בני החמישים: $t(9) = 10.58, p < .0001$; בני השישים: $t(6) = 3.58, p = .006$; בני השבעים: $t(6) = 6.15, p < .0004$). נמצא קונטרסט לינארי מובהק שהראה ירידה בגודל האפקט עם העליה בגיל $F(1,155) = 10.32, p = .002$, (ללא הבדל מובהק באנובה), שיכול להיות מוסבר על ידי הירידה בזכירת מילים לצד היזכרות במילות תפל שנמצאה יציבה עם העליה בגיל, כמודגם בתרשים 1.



תרשים 1. ממצאי קונטרסט לינארי עם העליה בגיל בזכירת מילים והיעדר קונטרסט לינארי במילות תפל

באשר להיזכרות הסדרתית ברצפים, לא נצפה אפקט אחרונות, ככל הנראה בשל ההנחיה להיזכר בפריטים לפי מיקומם בסדרה (ראו ממצאים דומים אצל Dalezman, 1976). לפיכך, העדר אפקט אחרונות לא הוגדר כקריטריון הכרחי לאבחנת ליקוי בזע"פ.

טבלה 1. תוצאות מבדקי זכירה מסוג היזכרות והיכר לפי חתך גילאים

מבדק	גיל	20-30	31-40	20-40	41-50	51-60	61-70	71-77	20-77
כטיסי									
ממוצע		5.39	5.57	5.44	5.54	5.05	4.86	4.67	5.33
ס.ת.		.67	.75	.69	.45	.64	.78	.68	.72
n		93	35	128	12	10	11	12	173
*ערך מינימלי נורמטיבי		4.5	4.5	4.5	5	4	3.5	3.5	4.5
דומה פונר'									
ממוצע		4.50	4.58	4.53	4.60	4.10	3.80	3.95	4.29
ס.ת.		.60	.51	.56	.52	.39	.67	.64	.63
n		19	12	31	10	10	10	10	71
*ערך מינימלי נורמטיבי		3.5	4	4	4	3.5	3	3	3.5
אפקט דומות									
ממוצע		1.28	1.05	1.20	1	0.89	1.15	0.85	1.07
ס.ת.		.71	.64	.69	.50	.65	.34	.62	.61
n		18	10	28	9	9	10	10	66
*ערך מינימלי נורמטיבי		0.5	-	0.5	0.5	-	0.5	-	0.5
ארוך (4 הברות)									
ממוצע		4.60	4.45	4.57	4.70	4.10	3.95	3.80	4.32
ס.ת.		.68	.50	.62	.75	.21	.44	.42	.63
n		19	10	29	10	10	10	10	69
*ערך מינימלי נורמטיבי		3.5	3.5	3.5	3.5	4	3.5	3	3.5
אפקט אורך									
ממוצע		1.08	1.28	1.15	0.9	0.83	1.00	1.00	1.02
ס.ת.		.55	.51	.53	.57	.66	.53	.47	.54
n		18	9	27	10	9	10	10	66
*ערך מינימלי נורמטיבי		0.5	0.5	0.5	-	-	-	0.5	0.5
מילות תפל									
ממוצע		3.29	3.46	3.34	3.29	3.15	3.40	3.26	3.32
ס.ת.		.47	.54	.49	.45	.34	.46	.41	.48
n		107	37	144	12	10	10	11	187
*ערך מינימלי נורמטיבי		3	3	3	2.5	2.5	2.5	2.5	3
אפקט לקסיקאלי									
ממוצע		2.07	2.13	2.08	2.18	1.90	1.64	1.50	2.03
ס.ת.		.55	.62	.57	.34	.57	1.21	.65	.61
n		91	35	126	11	10	7	7	161
*ערך מינימלי נורמטיבי		1.5	1.5	1.5	2	1	-	0.5	1.5
ספרות									
ממוצע		7.05	7.05	7.05	7.50	6.50	6	6.45	6.94
ס.ת.		.94	1.28	1.02	1.00	1.22	.71	1.13	1.07
n		94	29	123	10	10	11	11	165
*ערך מינימלי נורמטיבי		5.5	5	5.5	6	4.5	5	4.5	5.5
Listening span									
ממוצע		5.96	6.00	5.98	5.90	5.70	5.70	5.46	5.79
ס.ת.		.13	.00	.10	.32	.42	.42	.69	.43
n		14	10	24	10	10	10	12	66
*ערך מינימלי נורמטיבי		6	6	6	5.5	5	5	4.5	5.5
Word span									
ממוצע		5.89	5.73	5.8	6.00	5.90	5.55	5.65	5.78
ס.ת.		.22	.47	.38	.00	.21	.44	.41	.36
n		9	11	20	10	10	10	10	60
*ערך מינימלי נורמטיבי		5.5	5	5.5	6	5.5	5	5	5.5

מבדק	גיל	20-30	31-40	20-40	41-50	51-60	61-70	71-77	20-77
<i>Probe (Matched)</i>									
ממוצע	88.64	87.63	88.15	84.75	87.16	83.29	76.74	84.83	
ס.ת.	5.71	7.36	6.40	8.74	4.97	7.55	8.80	8.12	
n	11	10	21	10	10	10	10	61	
*ערך מינימלי נורמטיבי	78	74	77	68	78	69	60	72	
<i>Probe(nonmatched)</i>									
ממוצע	89.65	89.88	89.76	90.67	83.66	85.38	89.59	87.97	
ס.ת.	7.67	6.02	6.76	8.10	6.27	8.80	5.80	7.43	
n	76	79	78	75	72	69	79	78	
*ערך מינימלי נורמטיבי	76	79	78	75	72	69	79	78	
<i>Probe כולל</i>									
ממוצע	88.96	88.29	88.86	87.70	85.43	84.33	83.15	86.67	
ס.ת.	3.59	5.28	4.36	3.98	3.09	4.30	3.35	4.14	
n	83	79	82	80	80	76	77	80	
*ערך מינימלי נורמטיבי	83	79	82	80	80	76	77	80	
<i>Matching words</i>									
ממוצע	6.40	6.33	6.36	6.80	6.10	5.70	5.45	6.13	
ס.ת.	1.07	.98	1.00	.42	.87	1.16	.93	1.01	
n	10	12	22	10	10	10	11	63	
*ערך מינימלי נורמטיבי	5	5	5	6	5	4	4	5	
<i>Matching digits</i>									
ממוצע	6.70	7.00	6.85	7.00	6.50	6.27	6.50	6.65	
ס.ת.	.48	.00	.37	.00	.85	.79	.71	.63	
n	10	10	20	10	10	11	10	61	
*ערך מינימלי נורמטיבי	6	7	7	7	5	5	6	6	

*הערך המינימלי הנורמטיבי הוא הערך הנמוך ביותר שעדיין אינו שונה מהנורמה ($p > .05$) לפי t-test של (Crawford & Garthwaite, 1998), להשוואת נבדק בודד לקבוצת ביקורת. כל ערך מתחת לערך זה שונה במובהק מהנורמה.

דיון

מטרת מחקר זה הייתה לבנות בטריה מקיפה להערכת זיכרון עבודה פונולוגי בעברית. נבנתה סוללה של מבדקים הרגישים למגוון המאפיינים של הלולאה הפונולוגית. באמצעותם ניתן לאמוד את טווח הזכירה הפונולוגי של רשימות מילים ומילות תפל הרגישות למגוון המאפיינים של לולאה פונולוגית תקינה. הואיל ואוכלוסיית היעד כוללת גם נבדקים שעלולים להיות ליקויים בשלבי פלט שונים (לקסיקון פלט פונמי, באפר פונמי, תכנון מוטורי ועוד) נבנו שני סוגים של מטלות זכירה: מטלות המערבות פלט – מטלות היזכרות, ומטלות שאינן מערבות פלט – מטלות היכר. באופן זה ניתן לעשות אבחנה מبدלת בין ליקוי בחזרה על דיבור הנובע מליקוי בזיכרון קלט לבין ליקוי בחזרה הנובע מתקלה ממוקדת בשלבי הפלט הפונולוגי וכן ברמות מאוחרות יותר. על מנת שניתן יהיה לזהות צמצום בזיכרון עבודה פונולוגי, המבדקים השונים הועברו לנבדקים נורמלים בטווח גילאים של 20-77, תוך הקפדה על מינימום 10 נבדקים מכל עשור בכל מבדק. נעשו ניתוחים להשוואת הביצועים בין קבוצות הגיל השונות וכן ניתוח אפקטים המאפיינים את הלולאה הפונולוגית. נמצא שבמרבית המבדקים, למעט טווח זכירה של מילות תפל, יש הבדלים משמעותיים בין קבוצות הגיל השונות. לפיכך השימוש בבטריה מחייב השוואת כל נבדק עתידי לנורמת הגיל המותאמת לו.

אחת השאלות הרלוונטיות היא מדוע יש חשיבות בהערכת זיכרון עבודה פונולוגי ומהי תרומתו, אם בכלל, לעיבוד השפה. סוגיה זו איננה פשוטה וקיימת מחלוקת בספרות לגבי תפקידיה השונים של הלולאה. לדוגמא, מחקרים שונים מייחסים לזיכרון עבודה פונולוגי תפקיד משמעותי בהבנת שפה. ואולם בצד ראיות המצביעות על חשיבותו של זיכרון עבודה פונולוגי בהבנת משפטים מסוגים שונים (Caspari et al., 1998; Just & Carpenter, 1992; King & Just, 1991; MacDonald, Just, & Carpenter, 1992; Miyake, Carpenter, & Just, 1994; Pearlmutter & MacDonald, 1995), מצטברים דיווחים על כך שזיכרון עבודה פונולוגי אינו חיוני לכל סוגי העיבוד. מדווחות אסוציאציות בין צמצום בזיכרון עבודה פונולוגי לבין הבנת משפטים בהם קיים עומס פונולוגי-לקסיקאלי דוגמת מבחן ה- token test (Baddeley, Vallar, & Wilson, 1987; Bartha & Benke, 2003; Hanten & Martin, 2000, 2001; Martin et al., 1994; Martin & Feher, 1990; Vallar & Baddeley, 1984; Waters, Caplan, & Hildebrandt, 1991), כמו גם קושי ניכר במטלת חזרה מדויקת על משפטים (Willis & Gathercole, 2001). ואולם לא נמצא בקרב נבדקים עם צמצום בזיכרון עבודה פונולוגי קושי לעבד משפטי זיקה מורכבים כגון משפטי זיקה, סביל ואף מבני garden path (ללא מעורבות נוספת לקסיקאלית-פונולוגית) (Baddeley et al., 1987; Butterworth, Shallice, & Watson, 1990; Caplan & Waters, 1999; Friedmann & Gvion, 2003; Gvion & Friedmann, 2007; Martin & Feher, 1990; McCarthy & Warrington, 1987; Miera & Cuetos, 1998; Vallar & Baddeley, 1991; Waters & Caplan, 1996; Waters et al., 1991; Friedmann & Gvion, 2003; Gvion & Friedmann, 2007). זיכרון עבודה פונולוגי, עפ"י ראיות אלו, נחוץ להבנת משפטים שעיבודם מחייב אחזקה או נגישות חוזרת למידע פונולוגי מוקדם יותר של המשפט אך לא בהכרח למשפטים הנשענים על עיבוד שהינו סמנטי-תחבירי בטיבו. מטלות נוספות שבהן הודגם הקושי בעיבוד פונולוגי של משפטים עם עומס פונולוגי הינן מטלת שיפוט חריזה בין שתי מילים במשפט המוצבות במרחקים פונולוגים של כ-9-7 מילים זו מזו, לעומת מטלה זהה אך במרחקים קצרים. נמצא שהמרחק, שהינו למעשה עומס פונולוגי, הוא גורם מכריע בהצלחה. בעוד שאפאזים קונדוקטיבים עם צמצום בזיכרון עבודה פונולוגי קלט התקשו מאוד לבצע הכרעה במרחקים הארוכים, ביצועיהם במרחקים הקצרים היו טובים באופן משמעותי מהביצוע במרחקים הארוכים ולרוב לא היו שונים מהביצוע של נבדקי ביקורת נורמלים (Gvion & Friedmann, 2007). משפטים נוספים המחייבים נגישות חוזרת לצורה הפונולוגית של המילים, שנמצאו קשים לעיבוד בנוכחות צמצום בזיכרון עבודה פונולוגי היו משפטים המכילים מילים עם דו משמעות לקסיקאלית אשר בשלב מאוחר יותר במשפט (עמדת הדיסאמביגואציה) נדרשת היזכרות במילה הדו משמעית כדי לעבד את המשפט במשמעות שונה מזו שהוסקה בראשית העיבוד. קושי בהבנת משפטים אלו נמצא קשור גם הוא בקשר הדוק למרחק בין המילה הדו משמעית לעמדת הדיסאמביגואציה הואיל והבנת משפטים המכילים אותן מילים אך במרחקים קטנים מעמדת הדיסאמביגואציה, היתה טובה ולעיתים אף לא שונה מזו של נבדקים נורמלים (Friedmann & Gvion, 2003; Gvion & Friedmann, 2007). ממצאים דומים אף נמצאו בניסוי שבחן הבנת סוגים שונים של garden path שהראה שמשפטי garden path אשר מכילים, בצד הדו משמעות המבנית גם דו משמעות לקסיקאלית, קשים במיוחד בנוכחות צמצום בזיכרון עבודה

פונולוגי בעוד שהבנתם של האפזים במשפטי garden path שבהם קיימת רק עמימות זמנית לגבי העיבוד התחבירי לא נמצאה שונה מזו של נבדקים נורמלים (Friedmann & Gvion, 2007). המסקנות אם כן הן שהלולאה הפונולוגית חשוכה להבנת משפטים, אך לא לכל סוגי המשפטים, כי אם רק למשפטים שבהם נדרש עיבוד פונולוגי. לפיכך, למדידת קיבולת ותפקוד הלולאה יש חשיבות ניבויית בנוגע להבנת משפטים הנשענים על עיבוד זה. מחקרים אחרים מצביעים גם על שימושים נוספים ללולאה הפונולוגית. נמצאו מתאמים בין זיכרון עבודה פונולוגי לבין עירנות פונולוגית ויכולת הקריאה (Gathercole & Baddeley, 1993) דבר שיכול להעיד על הזיקה בין זכירה לבין ביסוס קשרי המרה פונמיים-גרפמיים שהינם קריטיים לרכישת קריאה וכתיבה. נמצאו גם מתאמים בין טווחי זכירה של מילות תפל ואוצר מילים בקרב ילדים עם ליקויים התפתחותיים (Gathercole & Baddeley, 1989). קושי דומה דווח גם ביכולת לרכוש מילים חדשות בשפות זרות כאשר זיכרון העבודה הפונולוגי נפגע (Papagno, Valentine, & Baddeley, 1991). לסיכום, לאור תפקידה של הלולאה הפונולוגית בעיבוד שפה, בהבנת משפטים הנשענים על עומס ועיבוד פונולוגי, ברכישת הקריאה והכתיבה וכן ברכישת אוצר מילים, יש חשיבות רבה לקיומם של כלי בדיקה ספציפיים. בעבודה זו נבנתה סוללת בדיקה ספציפית בעברית להערכת הלולאה הפונולוגית. מבדקי הסוללה השונים נבדקו על נבדקים נורמלים בגילאי 7-20 לשם בניית בסיס נתונים נורמטיבי אליו ניתן יהיה להשוות ביצועיהם של נבדקים עם חשד לקיומו של צמצום בזיכרון עבודה פונולוגי.

מקורות

- Awh, E., Smith, E. E., & Jonides, J. (1995). Human rehearsal processes and the frontal lobes: PET evidence. *Annual NY Academy of Science*, 769, 97-117.
- Baddeley, A. (1997). *Human memory theory and practice*. Hove, UK: Psychology Press.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- Baddeley, A. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders*, 36, 189-208.
- Baddeley, A. D. (2004). The psychology of memory. In A. D. Baddeley, M. D. Kopelman, & B. A. Wilson (Eds.), *The essential handbook of memory disorders for clinicians*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation*. New York: Academic Press.
- Baddeley, A., Vallar, G., & Wilson, B. (1987). Sentence comprehension and phonological memory: Some neuropsychological evidence. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII. The psychology of reading*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers Hillsdale.
- Baddeley, A. D., & Wilson, B. A. (1985). Phonological coding and short-term memory in patients without speech. *Journal of Memory and Language*, 24, 490-502.
- Barresi, B. A., & Lindfield, K. C. (2000). Short-term verbal memory in a patient with conduction aphasia. *Brain and Language*, 74, 491-494.
- Bartha, L., & Benke, T. (2003). Acute conduction aphasia: An analysis of 20 cases. *Brain and Language*, 85, 93-108.
- Bishop, D., & Robson, J. (1989). Unimpaired short term memory and rhyme judgment in congenitally speechless individuals: Implications for the notion of articulatory coding. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 123-140.

- Bourassa, D. C., & Besner, D. (1994). Beyond the articulatory loop: A semantic contribution to serial order recall of subspan lists. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1, 122-125.
- Brooks, J. O. III, & Watkins, M. J. (1990). Further evidence of the intricacy of memory span. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16, 1134-1141.
- Butterworth, B. (1992). Disorders of phonological encoding. *Cognition*, 42, 261-286.
- Butterworth, B., Shallice, T., & Watson, F. (1990). Short-term retention of sentences without "short-term memory". In G. Vallar & T. Shallice (Eds.), *The neuropsychological impairments of short-term memory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Caplan, D., & Waters, G. S. (1999). Verbal working memory and sentence comprehension. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 77-126.
- Caramazza, A., Capasso, R., & Miceli, G. (1996). The role of the graphemic buffer in reading. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 673-698.
- Caramazza, A., Miceli, G., Villa, G., & Romani, C. (1987). The role of the graphemic buffer in spelling: Evidence from a case study of acquired dysgraphia. *Cognition*, 26, 59-85.
- Caspari, I., Parkinson, S. R., LaPointe, L. L., & Katz, R. C. (1998). Working memory and aphasia. *Brain and Cognition*, 37, 205-223.
- Dalezman, J. J. (1976). Effects of output order on immediate, delayed, and final recall performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2, 597-608.
- Daneman, M., & Carpenter, P. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Ellis, A. W., & Young, A. W. (1996). *Human cognitive neuropsychology*. Hove, UK: Erlbaum.
- Franklin, S., Buerk, F., & Howard, D. (2002). Generalized improvement for a subject with reproduction conduction aphasia. *Aphasiology*, 16, 1087-1114.
- Freedman, M. L., & Martin, R. (2001). Dissociable components of short-term memory and their relation to long-term learning. *Cognitive Neuropsychology*, 18, 193-226.
- Friedmann, N., & Gvion, A. (2003). Sentence comprehension and working memory limitation in aphasia: A dissociation between semantic-syntactic and phonological reactivation. *Brain and Language*, 86, 23-39.
- Friedmann, N., & Gvion, A. (2007). As far as individuals with conduction aphasia understood these sentences were ungrammatical: Garden path in conduction aphasia. *Aphasiology*, 21, 570-586.
- Friedrich, F. J., Glenn, C. G., & Marin, O. S. M. (1984). Interruption of phonological coding in conduction aphasia. *Brain and Language*, 22, 266-291.
- Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1989). Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: A longitudinal study. *Journal of Memory and Language*, 28, 200-213.
- Gathercole, S. E. & Baddeley, A. D. (1993). *Working memory and language*. Hove, England: Erlbaum.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Hall, M., & Peaker, S. M. (2001). Dissociable lexical and phonological influences on serial recognition and serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 1-30.
- Gil, M., & Edelstein, C. (2001). *Hebrew version of the PALPA*. Ra'anana, Israel: Loewenstein Hospital Rehabilitation Center.
- Gvion, A., & Friedmann, N. (2007). Is phonological working memory involved in sentence comprehension? The difference between phonological and semantic reactivation. In Y. Falk (Ed.), *Proceedings of the 19th IATL conference*.
- Haarmann, H., & Usher, M. (2001). Maintenance of semantic information in capacity-limited item short-term memory. *Psychonomic Bulletin and Review*, 8, 568-578.
- Hanten, G., & Martin, R. C. (2000). Contributions of phonological and semantic short-term memory to sentence processing: Evidence from two cases of closed head injury in children. *Journal of Memory and Language*, 43, 335-361.
- Hanten, G., & Martin, R. C. (2001). A developmental phonological short-term memory deficit: A case study. *Brain and Cognition*, 45, 164-188.

- Howard, D., & Franklin, S. (1990). Memory without rehearsal. In G. Vallar & T. Shallice (Eds.), *Neuropsychological impairments of short-term memory* (pp. 287-318). Cambridge: Cambridge University Press.
- Howard, D., & Nickels, L. (2005). Separating input and output phonology: Semantic, phonological, and orthographic effects in short-term memory impairment. *Cognitive Neuropsychology*, *22*, 42-77.
- Hulme, C., Maughan, S., & Brown, G. D. A. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words: Evidence for a long-term contribution to short-term memory. *Journal of Memory and Language*, *30*, 685-701.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Schweickert, R., Brown, G. D. A., Martin, S., & Stuart, G. (1997). Word frequency effects on short-term memory tasks: Evidence for a reintegration process in immediate serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *23*, 1217-1232.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, *99*, 122-149.
- Kay, J., Lesser, R., & Coltheart, M. (1992). *PALPA: Psycholinguistic Assessments of Language Processing in Aphasia*. Hove, UK: Erlbaum.
- King, J. W., & Just, M. A. (1991). Individual differences in syntactic processing: The role of working memory. *Journal of Memory and Language*, *30*, 580-602.
- Knott, R., Patterson, K., & Hodges, J. R. (1997) Lexical and semantic binding effects in short-term memory: Evidence from semantic dementia. *Cognitive Neuropsychology*, *14*, 1165-1216.
- MacDonald, M. C., Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). Working memory constraints on the processing of syntactic ambiguity. *Cognitive Psychology*, *24*, 56-98.
- Martin, N., Ayala, J., & Saffran, E. M. (2002). Lexical influences on serial position effects in verbal STM span in aphasia. *Brain and Language*, *83*, 92-95.
- Martin, N., & Gupta, P. (2004). Exploring the relationship between word processing and verbal short-term memory: Evidence from associations and dissociations. *Cognitive Neuropsychology*, *21*, 213-228.
- Martin, N., & Saffran, E. M. (1997). Language and auditory verbal short-term memory impairments: Evidence for common underlying processes. *Cognitive Neuropsychology*, *14*, 641-682.
- Martin, R. C. (1987). Articulatory and phonological deficits in short-term memory and their relation to syntactic processing. *Brain and Language*, *32*, 159-192.
- Martin, R. C., & Breedin, S. D. (1992). Dissociations between speech perception and phonological short-term memory deficits. *Cognitive Neuropsychology*, *9*, 509-534.
- Martin, R. C., Breedin, S. D., & Damian M. F. (1999). The relation of phoneme discrimination, lexical access, and short-term memory: A case study and interactive activation account. *Brain and Language*, *70*, 437-482.
- Martin, R. C., & Feher, E. (1990). The consequences of reduced memory span for the comprehension of semantic versus syntactic information. *Brain and Language*, *38*, 1-20.
- Martin, R.C., & He, T. (2004). Semantic short-term memory and its role in sentence processing: A replication. *Brain and Language*, *89*, 76-82.
- Martin, R. C., & Lesch, M. F. (1995). Correspondences and dissociations between single word processing and short-term memory. *Brain and Language*, *51*, 220-223.
- Martin, R. C., Lesch, M. F., & Bartha, M. C. (1999). Independence of input and output phonology in word processing and short term memory. *Journal of Memory and Language*, *41*, 2-29.
- Martin, R. C., & Romani, C. (1994). Verbal working memory and sentence comprehension: A multiple-components view. *Neuropsychology*, *8*, 506-523.
- Martin, R. C., Shelton, J. R., & Yaffee, L. S. (1994). Language processing and working memory: Neuropsychological evidence for separate phonological and semantic capacities. *Journal of Memory and Language*, *33*, 83-111.
- McCarthy, R. A., & Warrington, E., K. (1987). Understanding: A function of short term memory? *Brain*, *110*, 1565-1578.

- Miera, G., & Cuetos, F. (1998). Understanding disorders in agrammatic patients: Capacity or structural deficits? *Brain and Language*, *64*, 328-338.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *The psychological Review*, *63*, 81-97.
- Miyake, A., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1994). A capacity approach to syntactic comprehension disorders: Making normal adults perform like aphasic patients. *Cognitive Neuropsychology*, *11*, 671-717.
- Nickels, L. (1997). *Spoken word production and its breakdown in aphasia*. Hove, UK: Psychology Press.
- Nickels, N., Howard, D., & Best, W. (1997). Fractionating the articulatory loop: Dissociations and associations in phonological recoding in aphasia. *Brain and Language*, *56*, 161-182.
- Papagno, C., Valentin, T., & Baddeley, A. D. (1991). Phonological short-term memory and foreign language vocabulary learning. *Journal of memory and Language*, *30*, 331-347.
- Patterson, K. E., & Shewell, C. (1987). Speak and spell: Dissociations and word class effects. In Coltheart, M., Job, R., & Sartori, G. (Eds.), *The Cognitive Neuropsychology of Language*, (pp. 273-294). Hove: Erlbaum.
- Pearlmuter, N. J., & Macdonald, M. C. (1995). Individual differences and probabilistic constraints in syntactic ambiguity resolution. *Journal of Memory and Language*, *34*, 521-542.
- Poirier, M., & St. Aubin, J. (1995). Memory for related and unrelated words: Further evidence on the influence of semantic factors in immediate serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *48A*, 384-404.
- Romani, C. (1992). Are there distinct output buffers? Evidence from a patient with an impaired output buffer. *Journal of Language and Cognitive Processes*, *7*, 131-162.
- Romani, C., & Martin, R. (1999). A Deficit in the short-term retention of lexical-semantic information: Forgetting words but remembering a story. *Journal of Experimental Psychology: General*, *128*, 56-77.
- Saffran, E. M. (1990). Short-term memory impairment and language processing. In A. Caramazza (Ed.), *Advances in cognitive neuropsychology and neurolinguistics*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Saffran, E. M., & Martin, N. (1990). Neuropsychological evidence for lexical involvement in short term memory. In G. Vallar & T. Shallice (Eds.), *Neuropsychological impairments of short-term memory* (pp. 145-166). Cambridge: Cambridge University Press.
- Shallice, T., Rumiati, R. I., & Zadini, A. (2000). The selective impairment of the phonological output buffer. *Cognitive Neuropsychology*, *17*, 417-546.
- Shallice, T., & Vallar, G. (1990). The impairment of auditory-verbal short-term storage. In G. Vallar & T. Shallice (Eds.), *Neuropsychological impairments of short-term memory* (pp. 287-318). Cambridge: Cambridge University Press.
- Shallice, T., & Warrington, E. K. (1977). Auditory-verbal short-term memory impairment and conduction aphasia. *Brain and Language*, *4*, 479-491.
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, *283*, 1657-1661.
- Tompkins, C. A., Bloise, C. G. R., Timko, M. L., & Baumgaertner, A. (1994). Working memory and inference revision in brain damaged and normally aging adults. *Journal of Speech and Hearing Research*, *37*, 869-912.
- Vallar, G. (2004). Neuroanatomy of cognition, neuroanatomy and cognition. *Cortex*, *40*, 223-225.
- Vallar, G. (2006). Memory systems: The case of phonological short-term memory. *Cognitive Neuropsychology*, *23*, 1-21.
- Vallar, G., & Baddeley, A. D. (1984). Phonological short-term store, phonological processing and sentence comprehension: A neuropsychological case study. *Cognitive Neuropsychology*, *1*, 121-141.
- Vallar, G., Di Betta, A. M., & Silveri, M. C. (1997). The phonological short-term store-rehearsal system: Patterns of impairments and neural correlates. *Neuropsychologia*, *35*, 795-812.

- Walker, I., & Hulme, C. (1999). Concrete words are easier to recall than abstract words: Evidence for a semantic contribution to short-term serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 1256-1271.
- Waters, G. S., & Caplan, D. (1996). Processing resource capacity and the comprehension of garden path sentences. *Memory and Cognition*, 24, 342-355.
- Waters, G., Caplan, D., & Hildebrandt, N. (1991). On the structure of verbal short-term memory and its functional role in sentence comprehension: Evidence from neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 81-126.
- Waters, G. S., Rochon, E., & Caplan D. (1992). The role of high-level speech planning in rehearsal: Evidence from patients with apraxia of speech. *Journal of Memory and Language*, 31, 54-73.
- Willis, C. S., & Gathercole, S. E. (2001). Phonological short-term memory contributions to sentence processing in young children. *Memory*, 9, 349-363.
- Wilshire, C. E., & McCarthy, R. A. (1996). Experimental investigations of an impairment in phonological encoding. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 1059-1098.
- Wright, H. H., & Shisler, R. J. (2005). Working memory in aphasia: Theory, measures, and clinical implications. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 14, 107-118.

נספח

ביצועי ילדים ומתבגרים תקינים במבדקי זכירה מסוג היזכרות והיכר

מבדק	גיל	9-10	14-14.11	15-15.11
בסיסי				
ממוצע		4.60	4.97	5.14
ס.ת.		0.54	0.61	0.69
n		10	15	7
*ערך מינימלי נורמטיבי		4	4	4
דומה פונ'י				
ממוצע			3.92	4.14
ס.ת.			0.45	0.24
n			13	7
*ערך מינימלי נורמטיבי			3.5	4
אפקט דומות				
ממוצע			1.08	1.25
ס.ת.			0.42	0.61
n			12	6
*ערך מינימלי נורמטיבי			0.5	-
ארוך (4 הברות)				
ממוצע		3.90	4.04	4.38
ס.ת.		0.37	0.37	0.58
n		10	14	8
*ערך מינימלי נורמטיבי		3	3.5	3.5
אפקט אורך				
ממוצע		0.61	0.93	0.58
ס.ת.		0.45	0.51	0.66
n		10	14	6
*ערך מינימלי נורמטיבי		-	0.5	-
מילות תפל				
ממוצע		3.0	3	3.38
ס.ת.		0.45	0.21	0.44
n		10	12	8
*ערך מינימלי נורמטיבי		2	3	3
אפקט לקסיקאלי				
ממוצע		1.22	1.92	1.6
ס.ת.		0.33	0.70	0.65
n		10	12	5
*ערך מינימלי נורמטיבי		1	1	0.5
ספרות				
ממוצע			5.93	6.5
ס.ת.			0.93	0.71
n			7	2
*ערך מינימלי נורמטיבי			4.5	
Matching words				
ממוצע			5.83	5.75
ס.ת.			0.94	1.5
n			12	4
*ערך מינימלי נורמטיבי			4.5	