



אוניברסיטת תל-אביב  
בית הספר לחינוך  
ע"ש חיים וג'ואן קונסטנטינר  
החוג להיבטים התפתחותיים בחינוך

## **משבעה גמדים לארבעה גמלים : הבדלים בין הפקת מילים למספרים**

עבודה לקראת התואר "מוסמך במדעי הרוח" (MA)  
במגמה לחינוך מיוחד

על ידי  
דרור דותן

העבודה התבצעה בהנחייתה של פרופ' נעמה פרידמן

18 / 10 / 2007

ליאיר

תודה לכל מי שהיתה לו יד בהשלמת העבודה הזו.

תודה מכל הלב לששת הנבדקים שהשתתפו במחקר: שמואל, נירה, יצחק, חביב, ז'ניה ושושנה. ביליתי עשרות שעות עם כל אחד מכם, ותודתי לכם על כך שהצלחתם להפוך את הזמן הזה לחווייה מוצלחת. אבל בעיקר – ואני מצטער אם זה יישמע קלישאה אבל זה ממש לא – זו היתה עבורי הפעם הראשונה לפגוש מי שעברו ארוע מוחי. הגעתי בציפייה ללמוד על שפה, מוח ותהליכים קוגניטיביים, וגיליתי שלמדתי לא פחות מכך על אומץ, על התמודדות ועל היכולת להמשיך הלאה. תודה.

תודה לכל מי שעזר לי לאורך הדרך: ל-ד' על הדיונים הארוכים, על ההצעות ועל העזרה בעיצוב. ליוליה, לאביה ולשרון על קריאת הגירסאות האחרונות של העבודה. ושוב לאביה, וגם למיכל, לנורית, ולמאיה על העזרה עם הנבדקים, עם הטסטים ועם ניגוסים אחרים. לעינת ודרור שתירגמו לי את צילומי ה-CT. לעדי ולמאיה על עיבוד החומר.

תודה ענקית ומיוחדת לנעמה. על העזרה לאורך כל הדרך – החל מבחירת הנושא לעבודה ועד לשלבי הכתיבה האחרונים. על העידוד ועל כך שהצעת את הכוון הנכון ברגעים שנדמה היה שהגעתי לדרך ללא מוצא. על כך שלמדתי ממך כל כך הרבה במהלך הדרך. ויותר מכל, על זה שהיה כיף לעבוד יחד.

## ת ק צ י ר

סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות (סט"פ) היא תופעה בה אפאזים, שמפיקים מילים עם טעויות פונולוגיות, מצליחים להפיק מילות מספר ללא טעויות כאלה. סלקטיביות הטעויות הסמנטיות (סט"ס) היא תופעה הפוכה – חולים המפיקים מילות מספר עם טעויות סמנטיות, אך טעויות כאלה לא קיימות אצלם במילים רגילות. במקרים מסויימים שתי התופעות מתקיימות במקביל אצל אותו אדם (סטפ"ס), כך שהוא מפיק מילים רגילות עם טעויות פונולוגיות ומספרים עם טעויות סמנטיות. מחקר זה מנסה לתהות על מקורן של התופעות האלה.

במחקר השתתפו שישה אפאזים קונדוקטיבים. הקריטריון להכללתם במחקר היה קיומן של טעויות פונולוגיות בדיבור. מצאנו שלכולם פגיעה סלקטיבית בהפקת דיבור, בעוד ההבנה שלהם נותרה תקינה. כמו כן זיהינו כי כולם פגועים בבאפר הפלט הפונולוגי, וחלקם גם בלקסיקון הפלט הפונולוגי.

המשתתפים ביצעו סידרה של מטלות כדי לבדוק אם תופעת סטפ"ס קיימת אצלם, ומה מקורה. התופעה התקיימה אצל כולם: בהפקת מספרים לא הופיעו אצלם טעויות פונולוגיות, אלא טעויות סמנטיות. מצאנו גם כי קיימים סוגים נוספים של מילים שמתנהגות כמו מספרים – גם במילים אלה אין טעויות פונולוגיות ויש טעויות סמנטיות: מילות פונקציה פרודות וחבורות, אותיות, מוספיות מורפולוגיות, ובהקשרים מסויימים – כמעט כל מילה. כמו כן מצאנו כי תופעת סטפ"ס היא תלוית-הקשר במוכן זה שהיא מתקיימת רק כאשר מילות המספר ומילות הפונקציה מופיעות בהקשר ה"טבעי" שלהן.

העלינו מספר השערות לגבי מקורה של תופעת סטפ"ס. הממצאים תמכו בבירור בהשערה שהועלתה ע"י Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997), לפיה מערכת ההפקה מטפלת ביחידות פונולוגיות אטומיות בגדלים שונים: במילים "רגילות", היחידות האלה הן פונמות. במספרים ומילות פונקציה היחידות האלה הן מילה שלמה. גם מוספיות מורפולוגיות הן יחידות כאלה. פגיעה ברכיבים הפונולוגיים במערכת ההפקה תתבטא בהחלפת יחידה פונולוגית באחרת, או ערבוב הסדר שלהן, אך היחידות הפונולוגיות עצמן הן אטומיות ולא "נשברות" באמצע.

כל ההשערות האחרות שהעלינו הופרכו. פסלנו השערה שמציעה כי קיים רכיב ייצור תבנית מספר בין הסמנטיקה לבין לקסיקון הפלט הפונולוגי, ותולה את תופעת סטפ"ס בכך. הופרכו ההשערות שמסבירות את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות כנובעת מתדירותן הגבוהה של מילות מספר, מהעובדה שהן נלמדות בתור רצף, או שמסבירות אותה כפגיעה סלקטיבית בלקסיקון הפלט הפונולוגי הרגיל, בזמן שקיים לקסיקון פלט פונולוגי נפרד למילות מספר, שנותר תקין. הופרכה גם השערה שמסבירה את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות בכך שמילות מספר מהוות שדה סמנטי שבין אבריו מפרידה רק תכונת אחת (ערך המספר).

מהמחקר עלו כמה מסקנות לגבי המבנה של מערכת ההפקה של מילים: הסקנו כי קיימים מספר "מאגרונים" פונולוגיים, שמכילים את מילות המספר, מילות הפונקציה והמורפמות, כאשר הן כבר

---

מורכבות – כלומר, הפונמות שלהן כבר חוברו והן מוכנות לארטיקולציה. מאגרונים פונולוגיים אלה מהווים רכיב זכרון ארוך-טווח פוסט-לקסיקלי, כלומר צמוד לבאפר הפלט הפונולוגי. בנוסף למאגרונים אלה קיים מאגר זמני, שדומה להם בכך שהוא מכיל מילים שכבר הורכבו והוכנו לארטיקולציה, אך הוא תלוי-הקשר ויכול להכיל כל מילה שהיא.

הסקנו גם כי המילים המועברות מלקסיקון הפלט הפונולוגי אל באפר הפלט הפונולוגי אינן כוללות מוספיות מורפולוגיות. אלה נשמרות במאגרון משלהן, ומחוברות עם בסיס המילה כחלק משלב התכנון הפונולוגי.

המסקנה האחרונה שעלתה מהמחקר היא כי קיים רכיב שתפקידו לייצר את תבנית המספר, בנוסח זה שתואר ע"י McCloskey (1992). רכיב זה צמוד כנראה ללקסיקון הפלט הפונולוגי. הקלט של הרכיב הוא צורה כלשהי של מספר שיש להפיק, והוא בונה את רצף המילים שמרכיבות את אותו מספר. הרכיב לא מייצר את צורתן הפונולוגית של המילים: זו נלקחת מ"מאגרון המספרים" שתואר לעיל.

באופן כללי, מהמחקר עולה כי שלב התכנון הפונולוגי הוא מורכב יותר וכולל פונקציות רבות יותר ממה שהיה מקובל לתאר עד כה, וכי מילות מספר מעובדות באופן שונה ממילים רגילות, וככל הנראה בדומה למורפמות.

## Abstract

The *Stimulus Type Effect on Phonological errors* (STEP) is a phenomenon in which aphasic patients, who pronounce ordinary words with phonological errors, succeed in producing number words without such errors. The *Stimulus Type Effect on Semantic errors* (STES) is an opposite phenomenon – patients who produce semantic errors in number words but not in ordinary words. In certain cases the two phenomena co-exist in the same person (STEPS), and this person produces ordinary words with phonological errors and numbers with semantic errors. This study tried to track the sources of these phenomena.

Six individuals with conduction aphasia participated in the study, all of whom had phonological errors in their speech. We found that they all had selective impairment in the speech production modules, whereas their comprehension was intact. All participants had impairment in the phonological output buffer, and some had phonological output lexicon impairment as well.

The participants performed an extensive line of tasks in order to examine whether a STEPS pattern is revealed in their speech, and in order to track its origin. The pattern was indeed observed in the speech of all six participants: while saying number words, they had virtually no phonological errors, but they did have many semantic errors (saying “seven” for “three”, for example).

We discovered that several other word categories are produced, like number words, with semantic rather than phonological errors: function words, letters, morphological affixes, and in certain contexts – almost any word. We also discovered that the STEPS phenomenon is context-dependent: it occurs only when the number or function-word appears in its “natural” context.

We evaluated several hypotheses that tried to explain the STEPS phenomenon. The findings clearly support a hypothesis suggested by Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997). According to this hypothesis, the processing units in the production system are atomic phonological segments of various sizes: the processing units of ordinary words are phonemes, but the processing units of number words and function words are whole words. Morphological affixes also form atomic phonological processing units. An impairment in the phonological stages of the production system will cause mis-selection or shuffling of phonological units, but each phonological unit is atomic and is almost never “broken”.

The results of the study were inconsistent with all the other hypotheses we tested. One hypothesis assumed the existence of a number-form-production module between the semantics and the phonological output lexicon, and attributed the STEPS phenomenon to it. Other

---

hypotheses suggested that the stimulus type effect on phonological errors happens because the frequency of number words is high, because they are learned as a sequence, or because of a selective impairment in the standard phonological output lexicon, whereas a separate, number-specific lexicon was spared. The last refuted hypothesis suggested that the semantic errors are more frequent in number words because these words form a uni-dimensional semantic field, in which only one semantic feature – the numeric value – is used to identify the field members.

Several conclusions can be drawn from this study regarding the structure of the word production system: we believe that there are few phonological “mini-stores”, each containing words of a specific category – number words, function words or morphemes – as pre-assembled units: their phonemes were already combined and they are ready for articulation. These mini-stores are a post-lexical long-term memory component. In addition to the mini-stores, a temporary phonological store exists which resembles the mini-stores in the sense that it contains pre-assembled words, but functions like cache memory: it is context-dependent and can contain any word whatsoever, according to the context and the task.

We also found support to the claim that information transferred from the phonological output lexicon to the output buffer does not include morphological affixes. These affixes are stored in their own mini-store, and are affixed to the word as part of the phonological planning stage.

The last conclusion of this study is the existence of a component which generates the number form, as described by McCloskey (1992). McCloskey already provided evidence for its existence, but we were now able to locate it at the stage of the phonological output lexicon. The input of this component is information regarding the number to be produced, and it creates the sequence of number words that represents the desired number. The component does not create the phonological form of the number words: this form is taken from the number words mini-store that we described above.

In general, this study shows that the phonological planning stage is more complicated and involves more functions than previously assumed. It also shows that number words are processed in a different manner from ordinary words, in pathways that seem to resemble the processing of morphemes.

---

## תוכן העניינים

1	מבוא.....
1	מודלים קוגניטיביים להפקת דיבור.....
4	מודלים קוגניטיביים לעיבוד מספרים.....
6	הפקת מילים ומספרים.....
10	"למה?" : השערות לגבי מקורה של תופעת סטפ"ס.....
17	משתתפים.....
19	שיטה.....
20	מיקום הפגיעה של המשתתפים.....
20	לקות קלט או פלט?.....
23	לקות בלקסיקון הסמנטי או במערכת הפונולוגית?.....
25	לקות בבאפר הפלט הפונולוגי או בלקסיקון הפלט הפונולוגי?.....
36	זיהוי מקום הפגיעה : סיכום.....
37	עיבוד מספרים.....
40	שחזור תופעת סטפ"ס.....
45	מאפיינים נוספים של הטעויות בהפקת מספרים.....
47	מקורה של תופעת סטפ"ס.....
47	השערת "הגודל לא קובע".....
57	השערת הרכיב התבניתי.....
63	השערות דו-גורמיות.....
64	השערת השדה הסמנטי החד-ממדי.....
69	השערת התדירות.....
72	עקרון הרצף.....
74	השערת הלקסיקון הנפרד.....
75	סיכום ביניים : ממצאים צפויים וצפויים-פחות.....
76	סטפ"ס : חשיבותו של ההקשר.....
83	דיון.....

---

בגיל 76 הגיע אדם לבית החולים בפריס לאחר שיום אחד דיבורו הפך לג'יבריש מוחלט. לחולה, מורה בפנסיה, נערכה סדרת בדיקות שבמהלכה התברר שהוא עבר ארוע מוחי מסוג אטם, וכתוצאה מהארוע הוא סובל מאפאזית ורניקה שמתבטאת בז'רגון ניאולוגיסטי – הגייה של רצפי הברות חסרי-פשר. כמעט שני שלישי מהמילים שאמר היו חסרות מובן. למרבה ההפתעה התגלה כי כאשר הוא התבקש לומר מספרים הז'רגון נעלם, והוא הצליח להפיק מספרים תקינים בלמעלה מ-98% מהמקרים – אם כי לא את המספרים שהתכוון לומר, אלא מספרים אחרים.

המקרה הזה, שתואר ע"י Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997), מעניין במיוחד בגלל ההבדל התהומי בדפוס הטעויות שאנו רואים בין הפקת מספרים לבין הפקת מילים "רגילות": בהפקת מילים רגילות כמעט כל הטעויות היו פונולוגיות (כגון קישקוש ← קישמוש), בעוד בהפקת מספרים הטעויות היו סמנטיות – החלפה של מילת-מספר שלמה באחרת (כגון ארבעים ושתיים ← שלושים ושתיים) או שיבוש תבנית המספר (למשל 13 ← מאה ושלוש). ההבדלים בדפוס הטעויות עשויים להצביע על צורת עיבוד שונה למילים ולמספרים, ואולי אפילו על מנגנוני עיבוד נפרדים לגמרי. עבודה זו מנסה להתחקות אחרי מקורם של ההבדלים האלה.

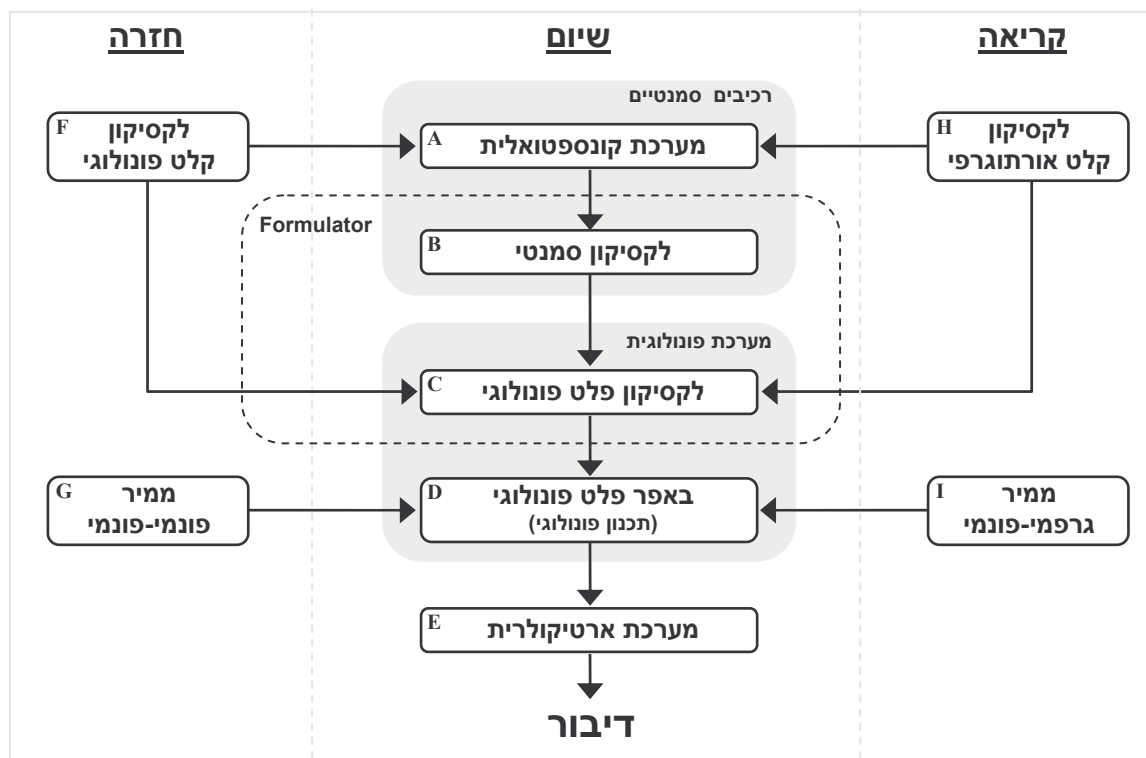
## מודלים קוגניטיביים להפקת דיבור

### ש י ו מ

מודלים להפקת דיבור מתארים, לרוב, מספר שלבים בתהליך ההפקה. עפ"י Levelt (1992), התהליך מתחיל בייצוג קונספטואלי לא מילולי של המסר. זה מועבר ל-formulator, שמבצע מספר דברים: הוא מייצר את המבנה התחבירי של המשפט (מבנה השטח, שנוצר ע"י מעבד דקדוקי); והוא מייצר את הצורה הפונולוגית של המילים. גם צורה זו לא מתקבלת בבת אחת אלא בשני שלבים: הראשון הוא שליפה לקסיקלית – הפעלת הייצוג הלקסיקאלי-סמנטי של כל מילה (כחלק מהעיבוד הדקדוקי). ייצוג זה כולל את משמעותה המלאה של המילה ואת המידע התחבירי הרלוונטי, אבל לא את הצורה הפונולוגית שלה. זו נשלפת בשלב הבא, הקידוד הפונולוגי של המילה.

Ellis and Young (1988) תיארו תהליך דומה: הייצוג הקונספטואלי של המילה מפעיל את הייצוג הסמנטי שלה (lemma); הצורה הפונולוגית שלה נשלפת אז מלקסיקון הפלט הפונולוגי, ומועברת אל כאפר הפלט הפונולוגי, רכיב זיכרון ששומר אותה עד סיום הגיית המילה בקול ע"י המערכת הארטיקולטורית, שמייצרת את צילי הדיבור בפועל.

העמודה המרכזית בתרשים 1 מציגה את התהליך שמתואר ע"י שני המודלים לעיל.



תרשים 1: מודל להפקת מילים

ההבחנה בין שליפת המידע הסמנטי לגבי מילה לבין שליפת המידע הפונולוגי לגביה היא הבחנה מקובלת. חלק מהמודלים מתארים תהליך בו הייצוג הסמנטי של המילה נשלף ראשון והייצוג הפונולוגי אחריו, כפי שמתואר בתרשים 1 (Levelt, 1992). על-פי מודלים אחרים, שני סוגי המידע נשלפים במקביל (Caramazza, 1997; Caramazza & Miozzo, 1997). מקרים שבהם לדובר יש מידע סמנטי מלא על המילה אך מידע פונולוגי חלקי או חסר מעידים על כך שהמנגנונים הסמנטי והפונולוגי הם נפרדים (Brown, 1991), וניתן לראותם גם כחזוק לטענה לפיה השליפה הסמנטית מתרחשת בשלב מוקדם יותר. כאשר האדם דובר כמה שפות, עשויה להיות הפרדה בין השפות ברמת לקסיקון הפלט הפונולוגי (Costa, Miozzo, & Caramazza, 1999; Roelofs, 2003). גם ראה גם (Roelofs, 2003).

לקסיקון הפלט הפונולוגי לא מאחסן כל מילה כמקשה אחת: המידע בו מחולק למידע מטרי, שמתאר את מעטפת המילה (כגון מספר הברות ומיקום הטעם), ומידע סגמנטלי, שכולל את העיצורים וההברות במילה (Butterworth, 1992; Levelt, 1992). החיבור של שני סוגי המידע מתבצע בשלב התכנון הפונולוגי, והוא שיוצר את הצורה הפונולוגית המלאה של המילה ושומר אותה בבאפר הפלט הפונולוגי, רכיב הזיכרון ששייך לשלב זה. סיבה שעשויה לגרום להפרדה זו בין שני סוגי המידע היא העובדה שכאשר מילה מופיעה בתוך משפט שלם, הצורה הפונולוגית שלה עשויה להשתנות – למשל, "בוא הנה" הופך ל"בונה". שמירת המילה מופרדת למרכיבים במקום בצורתה השלמה מאפשרת למערכת ההפקה להיות פרודוקטיבית, ולא לייצר מילים תמיד באותו אופן בדיוק. בכך היא מקלה על הפקת המילים באופן שונה בהקשרים שונים (Levelt, 1992). יש לציין כי אין הסכמה בין החוקרים לגבי החלוקה המדויקת בין מידע מטרי לסגמנטלי: לדוגמה, האם המידע המטרי כולל פרזודיה (Butterworth, 1992), או האם יש ייצוגים נפרדים לעיצורים ותנועות (Caramazza, Chialant, Capasso, & Miceli, 2000).

אם כל רכיב במודל קיים באיזור מסויים במוח, הרי שהוא עשוי להיפגע באופן סלקטיבי, בלי שהרכיבים האחרים נפגעים – דבר שיתבטא בדפוס מסויים של טעויות בדיבור. כך, פגיעה בלקסיקון הסמנטי עלולה לגרום לאי-דיוקים שיתבטאו בפרפזיה סמנטית – החלפת מילה במילה שדומה לה מבחינת המשמעות (למשל, עיראק ← לבנון). פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי או בבאפר הפלט הפונולוגי תתבטא בטעויות פונולוגיות: אם המידע הפונולוגי של המילה נעלם לחלוטין נראה ניאולוגיזם – הגייה של רצף פונמות חסר-משמעות (למשל, עיראק ← ג'לוים). במקרים רבים המידע הפונולוגי של המילה לא נעלם לחלוטין אלא חלקו נשמר, דבר שיתבטא בטעויות קלות יותר: פרפזיה פורמלית – החלפה של מילה במילה קיימת שדומה לה פונולוגית (עיראק ← שיראק); פרפזיה פונמית – החלפה של המילה במילה דומה פונולוגית שאינה קיימת (עיראק ← עיקאק); תופעות של "על קצה הלשון" עם מידע חלקי (עיראק ← לא יודע, זה מתחיל ב-ע); גישוש (עיראק ← עי... עיד... עיראק); או שגיאות בשיכון הסגמנטים במעטפת, למשל עיראק ← עיקר או ריעאק (Biran & Friedmann, 2005).

## קריאה

תרשים 1 מתאר לא רק הפקת מילה מתוך המערכת הקונספטואלית, אלא גם מה קורה בזמן חזרה על מילים שמושמשות לנו, ובזמן קריאת מילים כתובות. לגבי קריאה, המודל הדו-מסלולי לקריאת מילה בודדת (Ellis & Young, 1988) מתאר שלושה מסלולי קריאה שונים. המסלולים יתוארו בפירוט רב יותר בהמשך (בעמ' 26), אך מתוארים כאן בקיצור.

שניים ממסלולי הקריאה מתחילים בזיהוי של מילה כתובה המופקרת לקורא ע"י לקסיקון הקלט האורתוגרפי. במסלול הקריאה הסמנטי ( $H \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$  בתרשים), ייצוג המילה הכתובה בלקסיקון הקלט האורתוגרפי מפעיל את הייצוג הסמנטי של המילה במערכת הקונספטואלית. במסלול הלקסיקלי ( $H \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ ), שהוא המסלול העיקרי שמשמש לקריאה אצל קוראים נורמלים, ייצוג המילה הכתובה בלקסיקון הקלט האורתוגרפי מפעיל ישירות את הייצוג הפונולוגי שלה בלקסיקון הפלט הפונולוגי. מסלול הקריאה השלישי הוא המסלול התת-לקסיקלי ( $I \rightarrow D \rightarrow E$ ), שקורא את המילה בלי זיהוי שלה בלקסיקון הקלט האורתוגרפי, אלא ע"י המרה ישירה של אותיות לצלילים, גרפמות לפונמות. במסלול קריאה זה הממיר הגרפמי-פונמי מעביר את המידע הפונולוגי ישירות אל באפר הפלט הפונולוגי. המסלול התת-לקסיקלי מאפשר לקרוא גם מילים חדשות, שהקורא לא מכיר (ולכן לא נמצאות בלקסיקונים).

## חזרה

המודל לחזרה על מילים שאנו שומעים לנו דומה מאד למודל הקריאה. לאחר ניתוח הקלט השמיעתי אנו מוצאים את המילה בלקסיקון הקלט הפונולוגי. מידע זה יכול להיות מועבר ישירות אל לקסיקון הפלט הפונולוגי, תוך שימוש במסלול הלקסיקלי ( $F \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$  בתרשים 1), או דרך המערכת הסמנטית ( $F \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ ). כמו בקריאה, גם כאן קיים כנראה מסלול תת-לקסיקלי, שמבוסס על חזרה על המילה פונמה אחרי פונמה. מסלול זה ( $G \rightarrow D \rightarrow E$ ) לא עובר דרך הלקסיקונים, אלא בקישור ישיר בין הקלט

השמיעתי לבין באפר הפלט הפונולוגי, דרך הממיר הפונמי-פונמי – רכיב שמסוגל "לשמוע" פונמות ולהפיק העתק שלהן (Goldrick & Rapp, 2007).

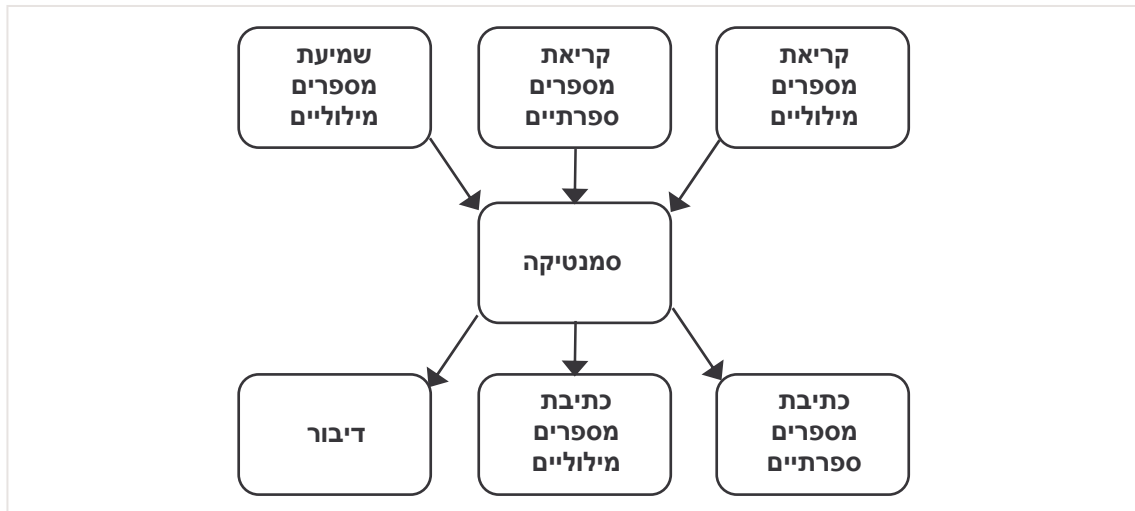
### מודלים קוגניטיביים לעיבוד מספרים

המודלים שתיארנו לעיל עוסקים בפירוט בהבחנה בין העיבוד הסמנטי לעיבוד הפונולוגי של המילים, הבחנה שתהיה חשובה לצורך המחקר הנוכחי, שעוסק בטעויות פונולוגיות וסמנטיות. אך המודלים האלה עוסקים בהפקת מילים באופן כללי, ולא מתייחסים למספרים באופן ספציפי.

מודלים להפקת מספרים אמנם קיימים, והעיקריים שבהם יתוארו להלן, אך יש לשים לב שמודלים אלה הם בעיקרם תחביריים: השאלה העיקרית שהם עוסקים בה היא כיצד מתרחש התהליך של transcoding – המרת מספר מייצוג לייצוג: כיצד אנו קוראים רצף ספרות (מספר ספרתי, למשל "723") ומצליחים להפוך אותן לרצף המילים המתאימות (מספר מילולי, "שבע מאות עשרים ושלוש"), או כיצד מתרחש התהליך ההפוך של קריאת מילים והפיכתן לרצף ספרות (כאשר אנו כותבים). המודלים האלה לא מתמקדים בהבחנה בין מנגנונים סמנטיים לפונולוגיים, ולא באופן בו מיוצרת הצורה הפונולוגית של כל מילה – פרט לציון העובדה שהיא נשלפת מלקסיקון הפלט הפונולוגי. מסיבה זו הם לא יעמדו במרכז של עבודה זו, שמנסה לבדוק באופן מדויק את המנגנונים הפונולוגיים והסמנטיים של מערכת ההפקה, ולא מתמקדת בתהליכי transcoding. בכל זאת נתאר את המודלים בקווים כלליים, משום שיש להם השלכה מסוימת על ענייננו.

### **המודל של מקלוסקי**

אחד המודלים המשפיעים ביותר לעיבוד מספרים הוצע ע"י מקלוסקי (McCloskey, 1992); (McCloskey, Sokol, & Goodman, 1986). ההנחה המרכזית במודל זה היא שקיימת הפרדה מוחלטת בין שלבי הקלט לבין שלבי הפלט, כך שהמעבר ביניהם מתבצע תמיד דרך המערכת הסמנטית (תרשים 2). מודל זה מנבא, למשל, שאם יש פגיעה במערכת ההפקה, הפגיעה תתבטא באותה צורה בלי קשר לאופן בו הוצג המספר לאדם – בעל-פה או בכתב, בספרות או במילים.



תרשים 2: מודל לעיבוד מספרים (McCloskey, 1992)

מקלוסקי גם הרחיב את החלק במודל שלו שעוסק בהפקת מספרים מילוליים – החלק הרלוונטי ביותר לשאלות בהן אנו עוסקים במחקר זה. לפי המודל שלו, השלב הראשון בהפקת מספר הוא יצירת תבנית תחבירית של המספר מתוך הייצוג הסמנטי שלו. התבנית כוללת את מילות ה-multiplier ("אלפים", "מאות" וכו'), ויש בה מעין "תאים" (slots) ריקים עבור המילים שמייצגות את הספרות עצמן. לדוגמה, התבנית של המספר 4630 מופיעה להלן, כאשר התאים הריקים מסומנים ע"י [...]:

[ספרת אלפים] אלפים [ספרת מאות] מאות [ספרת עשרות] מאות [ספרת יחידות]

בשלב שני, המילים שמייצגות את הספרות במספר מוכנסות לתוך התבנית. כיוון שבמספר 4630 ספרת היחידות היא 0, מקום זה בתבנית נותר ריק:

[אלפים: 4] אלפים [מאות: 6] מאות [עשרות: 3] [יחידות: ריק]

בשלב השלישי נשלף הייצוג הפונולוגי של המילים מלקסיקון הפלט הפונולוגי. כיוון שהמקום של ספרת היחידות נותר ריק, אין לו ייצוג פונולוגי:

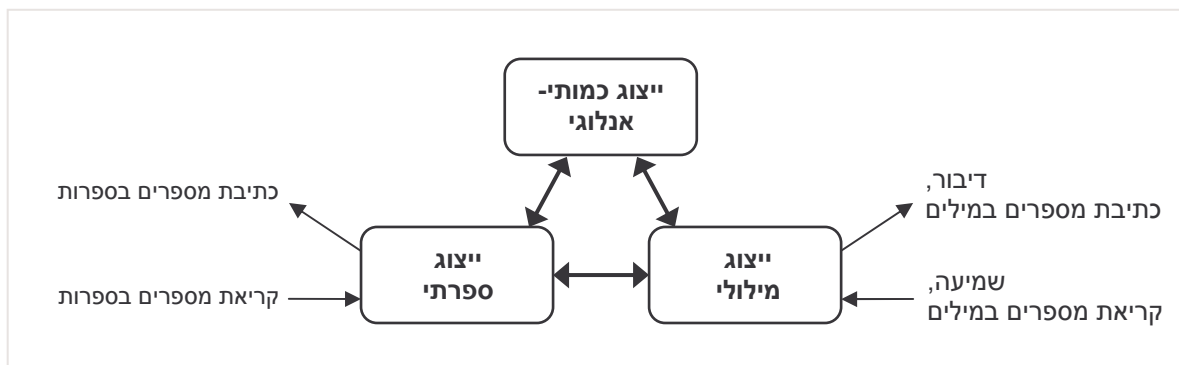
[ "ארבעת" אלפים [ "שש" מאות ו"שלושים" ] ]

בין העדויות שמקלוסקי מביא לטובת המודל שלו היא העובדה שניתן למצוא חולים שמבצעים רק סוגים מסויימים של טעויות: יש חולים שמחליפים ספרות בספרות אחרות, אך תבנית המספר שלהם תקינה – למשל, הם עשויים לקרוא 123 בתור "מאה עשרים וארבע". טעויות מסוג זה נקראות טעויות לקסיקליות. חולים אחרים מפיקים טעויות תחביריות: מספרים עם תבנית תחבירית שגויה, אך עם הספרות הנכונות – למשל, יקראו 123 בתור "אלף מאתיים ושלוש" (סיווג הטעויות עפ"י Deloche & Seron, 1982). מקלוסקי מייחס את סוגי הטעויות השונים לפגיעה בשלבים השונים בתהליך ההפקה: טעויות תחביריות נובעות משלב בניית התבנית התחבירית, בעוד טעויות לקסיקליות נובעות מהשלב של איכלוס הספרות בתוך תבנית המספר.

מקלוסקי לא מציין איך המודל שלו קשור למודלים הרגילים של הפקת דיבור שתיארנו קודם לכן. למעשה, הוא אומר בפירוש שייתכן שמספרים ומילים רגילות מופקים באמצעות אותם מנגנונים קוגניטיביים, ייתכן שמנגנוני ההפקה הם נפרדים, והוא מעדיף שלא לנקוט עמדה לגבי הסוגייה הזו אלא להשאיר אותה לביור בהמשך (McCloskey, Sokol, & Goodman, 1986).

### מודל שלושת הייצוגים

מודל שלושת הייצוגים של Dehaene (Dehaene, 1992; Dehaene & Cohen, 1995) מערער על ההנחה הבסיסית של McCloskey, לפיה כל תהליך transcoding עובר דרך הסמנטיקה. דהאן טוען כי קיים transcoding א-סמנטי, מעבר ישיר מייצוג לייצוג. כדי להראות זאת מתארים Dehaene ותומכיו שורה של מקרים שמראים כי מנגנוני הקלט ומנגנוני הפלט אינם בלתי תלויים זה בזה (Cohen & Dehaene, 2000; Cohen & Dehaene, 1991; Cohen, Dehaene, Chocon, Lehericy, & Naccache, 2000; Cohen, Dehaene, & Verstichel, 1994). בנוסף לכך, מעבר לשני הייצוגים ש-McCloskey מדבר עליהם, הוא מציע כי קיים ייצוג שלישי של מספרים – ייצוג אנלוגי, שמתאר כמות רציפה ולא מדויקת. ייצוג זה קיים, לדבריו, גם אצל בעלי חיים. דהאן קורא לייצוג זה "the number sense" (Dehaene, 1997). מודל שלושת הייצוגים מתואר בתרשים 3.



תרשים 3: מודל שלושת הייצוגים לעיבוד מספרים

לגבי האופן בו מופקים מספרים מילוליים, Dehaene ושותפיו מקבלים פחות או יותר את המודל של McCloskey שתואר לעיל, לפיו קיים תהליך של יצירת תבנית תחבירית ולאחר מכן מילוי שלה. Cohen and Dehaene (1991) מציעים רק שינויים קלים במודל, שאינם קריטיים לצורך המחקר הנוכחי: הם מציעים שתבנית המספר לא נוצרת ומתמלאת רק מתוך הייצוג הסמנטי שלו. לדעתם, במקרה של קריאת מספרים ספרתיים היא נוצרת ומתמלאת מתוך ייצוג ספרתי-ויזואלי של המספר (the visual number form).

### הפקת מילים ומספרים

האם מערכת ההפקה, ובאופן ספציפי – לקסיקון הפלט הפונולוגי ובאפר הפלט הפונולוגי – מעבדים מספרים באותו אופן בו הם מעבדים מילים, או באופן שונה? בתחילת העבודה הצגנו מקרה של אדם שהיו

לו טעויות פונולוגיות בדיבור, כנראה כתוצאה מפגיעה ברכיבים הפונולוגיים של מערכת ההפקה – לקסיקון הפלט הפונולוגי או באפר הפלט הפונולוגי. מקרה זה מצביע על קיומו של הבדל כלשהו: הטעויות הפונולוגיות שהופיעו בהגיית מילים לא הופיעו כאשר החולה התבקש לומר מספרים, ובמקומן הופיעו טעויות סמנטיות – לקסיקליות (החלפת ספרה באחרת) או תחביריות (שיבוש תבנית המספר).

למעשה, מדובר כאן בשתי תופעות: האחת היא שלאותו חולה היו טעויות פונולוגיות במילים רגילות, אך לא במילות מספר. קראנו לתופעה זו *סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות* (להלן סט"פ). התופעה השנייה היא שלחולה היו טעויות סמנטיות רק במספרים, ולתופעה זו קראנו *סלקטיביות הטעויות הסמנטיות* (להלן סט"ס). שתי התופעות יחד ייקראו *סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות והסמנטיות* – סטפ"ס.

תופעת סטפ"ס תוארה במספר מקרים נוספים, אם כי לא רבים. טבלה 1 מסכמת את כל אותם מקרים, שיפורטו להלן.

Semenza et al. (2007) מספרים על חולה עם אפאזית ורניקה שהפיק טעויות פונולוגיות (ניאולוגיזמים) במילים, אך במספרים היו לו טעויות סמנטיות בלבד, כולן לקסיקליות. זהו המקרה היחיד שידוע לנו עליו, פרט ל-Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997), שמתאר מצב בו הופיעו גם סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות וגם סלקטיביות הטעויות הסמנטיות אצל אותו אדם, באופן ברור ו"נקי". עם זאת, קיימים תיאורי מקרה נוספים בהם תופעת סטפ"ס מתקיימת באופן פחות מובהק, או שניתן להבחין רק באחת משתי התופעות (סט"פ או סט"ס), ללא השנייה.

Girelli and Delazer (1999) מתארות שני חולים עם סטפ"ס שאינו לגמרי מובהק – BP ו-GS. אצל שניהם התקיימה סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות, כלומר לא היו טעויות פונולוגיות במספרים – פרט לקריאה של מספרים שנכתבו במילים: אז דווקא היו טעויות פונולוגיות. לדברי החוקרות, הטעויות בקריאת מספרים לא נבעו מבעיית קלט. סלקטיביות הטעויות הסמנטיות התקיימה, כלומר טעויות כאלה הופיעו בהפקת מספרים ולא במילים אחרות, אם כי ל-GS היה גם שיעור מסויים של טעויות סמנטיות בהפקת מילים רגילות.

שלושה מחקרים מתארים את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות, וקשה להבין מהם אם סלקטיביות הטעויות הסמנטיות מתקיימת או לא, כלומר קשה להבין אם מספרים הופקו עם טעויות סמנטיות בלבד או ללא טעויות בכלל. לחולה LT (Shallice, Rumiati, & Zadini, 2000) היתה פגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי, שהתבטאה בטעויות פונולוגיות בהפקת מילים, אך ה-digit span שלו היה תקין: בחזרה על רביעיות ספרות הוא טעה רק ב-10% מהסדרות. כיוון שסביר להניח שברוב רביעיות הספרות בהן טעה LT, הטעויות שלו היו רק בחלק מהספרות ברביעייה, המסקנה היא ששיעור הטעויות שלו מתוך כלל הספרות שהוצגו לו באותן רביעיות היה נמוך בהרבה מ-10%, זאת לעומת 30%-50% טעויות בחזרה על מילים בודדות. אמנם סוג הטעויות לא פורט, אך החוקרים אמרו בפירוש שהם החשיבו חזרה על ספרה לנכונה רק אם הספרה הופקה באופן מדויק וללא טעויות פונולוגיות, ומכאן שלמעלה מ-90% מהספרות הופקו ללא טעויות פונולוגיות, כלומר סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות התקיימה אצל LT.

טבלה 1. מקרים בהם דווח על סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות ו/או הסמנטיות

תופעה	הערות	טעויות בהפקת מספרים רב-ספרתיים	טעויות בהפקת ספרות בודדות	טעויות בהפקת מילים	מקום פגיעה <sup>a</sup>	מקור	החולה
0"פ"0	שיום אותיות תקין (בצרפתית)	סמנטיות (לקסיקליות ותחביריות)	סמנטיות	פונולוגיות (ביאולוגים)	לא ברור	Cohen, Verstichel, & Dehaene (1997)	"The Patient"
0"פ"0		סמנטיות (לקסיקליות)	לא ברור	פונולוגיות	לא ברור	Semenza et al. (2007)	GBC
0"פ"0	קריאת מספרים מילוליים: פונולוגיות	קריאה בספרות: סמנטיות חישוב <100: תקין	תקין	פונולוגיות	לא ברור	Delazer & Girelli (1999)	BP
0"פ"0	קריאת מספרים מילוליים: פונולוגיות	קריאה בספרות: סמנטיות חישוב <100: סמנטיות מילוליים: פונולוגיות	תקין	פונולוגיות + סמנטיות	לא ברור	Delazer & Girelli (1999)	GS
פ"פ"פ ? : 0"0" ?	-	-	מעט מאד טעויות, סוגן לא פורט.	פונולוגיות	באפר	Shallice, Rumiat, & Zadini (2000)	LT
פ"פ"פ ? : 0"0" ?	-	דו-ספרתיים: מעט טעויות. טיבן לא פורט.	-	אפאזיה קונדוקטיבית (פונולוגיות?)	לא ברור	Delazer & Bartha (2001)	FS
פ"פ"פ ? : 0"0" ?	-	כנראה תקין (לא ברור אם בדקו רב-ספרתיים)	תקין	פונולוגיות	לקסיקון	Bachoud-Lévi & Dupoux (2003)	DPI
פ"פ"פ ? : 0"0" ?	שיום צבעים תקין	חזרה: פגע. קריאה עד 4 ספרות: תקין.	-	פונולוגיות	לא ברור	Lochy, Domahs, Bartha, & Delazer (2004)	TM
פ"פ"פ ? : 0"0" ?	-	סמנטיות (לקסיקליות)	תקין	רגילות: תקין (מעט פוני) תפל וארוכות: פונולוגיות	לא ברור	Marangolo, Nasti, & Zorzi (2004)	FA
פ"פ"פ ? : 0"0" ?	אגרמטיזם	סמנטיות (לקסיקליות)	סמנטיות	תקין, פרט לפעלים, מילות פונקציה וקריאת תפל (סוג הטעויות לא פורט)	לא ברור	Marangolo, Piras, & Fias (2005)	RA

[a] מיקום הפגיעה – לקסיקון הפלט הפונולוגי או באפר הפלט הפונולוגי.  
 ▪ טור "תופעה" מציין האם במקרה שדווח התקיימה סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות (כלומר הופעת טעויות פונולוגיות רק במילים רגילות), סלקטיביות הטעויות הסמנטיות (כלומר הופעת טעויות סמנטיות רק במילות מספר), או שתייהן.  
 ▪ סימון "-" מציין סוגי טעויות שלא נבדקו במחקר.

לגבי סלקטיביות הטעויות הסמנטיות, המקרה של LT אינו ברור: מצד אחד, אפילו אם נניח שכל הטעויות שהיו לו בספרות בודדות היו סמנטיות, עדיין שיעורן לא היה גדול (פחות מ-10%, כאמור). מאידך, ייתכן שטעויות כאלה היו מופיעות במספרים רב-ספרתיים (כפי שקורה במחקרים אחרים שמפורטים כאן, בהם שיעור הטעויות במספרים רב-ספרתיים היה גבוה משיעורן בספרות בודדות. כזה היה המצב גם אצל המשתתפים במחקר הנוכחי).

המקרה השני שמתאר סלקטיביות טעויות פונולוגיות בלבד הוא זה של FS (Delazer & Bartha, 2001) – אפאזי קונדוקטיבי שהפיק מספרים דו-ספרתיים כמעט ללא טעויות (93% נכון). מנתון זה ברור שסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות התקיימה; אך גם במחקר זה לא פורט סוג הטעויות, רמת הביצוע של FS בהפקת מילים רגילות, והאם הוא נבדק בהפקת מספרים ארוכים יותר – ולכן קשה להבין פרטים נוספים מהמחקר. באופן ספציפי, קשה להבין האם סלקטיביות הטעויות הסמנטיות התקיימה אצל FS או לא. המחקר השלישי שמתאר סלקטיביות טעויות פונולוגיות הוא Bachoud-Lévi and Dupoux (2003). הם מספרים על DPI, שהיו לו טעויות פונולוגיות בהפקת מילים עקב פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי. הפקת מספרים אצלו היתה תקינה, ללא טעויות פונולוגיות או סמנטיות, אך קשה להבין אם הוא נבדק גם בהפקת מספרים רב-ספרתיים או רק בספרות בודדות, ולכן קשה לדעת אם סלקטיביות הטעויות הסמנטיות התקיימה או לא.

בשלושת המחקרים שלעיל לא ברור אם סלקטיביות הטעויות הסמנטיות התקיימה או לא. במקרה של TM (Lochy, Domahs, Bartha, & Delazer, 2004) ברור שהיא לא התקיימה, כלומר מספרים הופקו ללא טעויות בכלל – פונולוגיות או סמנטיות: ל-TM היו טעויות פונולוגיות בחזרה על מילים ובשיום, אך היא הצליחה לקרוא מספרים בני 1-4 ספרות כמעט ללא טעויות (43/45 הצלחה). עם זאת, היו ל-TM טעויות במטלת חזרה על מספרים, שטיבן לא פורט.

לסיום, ידועים לנו שני מקרים בהם דווח על סלקטיביות הטעויות הסמנטיות בלבד, ללא טעויות פונולוגיות בהפקת מילים. מקרה אחד הוא RA (Marangolo, Piras, & Fias, 2005), שהיו לו טעויות סמנטיות בהפקת מספרים (כולל ספרות בודדות) – טעויות לקסיקליות והשמטות. לעומת זאת, הפקת מילים אצלו היתה תקינה. יוצאי דופן היו פעלים, מילות פונקציה ומילות-תפל, שבהפקתם היו טעויות (סוג הטעויות לא פורט). המקרה השני הוא FA (Marangolo, Nasti, & Zorzi, 2004) – גם אצלו היו טעויות סמנטיות בהפקת מספרים, רובן לקסיקליות, שהופיעו במספרים רב-ספרתיים בלבד (הפקת ספרות בודדות היתה תקינה). הפקת מילים היתה תקינה לרוב, אך היו לו טעויות פונולוגיות במילות תפל, במילים ארוכות במיוחד, ובמילים מורכבות (compound, מילה שמורכבת מזוג מילים אחרות).

תיארנו כאן את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות כמתבטאת בכך שמילות מספר הופקו ללא טעויות כאלה. במקרים מסויימים דווח על קטגוריות נוספות שהופקו ללא טעויות פונולוגיות: כך לגבי אותיות (Cohen, Verstichel, & Dehaene, 1997) וצבעים (Lochy, Domahs, Bartha, & Delazer, 2004); אצל אלה האחרונים הופיעו גם טעויות סמנטיות בצבעים, כלומר ייתכן (Bachoud-Lévi & Dupoux, 2003).

שגם סלקטיביות הטעויות הסמנטיות התקיימה לגביהם, אם כי החוקרים מציינים כי הטעויות הסמנטיות בצבעים עלולות היו לנבוע מבעיה תפיסתית.

לא ידוע לנו על מקרים נוספים בספרות בהם הפקת מספרים נבדקה אצל אפאזים עם לקות פונולוגית, או על מקרים בהם דווח על בעיית הפקה ספציפית למספרים.

### **ס ט פ " ס : האמנם ? ולמה ?**

במחקר זה ביקשנו לברר שתי שאלות.

השאלה הראשונה היא "האמנם?": שאלנו האם תופעת סטפ"ס מופיעה באופן קבוע במקרים של פגיעה במערכת הפונולוגית (בלקסיקון הפלט הפונולוגי או בבאפר הפלט הפונולוגי). מבין 10 תיאורי המקרה שנסקרו לעיל, סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות התקיימה בשמונה; סלקטיביות הטעויות הסמנטיות התקיימה בשישה מקרים, לפחות לגבי מספרים רב-ספרתיים, ובשני מקרים נוספים היא לא נבדקה. בסך הכל סקרנו שני מקרים בלבד בהם לא התקיימה סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות, ושני מקרים בהם לא התקיימה סלקטיביות הטעויות הסמנטיות.

מדוגמאות אלה נוצר הרושם כאילו תופעת סטפ"ס היא נפוצה מאד, כלומר סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות וסלקטיביות הטעויות הסמנטיות נוטות להופיע יחד, גם אם הדבר אינו כך בכל מהמקרים; אך כמובן שקשה לקבוע מסקנה כזו על סמך מדגם לא מייצג של מספר מחקרים. כיוון שקריטריון ההכללה של המשתתפים במחקר הנוכחי לא היה קיומה או אי-קיומה של תופעת סטפ"ס, ולא התייחס להפקת מספרים אלא להפקת מילים בלבד, אנו מקווים לקבל אינדיקציה מעט יותר מהימנה לגבי שכיחות התופעה.

השאלה השניה היא "למה?": שאלנו מהי הסיבה לתופעת סטפ"ס, להבדל בדפוס הטעויות בין מילים "רגילות" לבין מספרים.

### **"למה?": השערות לגבי מקורה של תופעת סטפ"ס**

בחנו מספר הסברים למקורה של התופעה, וכל הסבר כזה יוצא מאחת משתי הנחות-בסיס: הסברים חד-גורמיים מניחים שהטעויות הפונולוגיות במילים והטעויות הסמנטיות במספרים נובעות ממקור משותף, ולמעשה הן שני פנים של אותה פגיעה. הסברים דו-גורמיים מניחים שמדובר בשתי תופעות שנובעות ממקורות שונים: גורם אחד אחראי לכך שטעויות פונולוגיות מופיעות רק בהפקת מילים, וגורם אחר אחראי לכך שטעויות סמנטיות מופיעות רק בהפקת מספרים.

במסגרת המחקר העלינו וברדקנו מספר כיוונים אפשריים להסבר תופעת סטפ"ס. נתאר אותם כאן בקצרה לפני שנעמיק בכל אחד מהם.

תחת הנחת הבסיס של גורם יחיד ניתן להציע שני הסברים אפשריים: לפי השערת הגודל לא קובע, מילות מספר מהוות יחידות פונולוגיות אטומיות שעוברות מלקסיקון הפלט הפונולוגי אל באפר הפלט הפונולוגי, כלומר הבאפר מקבל גם פונמות בודדות שמרכיבות מילים רגילות (שאינן מספרים), וגם יחידות גדולות יותר, מילים שלמות (במקרה של מילות מספר). לפי השערת הרכיב התבנית, היציאה מהלקסיקון הסמנטי מקושרת ישירות אל לקסיקון הפלט הפונולוגי רק במקרה של מילים רגילות; במספרים, המידע עובר מהסמנטיקה לרכיב שאחראי על ייצור תבנית המספר ושיבוץ המילים בתוכה (כדוגמת זה שתואר לעיל במודל לעיבוד מספרים של מקלוסקי), ורק ממנו עובר מידע אל לקסיקון הפלט הפונולוגי. לפי השערה זו, הטעויות נובעות מפגיעה ביציאה מהלקסיקון הסמנטי: במילים, הפגיעה בקישור למערכת הפונולוגית יוצרת טעויות פונולוגיות; במספרים, הפגיעה היא בקישור לרכיב ייצור תבנית מספר, והיא יוצרת טעויות סמנטיות ותחביריות.

תחת הנחת הבסיס השניה, של שני גורמים שונים לתופעות, יש הסברים נפרדים לסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות ולסלקטיביות הטעויות הסמנטיות. לגבי סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות, השערת התדירות אומרת שאין טעויות במילות מספר בגלל תדירותן הגבוהה. לפי השערת הלקסיקון הנפרד, מילות מספר שמורות בלקסיקון פלט פונולוגי נפרד, ופגיעה בלקסיקון של המילים הרגילות לא בהכרח תפגע במספרים. עקרון הרצף מציע שהעובדה שמילות מספר מהוות רצף מקלה על המערכת הפונולוגית בהפקתן.

כדי להסביר את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות העלינו את השערת השדה הסמנטי החד-ממדי, לפיה מילות מספר מועדות לטעויות סמנטיות כיוון שהן שייכות לשדה סמנטי שבין אבריו מפרידה רק תכונת אחת (ערכם המספרי).

אלו הן ההשערות שהושוו במסגרת המחקר. להלן נתאר כל אחת מהן בפירוט.

## השערות חד-גורמיות

### השערת "הגודל לא קובע"

השערה זו מניחה שלטעויות הפונולוגיות במילים והסמנטיות במספרים יש מקור יחיד. היא הועלתה ע"י Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997). על פי ההשערה, היחידות הפונולוגיות בלקסיקון הפלט הפונולוגי, שמועברות אל באפר הפלט הפונולוגי, אינן בהכרח רק מידע מטרי וסגמנטלי, אלא מידע ברמות ייצוג שונות. במקרה של מספרים, היחידות הפונולוגיות הן מילים שלמות. טעות בהפקה, על פי השערה זו, נובעת מהחלפה של יחידה פונולוגית שלמה באחרת, או מערבוב סדר היחידות הפונולוגיות, אך בכל מקרה היחידות הפונולוגיות הן אטומיות ואינן "נשברות" באמצע. במקרה של מילים רגילות, היחידה הפונולוגית היא פונמה (או מידע מטרי), והחלפתה באחרת יוצרת טעויות פונולוגיות. במקרה של מילות מספר, היחידה הפונולוגית היא מילה שלמה, והחלפתה באחרת יוצרת טעות סמנטית.

מדוע דווקא מספרים יישמרו ביחידות של מילים שלמות? הדבר אינו בלתי-סביר מבחינה תיאורטית. עלינו לחזור ולהיזכר מדוע מילים נשמרות בלקסיקון הפלט הפונולוגי כשהן מפורקות למידע מטרי וסגמנטלי. סיבה אפשרית לפירוק זה היא שהוא מאפשר לנו להגות את המילים באופן שונה מעט בהקשרים שונים (Levelt, 1992): באופן זה מערכת הדיבור יכולה להיות פרודוקטיבית ולייצר בכל פעם את הצורה הפונולוגית הדרושה, במקום לשמור את כל הצורות מוכנות מראש. אך לעומת מילים רגילות, מילות מספר (גם ספרות וגם מילות multiplier כגון "עֶשְׂרֵה", "אלפים") נהגות לרוב באותה צורה, מה שמפחית את הצורך בהפרדה שלהן לפונמות. פרודוקטיביות של מספרים מתבטאת דווקא בחיבור מילות המספר הבסיסיות לצורך יצירת מספר חדש ככל שנדרש, גם בלי שרצף המילים המסויים היה קיים אצלנו מראש (נסו להגיד מספר שמעולם לא אמרתם קודם, למשל 8,563,201,416).

Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997) הציעו ניסוח מעט דומה של רעיון הפרודוקטיביות: אם פונמות ומידע מטרי הם "אבני הבניין" של יצירת מילים, הם אומרים, הרי שמילות-מספר שלמות הן "אבני הבניין" של יצירת מבנים מורכבים יותר – מספרים. הם מצאו שהטעויות פונולוגיות נעלמות לא רק בהפקת ספרות אלא גם בהפקת אותיות בצרפתית, וראו זאת כחיוק להשערת "אבני הבניין" – כיוון שבצרפתית, אותיות בודדות מהוות "אבני בניין" להפקת ראשי תיבות.

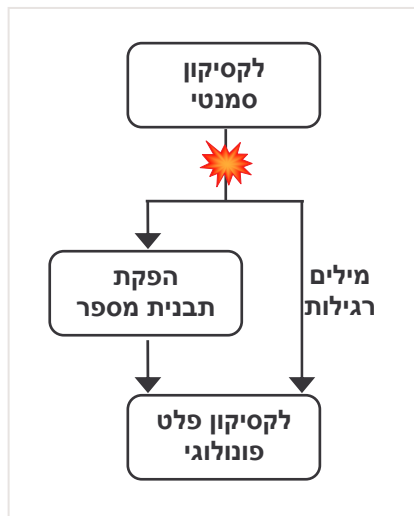
למעשה, השערת הגודל לא קובע כבר הועלתה לא רק בהקשר של מספרים אלא גם בהקשר מורפולוגי: כבר הוצע כי גם מורפמות במילה יכולות להוות יחידה פונולוגית שלמה (לברו, בן-אור ופרידמן, 2006). הצעה זו למעשה מתארת סוג נוסף של פרודוקטיביות: התהליך של נטייה מורפולוגית, כלומר יצירת נטייה של מילה מצורת הבסיס שלה (למשל ע"י הוספת סיומת של ריבוי).

יש לשים לב לשתי מגבלות של השערת הגודל לא קובע: מגבלה אחת היא שכמו רוב ההשערות שנעלה כאן, השערת הגודל לא קובע יכולה להסביר רק טעויות של החלפת מילה באחרת: בהקשר של מספרים, היא תסביר טעויות לקסיקליות כגון 24 ← 27, וחלק מהטעויות התחביריות, למשל 300 ← 3000 – אך קיימות טעויות תחביריות שאינה יכולה להסביר – כאלה שאינן רק החלפה של מילה במילה אחרת, למשל 103 ← 13. מגבלה שנייה של ההשערה היא שגם אם נקבל את ההנחה שהטעויות הסמנטיות הן למעשה החלפה של יחידה פונולוגית באחרת, עדיין יש להסביר מדוע הטעות, היחידה הפונולוגית האחרת, גם היא תמיד מילת מספר.

### השערת הרכיב התבנית

גם השערה זו מניחה מקור יחיד לטעויות הפונולוגיות במילים והסמנטיות במספרים. ההשערה מתמקדת ברכיב להפקת מילות מספר (Power & Dal Martello, 1990; McCloskey, Sokol, & Goodman, 1986). רכיב זה אחראי על הפקת תבנית המספר, כלומר ליצירת רצף המילים המתאר את המספר, אך אינו אחראי ליצירת הצורה הפונולוגית של המילים, מידע שנמצא בלקסיקון הפלט הפונולוגי. בהשערה זו הנחנו כי רכיב זה נמצא בין הלקסיקון הסמנטי לבין לקסיקון הפלט הפונולוגי, שמשותף למספרים ולמילים – כפי שמתואר בתרשים 4. אמנם, הנחות אלה אינן נובעות מהמודלים המקובלים להפקת מספרים שתוארו לעיל; אך סדר

הרכיבים כאן תואם בדיוק את רצף השלבים שתוארו במודל של McCliskey et al. (1986), ועם מספר התאמות קלות ביותר יהיה עקבי גם עם המודל שתואר ע"י Cohen and Dehaene (1991).



תרשים 4: השערת הרכיב התבניתי

קיומו של הרכיב התבניתי יוצר הבדל בין מסלולי ההפקה של מילים ומספרים: בהפקת מילים, המערכת הסמנטית מבצעת אקטיבציה של המילים ישירות בלקסיקון הפלט הפונולוגי, אך בהפקת מספרים האקטיבציה היא של הרכיב התבניתי. מכאן, שפגיעה ביציאה מהמערכת הסמנטית עשויה להתבטא בתופעת סטפ"ס: כאשר מדובר במילים רגילות, רמת האקטיבציה בלקסיקון הפלט הפונולוגי תהיה שגויה או לא מספיקה, דבר שיתבטא בטעויות פונולוגיות; כאשר מדובר במספרים, האקטיבציה השגויה / חלשה תהיה של הרכיב התבניתי, דבר שיתבטא בטעויות סמנטיות – גם תחביריות וגם לקסיקליות.

השערה זו היא היחידה מבין כל ההשערות שיועלו כאן שמתייחסת לרמת התחביר, ולא רק לרמת המילה; לפיכך היא ההשערה היחידה שמסבירה היטב טעויות תחביריות במספרים, שאינן החלפת מילה במילה, כגון קריאת 13 בתור "מאה ושלוש". עם זאת, גם להשערה הזו יש מגבלות: היא מניחה שהליקוי הוא בשלב מוקדם עוד יותר מלקסיקון הפלט הפונולוגי, לכן תוכל להסביר את התופעה רק אצל מי שהפגיעה שלו עשויה להיות בשלב מוקדם כזה. היא לא תסביר את תופעת סטפ"ס אצל אותם אפאזים שהטעויות הפונולוגיות שלהם נובעות מליקוי בלקסיקון הפלט הפונולוגי עצמו או בבאפר הפלט הפונולוגי.

## השערות דו-גורמיות

כאן אנו עוברים אל ההשערות הדו-גורמיות, אלה שמניחות שהגורם לטעויות הפונולוגיות במילים שונה מהגורם לטעויות הסמנטיות במספרים. כל אחת מההשערות הדו-גורמיות מנסה להסביר רק את אחת משתי התופעות. שלוש ההשערות הראשונות שיוצגו כאן מסבירות את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות למילים, ואינן אומרות דבר לגבי הטעויות הסמנטיות. ההשערה האחרונה מסבירה את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות למספרים, ואינה מתייחסת לטעויות הפונולוגיות.

### השערת התדירות

השערת התדירות מנסה להסביר את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות. על פי ההשערה, התדירות הגבוהה של מילות מספר היא שגורמת למיעוט טעויות פונולוגיות בהן. ההשערה הפשוטה והאלגנטית הזו כבר הופרכה במספר מחקרים: Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997) מצאו שלא היה מתאם בין שיעור הטעויות הפונולוגיות במילים לבין תדירותן. Bachoud-Lévi and Dupoux (2003) את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות כאשר השוו בין מספרים לבין מילות בעלות תדירות דומה. עם זאת, מצאנו לנכון להתייחס להשערת התדירות גם אנחנו.

בדומה להשערת הרכיב התבניתית, גם השערת התדירות לא מסוגלת להסביר את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות אצל כל סוגי האפאזים. מקובל לראות תדירות כגורם שמשפיע על לקסיקון הפלט הפונולוגי, אבל לא על באפר הפלט הפונולוגי, שהוא רק רכיב זיכרון ונטול הקשרים לקסיקליים (Nickels, 1997 ; Jescheniak & Levelt, 1994). משום כך, השערת התדירות לא תספק הסבר כאשר מדובר בפגיעה ספציפית בבאפר הפלט הפונולוגי.

### השערת הלקסיקון הנפרד

גם השערה זו מנסה להסביר רק את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות. ההשערה מציעה כי לקסיקון הפלט הפונולוגי הוא נפרד למילים ומספרים, וסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות מבטאת מקרים בהם רק לקסיקון הפלט של מילים נפגע. מהשערה זו נגזר באופן מיידי ניבוי אחד ברור – קיומה של דיסוציאציה הפוכה: נצפה למצוא מקרים בהם אדם מבצע טעויות פונולוגיות במילות מספר אך לא במילים רגילות.

ההשערה כי קיים לקסיקון פלט פונולוגי נפרד למספרים כבר הועלתה ע"י Marangolo, Piras, and Fias (2005). הם אפילו טענו כי הוכיחו אותה בכך שהציגו את הדיסוציאציה הפוכה – החולה RA, שעושה טעויות במספרים אך לא במילים. עם זאת, השערת הלקסיקון הנפרד מנבאת דיסוציאציה הפוכה שבה מופיעות טעויות פונולוגיות במספרים ולא במילים, אך הטעויות של RA במספרים היו טעויות סמנטיות ולא פונולוגיות – סוג טעויות שאינו מוסבר ע"י השערת הלקסיקון הנפרד. החוקרים כמעט ולא עסקו בניחות סוגי טעויות אלא בדקו בעיקר את כמותן, ולמעשה לא ניסו להסביר מדוע סוג הטעויות במספרים ובמילים הוא שונה. אולי משום כך הם גם לא התייחסו להשערות שמוזכרות כאן בהקשר של הטעויות הסמנטיות, כמו השערת הגודל לא קובע והשערת השדה הסמנטי החד-ממדי. גם במקרה השני שידוע לנו בו היתה בעיית הפקה ספציפיים למספרים (Marangolo, Nasti, & Zorzi, 2004), הטעויות היו סמנטיות. לא ידוע לנו על אף מקרה בו דווח על "סלקטיביות טעויות פונולוגיות הפוכה", כלומר מצב בו היו טעויות פונולוגיות בהפקת מספרים בלבד. עם זאת, כמובן שגם אם לא נמצא עדיין מקרה כזה, אין בכך כדי לפסול את ההשערה.

ראוי לשים לב כי קיים דמיון מסויים בין השערת הלקסיקון הנפרד לבין השערת הרכיב התבניתית: בשני המקרים מדובר על מסלול מיוחד להפקת מספרים, נפרד מהמסלול להפקת מילים רגילות. ההשערות נבדלות בתיאור המבנה המדוייק של מסלול זה. מבחינה זו הן שונות מרוב ההשערות האחרות, שמתיישבות גם עם ההנחה של מסלול הפקה יחיד למילים ולמספרים.

כמו השערת הרכיב התבניתית, גם השערה זו מוגבלת מבחינת יכולתה להסביר את סטפ"ס אצל אפאזים עם פגיעות מסוגים שונים: כיוון שההסבר נעוץ בלקסיקון הפלט הפונולוגי, השערה זו לא תסביר את סטפ"ס אצל מי שיש לו פגיעה סלקטיבית בבאפר הפלט הפונולוגי.

### עקרון הרצף

זוהי האחרונה בסדרת ההשערות שמסבירות את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות. ההשערה, שהוזכרה כבר ע"י Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997), מסתמכת על העובדה שמספרים, בניגוד למילים רבות, הם

מילים שנלמדות כסדרה רצופה. הטענה היא שעובדה זו עוזרת להפיק אותם ללא טעויות פונולוגיות. למרות שהשערה זו אינה מציעה בהכרח מנגנון מדויק, ניתן לשער מנגנונים כאלה: ייתכן, למשל, שקידוד המילים הרגילות בלקסיקון הפלט הפונולוגי הוא כזה שמאפשר גישה אליהן, אך למילות מספר – ששייכות לרצף – יש גם קידוד נוסף, שמאפשר גישה אליהן לפי המידע לגבי הסדרה שהן שייכות אליה ומיקומן בתוך הסדרה. קידוד כזה הוצע ע"י McCloskey, Sokol, and Goodman (1986). הם אפילו סבורים שזהו הקידוד העיקרי שמשמש לשליפת מילות מספר מלקסיקון הפלט הפונולוגי. במצב כזה, מידע לגבי הרצף יכול לסייע בעת שליפת המילה מלקסיקון הפלט הפונולוגי, ובכך אולי מקטין את כמות הטעויות.

בכל מקרה, יהיה המנגנון אשר יהיה, קשה להתעלם מכך שהשימוש ברצף המספרים כאסטרטגיה לשיום שלהם הוא תופעה נפוצה ביותר אצל הסובלים מאנומיה על צורותיה השונות. ייתכן, כמובן, שזוהי רק אסטרטגיה להתמודד עם פגיעה שמקורה הוא אחר; אבל ייתכן גם שהאסטרטגיה הזו מבטאת תהליך אמיתי שמתרחש אצל כולנו.

### **השערת השדה הסמנטי החד-ממדי**

השערה זו מנסה להסביר רק את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות. היא מבוססת על הטענה שספרות מהוות שדה סמנטי ייחודי למדי בכך שהוא שטוח – רק תכונה אחת מפרידה בין האיברים בשדה (ערכם המספרי). אם המידע המועבר מהלקסיקון הסמנטי אל לקסיקון הפלט הפונולוגי הוא אוסף של תכונות, הרי שבמקרה של מספרים המידע הזה מצומצם יותר – דבר שמקל על היווצרות טעויות סמנטיות.

גם להשערה זו יש מגבלות: כמו השערת הגודל לא קובע, היא לא יכולה להסביר טעויות שאינן החלפה של מילה אחת באחרת (כמו 13 ← 103). מגבלה נוספת היא שההשערה תולה את מקור הטעויות הסמנטיות בקישור בין הלקסיקון הסמנטי ללקסיקון הפלט הפונולוגי, ולכן תתקשה להסביר טעויות סמנטיות אצל מי שלקסיקון הפלט הפונולוגי שלו תקין והפגיעה שלו היא בשלב מאוחר יותר (בבאפר הפלט הפונולוגי).

בהקשר להשערה זו ראוי לציין כי Bachoud-Lévi and Dupoux (2003) בדקו את הקשר בין גודל השדה הסמנטי לבין טעויות פונולוגיות – האם יש פחות טעויות פונולוגיות במילים ששייכות לשדה קטן יותר – ולא מצאו קשר כזה.

### **שתי השערות ממוחזרות: הגודל לא קובע, הרכיב התבניתי**

שתי ההשערות החד-גורמיות שהעלינו, השערת הגודל לא קובע והשערת הרכיב התבניתי, עשויות לשמש, בשינויים קלים, גם כהשערות דו-גורמיות.

השערת הגודל לא קובע יכולה לשמש גם כדי להסביר את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות בלי להתייחס לסמנטיות: ייתכן שאין טעויות פונולוגיות במספרים כיוון שמילות מספר הן יחידה פונולוגית אחת, ועדיין הטעויות הסמנטיות במספרים נובעות מסיבה אחרת (או נוספת).

השערת הרכיב התבניתי יכולה להסביר את כל אחד מסוגי הטעויות (סמנטיות ופונולוגיות) בנפרד, אם נניח שהפגיעה היא לא פגיעה כללית ביציאה מהסמנטיקה, כפי שתואר בתרשים 4, אלא פגיעה ספציפית בקישור

בין הסמנטיקה לבין המערכת הפונולוגית, בין הסמנטיקה לבין רכיב יצירת תבנית המספר, או ברכיב התבניתי עצמו.

### **סיכום ההשערות**

העלינו כאן השערות שמסבירות את תופעת סטפ"ס במלואה (הגודל לא קובע, הרכיב התבניתי); השערות שמסבירות את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות לבדה (תדירות, לקסיקון נפרד, רצף, הגודל לא קובע, הרכיב התבניתי), והשערות שמסבירות את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות לבדה (שדה חד ממדי, הרכיב התבניתי). לכל אחת מההשערות יש היתרונות והחסרונות שלה, אך ראוי לציין פעם נוספת שתי מגבלות שחוזרות על עצמן בחלק ניכר מההשערות:

מגבלה אחת היא היכולת להסביר טעויות סמנטיות שאינן לקסיקליות בהפקת מספרים, כגון קריאת "13" בתור "מאה ושלוש". טעויות כאלה דווחו בספרות, ונקדים כאן את המאוחר ונספר כי הן נמצאו גם אצל המשתתפים במחקר זה. הדבר המטריד בטעויות אלה הוא ששום מודל שמתייחס רק לרמת המילה הבודדת לא יכול כמובן להסביר אותן. בין ההשערות שמנינו, רק השערת הרכיב התבניתי מסוגלת להסביר אותן היטב.

מגבלה שניה היא היכולת של ההשערות להסביר את תופעת סטפ"ס אצל מי שיש לו פגיעה סלקטיבית בבאפר הפלט הפונולוגי. כל ההשערות, פרט להשערת הגודל לא קובע ועקרון הרצף, תולות את הטעויות הפונולוגיות או הסמנטיות בשלבים מוקדמים-יחסית במודל, ולכן יתקשו להסביר את התופעה אצל פגועי באפר פלט פונולוגי. מבין המקרים שנסקרו במבוא, LT (Shallice, Ruminati, & Zadini, 2000) הוא כזה: החוקרים זיהו אותו כבעל פגיעה סלקטיבית בבאפר הפלט הפונולוגי.

כיוון שההבחנה בין פגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי לבין פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי היא בעלת חשיבות כה רבה לצורך ההכרעה בין ההשערות, השתדלנו לשים עליה דגש רב בעבודה זו.

## משתתפים

במחקר השתתפו 6 חולים אפאזים, שדווח כי היו להם טעויות פונולוגיות בדיבור. ההחלטה אם להכליל משתתפים במחקר נקבעה על סמך ביצועיהם בשלוש מטלות: שיום מילים עפ"י תמונות (ר' תיאור מטלה 5 בהמשך), חזרה על מילים (מטלה 4), וקריאת מילים (מטלה 3). משתתף נכלל במחקר רק אם התמלאו שלושה קריטריונים. הקריטריון הראשון נועד לוודא שלמשתתפים יש פגיעה במערכת הפונולוגית, כיוון שבכך עוסק המחקר. שני האחרים נועדו לוודא ששאר מערכות הקלט והפלט של המשתתף הן תקינות במידה סבירה – הרי קשה יהיה ללמוד ממשתתף שלא מצליח לומר אף מילה, או ממשתתף שמפיק באופן קבוע טעויות סמנטיות בגלל פגיעה במערכת הסמנטית-קונספטואלית או בלקסיקון הסמנטי. נדגיש כי קריטריון ההכללה במחקר התייחס רק לתפקוד המשתתפים בהפקת מילים, לא לתפקודם בהפקת מספרים. הקריטריונים היו אלה:

- (1) המשתתף הפיק טעויות פונולוגיות לפחות ב-15% מהמילים בכל שלוש המטלות יחדיו.
  - (2) המשתתף הפיק לפחות 50% מהמילים בכל אחת מהמטלות (אפילו אם אמר אותן עם שגיאות פונולוגיות).
  - (3) בכל שלוש המטלות יחדיו, רוב הטעויות של המשתתף היו טעויות פונולוגיות.
- כל 6 המשתתפים במחקר עמדו בקריטריונים אלה. שלושה משתתפים נוספים, שלא עמדו בקריטריונים, לא נכללו במחקר.
- נתוני הרקע של המשתתפים מתוארים בטבלה 2. צילומי CT שלהם מופיעים בנספח.

טבלה 2. נתוני רקע של המשתתפים

שמואל	גיל	מין	אטיולוגיה	מיקום מוחי	זמן מאז האירוע	י"ד דומיננטית	הערות
שמואל	69	גבר	אירוע מוחי	פריאטלי שמאלי	3 חודשים	ימין	
נירה	51	אישה	גידול + שטף דם בעקבות הניתוח	פרונטו-פריאטלי שמאלי	4 שנים	שמאל	
יצחק	84	גבר	אירוע מוחי	-	חצי שנה	ימין	
חביב	52	גבר	אירוע מוחי	טמפורו-פריאטלי שמאלי	שנה וחצי	שמאל	
ז'ניה	78	אישה	אירוע מוחי	פריאטלי שמאלי	חצי שנה	שמאל	לא קוראת עברית
שושנה	81	אישה	אירוע מוחי	-	שנה	ימין	לא קוראת כלל

עמודת "זמן מאז האירוע" מתייחסת למועד בו התחילה סדרת המפגשים עם כל משתתף.

כל המשתתפים הגיעו למחקר רק בשלב בו מצבם כבר היה יציב יחסית. רמת העברית של כולם היתה טובה: שמואל, נירה וחביב הם דוברי עברית כשפת-אם. יצחק, ז'ניה ושושנה חיו בארץ ודיברו עברית במשך רוב חייהם (לפחות 50 שנה). רוב המשתתפים היו מסוגלים לקרוא, פרט לז'ניה – שלא קראה עברית היטב גם לפני האירוע, אך קראה אנגלית; ולשושנה, שהקריאה שלה נפגעה בעקבות האירוע. לפיכך, ז'ניה ביצעה רק מטלות קריאה באנגלית, ושושנה לא ביצעה מטלות קריאה כלל.

מבחינת יכולתם להבין את המטלות ולמלא אחר הוראות, רוב המשתתפים היו ברמת תפקוד סבירה לחלוטין ולא נתקלו בקשיים מיוחדים. המצב היה שונה לגבי שושנה, שהתקשתה למלא את ההוראות במטלות המורכבות יותר, ולפיכך ביצעה רק את המטלות הפשוטות. כל המשתתפים ביצעו את המטלות המרכזיות במחקר. שמואל, נירה, חביב ושושנה, שבריאותם איפשרה את המשך הבדיקות, ביצעו גם את שאר המטלות. כחלק ממבדקי הרקע הועברו למשתתפים מבדקי זיכרון עבודה – ספאן ספרות, ספאן מילים דו-הברתיות, וספאן מילות תפל דו-הברתיות. מטלות אלה בודקות זיכרון קלט וזיכרון פלט. כמו כן נבדק ספאן matching של מילים, מטלה שבודקת זיכרון עבודה קלט בלבד. מטלות אלה, ונתוני קבוצות הביקורת לפי גיל, נלקחו מבטריית "פריגבי" (פרידמן וגביעון, 2002).

**מטלה 1. ספאן ספרות, מילים ומילות תפל:** כל מטלה נבנתה ברמות קושי הולכות ועולות, שבכל אחת מהן 5 רשימות פריטים (מילים, מילות תפל או ספרות). מספר הפריטים בכל רשימה הלך ועלה מרמה לרמה. הפריטים הוקראו למשתתף בקצב של פריט בשניה, ובסוף הרשימה הוא התבקש לחזור על כל הפריטים לפי הסדר. הספאן של המשתתף הוגדר בתור הרמה הגבוהה ביותר שבה המשתתף זכר במדויק לפחות 3 מתוך 5 הרצפים. כמו כן הוספנו ½ נקודה לספאן במקרים בהם המשתתף זכר 2 מתוך 5 הרצפים.

הפריטים במטלת ספאן מילים היו מילים בנות שתי הברות. מטלת ספאן תפל כללה מילות תפל בנות שתי הברות. מטלת ספאן ספרות כללה ספרות בודדות, ללא הספרה 0. במטלת ספאן ספרות המשתתפים לא ענו בע"פ אלא ע"י הצבעה על לוח ספרות.

**מטלה 2. ספאן התאמת מילים:** מטלה זו בודקת זיכרון עבודה קלט בלבד. המשתתף לא נדרש להפיק מילים, ולפיכך אין הפעלה של מערכת הפלט. כל פריט במטלה הורכב משתי רשימות מילים. חלק מהזוגות כללו רשימות זהות, ובחלקם הרשימות נבדלו בסדר הפריטים (למשל: בית-אפרוח-גינה, אפרוח-בית-גינה). המשתתף התבקש להחליט אם סדר הפריטים בשתי הרשימות זהה או לא. במטלה מוצגים זוגות רשימות באורך הולך ועולה, 10 זוגות מכל אורך. הספאן הוא האורך המכסימלי בו המשתתף ענה נכון על לפחות 7 מתוך 10 הזוגות.

**טבלה 3. זיכרון עבודה (ספאן)**

גיל	ספרות <sup>a</sup>	מילים <sup>b</sup>	תפל <sup>b</sup>	התאמת מילים	
51	3	2	2	4	נירה
52	1	1	0	3	חביב
51-60	6.5 (1.22)	5.9 (.21)	3.15 (.34)	6.1 (.87)	קבוצת ביקורת
69	3	2.5	0.5	4	שמואל
61-70	6 (.71)	5.55 (.44)	3.4 (.46)	5.7 (1.16)	קבוצת ביקורת
84	2.5	2	1	3	יצחק
78	3	2+	2	2	ז'ניה
71	3	3	0	<sup>c</sup> -	שושנה
71-77	6.45 (1.13)	5.65 (.41)	3.36 (.45)	5.45 (.93)	קבוצת ביקורת

לגבי קבוצות הביקורת מופיע הממוצע, ובסוגריים סטיית התקן.

[a] במטלת ספאן ספרות המשתתפים לא ענו בע"פ אלא הצביעו על הספרות בלוח-ספרות שהונח לפנייהם. שני משתתפים, יצחק ושושנה, ביצעו את המטלה גם בע"פ: אצל שושנה לא היה הברל בין שתי צורות ההעברה, ואצל יצחק היה הברל של 1 – הספאן בדיבור היה 2, ובעזרת לוח ספרות היה 3.

[b] הרצף הקצר ביותר במטלות הספאן הוא 2. לכן כאשר הנבדקים לא הצליחו אפילו בו, בדקנו את הספאן שלהם על סמך הפקת 5 מילים דו-הברתיות מתוך מטלת חזרה על מילות תפל / מילים בודדות (מטלות 4 ו-14), או על סמך הפקת 5 ספרות בודדות ממתלת חזרה על מספרים (מטלה 8).

[c] שושנה לא הצליחה להבין את ההוראות ולבצע את מטלת ספאן התאמת מילים.

טבלה 3 מראה שלכל המשתתפים פגיעה בזיכרון העבודה: זיכרון הקלט פגוע בודאות, כפי שניתן לראות מרמת הביצוע הנמוכה במטלת התאמת מילים. לגבי זיכרון הפלט קשה יותר לדעת, כיוון ששאר המטלות לא בודקות אותו באופן נפרד אלא בשילוב עם זיכרון הקלט. עם זאת, לאור הליקוי הפונולוגי הבולט של כל

המשתתפים במנגוני הפלט (הפקת דיבור), סביר שהספאן הנמוך במטלות אלה נובע לפחות באופן חלקי מפגיעה בזיכרון הפלט. בהמשך נראה עדויות נוספות לכך שזיכרון הפלט שלהם אכן פגוע.

## ש י ט ה

כל משתתף ביצע את המטלות השונות בסדרה של 7-20 מפגשים שארכו בין שעה לשעתיים, ונפרשו על פני תקופה של מספר חודשים. המפגשים נערכו בחדר שקט, לרוב בביתו של המשתתף. במטלות שבהן נדרשה תגובה בקול של המשתתף, תגובתו נרשמה בזמן אמת ע"י הנסיין, ובנוסף לכך הוקלטה, שוקלטה ע"י מאזין אחד ותוקנה ע"י מאזין נוסף. כל הפריטים בכל המטלות הוצגו ללא הגבלת זמן, פרט למספר מטלות בודדות שלגביהן ציינו זאת בפירוט בתיאור המטלה. בחלק מהמטלות הפריטים הוצגו על מחשב; במקרים אלה השתמשנו במחשב נייד עם מסך 15", והמשתתף עבר בעצמו מפריט לפריט בעזרת העכבר. במטלות הממוחשבות הפריטים הוצגו בפונט "דוד" בגודל 40, אלא אם כן מצויין אחרת. במטלות שהוצגו על דף, הפריטים הודפסו בפונט "אריאל" בגודל 14, אלא אם כן מצויין אחרת.

כיוון שכוונתנו במחקר זה היתה לבדוק רק תהליכי הפקה, ולא תהליכי הבנה, בכל המטלות שבהן הגירויים הוקראו בקול, פרט למטלות הספאן, הנסיין חזר על המילים שוב ושוב אם המשתתף ביקש זאת.

כל המטלות הועברו בעברית, פרט למקומות שבהם הדבר מצויין בפירוט.

השוואות בין שיעורי ההצלחה של משתתף מסויים בשתי מטלות שונות, או בשני מצבים בתוך אותה מטלה, התבצעו בעזרת ניתוחי פישור או  $\chi^2$ . השוואות בין מטלות ברמת הקבוצה כולה התבצעו בעזרת מבחן וילקוקסון, כאשר שיעורי הטעויות של כל משתתף שימשו בתור הערכים המשווים.

ברוב ההשוואות שערכנו היתה לנו השערה לגבי תוצאות ההשוואה, ולפיכך כל ערכי  $p$  שמופיעים בעבודה מתארים תוצאה של השוואות חד-זנביות, פרט למקרים מעטים בהם מצויין בפירוט אחרת.

## מיקום הפגיעה של המשתתפים

על מנת שנוכל לנתח את דפוס הביצועים של כל אחד מהמשתתפים ביחס למודלים של הפקת דיבור, עלינו לאפיין קודם כל את מקום הפגיעה המדוייק של כל משתתף. זיהינו את מקום הפגיעה במספר שלבים: ראשית, הראינו שהפגיעה היא בתהליכי הפלט (הפקת המילים) ולא בתהליכי הקלט או במערכת הקונספטואלית. שנית, הראינו כי הפגיעה היא בשלבים הפונולוגיים של מערכת הפלט, ולא בלקסיקון הסמנטי. לבסוף, ניסינו לאפיין את מיקום הפגיעה המדוייק של כל משתתף בתוך המערכת הפונולוגית – לקסיקון הפלט הפונולוגי או באפר הפלט הפונולוגי.

ניתוח זה של מקום הפגיעה נעשה לגבי עיבוד מילים רגילות, לא לגבי מספרים. לאחר שזיהינו את מקום הפגיעה של כל משתתף באופן זה, ערכנו בדיקות נוספות גם לגבי עיבוד מספרים.

## לקות קלט או פלט?

כדי לבדוק אם המשתתפים פגועים בשלבי הקלט או הפלט, בדקנו את שיעור הטעויות במטלות שדורשות הבנה בלבד, והשווינו אותו לשיעורן במטלות שדורשות גם הבנה וגם הפקה.

הפקת מילים נבדקה ע"י שלוש מטלות: במטלת קריאת מילים המשתתפים קראו בקול מילים בודדות שהוצגו בכתב; במטלת חזרה על מילים הם חזרו על מילים שנאמרו ע"י הנסיין; ובמטלת שמ"ש – שיום מאה שמות עצם הם התבקשו לשיים בקול תמונות שהוצגו להם. כל מטלה כזו דורשת סוג שונה של קלט, אך כולן דורשות הפקת דיבור.

ז'ניה, שלא קוראת היטב בעברית, קראה טקסט באנגלית במקום לבצע את מטלת קריאת מילים הרגילה. כל תוצאות הקריאה של ז'ניה המתוארות כאן לצורך אפיון הפגיעה שלה מתייחסות למטלת קריאת טקסט באנגלית.

**מטלה 3. קריאת מילים:** למשתתפים הוצגה רשימה של 148 מילים בודדות והם התבקשו לקרוא אותן בקול. 128 מהמילים היו ממבחן הסינון של בטריית "תלתן" (פרידמן וגביעון, 2003). 20 פריטים נוספים חוברו לצורך מחקר זה ויתוארו בפירוט בהמשך (בפרק "סטפ"ס: אפקט סמנטי או פונולוגי?" בעמ' 46); 18 מהם נכללים בניתוח כאן, ואילו שני הפריטים הנוספים התבררו בדיעבד כבלתי-מובנים למשתתפים והוצאו מכל הניתוחים. חלק מהמשתתפים קיבלו את רשימת המילים מודפסת על דף. לאחרים המילים הוצגו על מחשב, מילה אחת בכל פעם.

**מטלה 4. חזרה על מילים:** המשתתפים התבקשו לחזור בקול על 40 מילים בודדות שהוקראו להם ע"י הנסיין. המילים במטלה זו היו מילים רגילות – הן לא כללו מילות מספר או מילות פונקציה.

**מטלה 5. שמ"ש – שיום מאה שמות עצם** (בירן ופרידמן, 2004): למשתתפים הוצגו 100 תמונות של עצמים שונים והם התבקשו לנקוב בקול בשמו של העצם שבתמונה.

**מטלה 6. קריאת טקסט באנגלית:** לז'ניה הוצג טקסט פשוט בן 153 מילים באנגלית, שנלקח מהאינטרנט. הטקסט הוצג על דף, בפונט אריאל 11, מודפס בריווח גדול בין השורות (50 נקודות). הוא כלל 77 מילים רגילות, 63 מילות פונקציה, 11 מילות מספר ו-2 ראשי תיבות. הניתוחים המופיעים בפרק זה מתייחסים רק ל-77 המילים הרגילות מתוך הטקסט.

מטלות שונות שהועברו במהלך המחקר השתמשו בערוצי קלט שונים: שמיעה (במטלות חזרה) או קריאה (במטלות קריאה). במטלות של הפקת מילים מתוך משמעות, כגון מטלת שמ"ש, המידע מגיע אל מערכת ההפקה לא מערוץ קלט כלשהוא אלא מהמערכת הסמנטית. לפיכך, בדקנו כאן את תקינותם של ערוצי הקלט השונים ושל המערכת הסמנטית, במטרה לברר אם המידע מגיע למערכת ההפקה כשהוא תקין.

מנגנוני הקלט שרלוונטיים לקריאה נבדקו ע"י מטלת הגדרת מילים – המשתתפים התבקשו להגדיר מילים שהוצגו להם בכתב. מנגנוני הקלט שרלוונטיים לשמיעה נבדקו בעזרת אותה מטלה, כאשר המילים הוצגו בע"פ ולא בכתב, ובעזרת שתי מטלות נוספות: במטלת זיכרון עבודה – התאמת מילים (מטלה 2), המשתתפים שמעו שני רצפי מילים והתבקשו להכריע אם הם זהים או לא. ברצפי המילים הארוכים המשתתפים התקשו בגלל מגבלות הזיכרון שלהם, מגבלות שאינן מענייננו בהקשר הנוכחי, של בדיקת מנגנוני הקלט; לפיכך בדקנו את תוצאות המטלה רק לגבי הרצפים הקצרים, של שתי מילים. המטלה האחרונה ששימשה לבדיקת קלט משמיעה היא חזרה על מספרים. גם במטלה זו, חזרה על מספרים רב-ספרתיים עלולה ליצור עומס על זיכרון העבודה, ולכן בדקנו כאן רק את נתוני החזרה על ספרות בודדות.

המנגנונים הרלוונטיים להפקת מילים מתוך משמעות (במטלת שמ"ש) נבדקו בעזרת ניתוח טעויות במטלת שמ"ש.

**מטלה 7. הגדרת מילים:** למשתתפים הוצגה רשימה של 40 מילים, והם התבקשו להגדיר בקול כל מילה או לתת דוגמה לשימוש בה בתוך משפט. מטלה זו הועברה בגירסה כתובה, בה המילים הוצגו בכתב, ובגירסה מושמעת – בה הן הוקראו ע"י הנסיין. שתי הגירסאות הורכבו מאותה רשימת מילים, והועברו למשתתפים בהפרש של כחצי שנה זו מזו. ההגדרות של המשתתפים הוערכו ע"י שלושה שופטים, שהתבקשו לקודד כל תגובה של משתתף באחת משלוש דרכים אפשריות: נכונה – אם התרשמו שהמשתתף הבין את מילת המטרה (אפילו אם ההגדרה עצמה שנתן היתה גרועה או כללה שגיאות); שגויה – אם התרשמו שהמשתתף לא הבין את מילת המטרה; לא ברורה – אם אינם מסוגלים להחליט אם המשתתף הבין את מילת המטרה או לא. אי-הסכמות בין השופטים הוכרעו עפ"י דעת הרוב. במקרה היחיד בו לכל שופט היתה דעה שונה, ההחלטה הסופית נקבעה תוך דיון בין כותבי המחקר. התגובות שהקידוד הסופי שלהן היה "לא ברור" הוצאו מהניתוחים שלהן.

המתאם בין השופטים היה גבוה: היתה ביניהם הסכמה מלאה לגבי 80% מהפריטים. לגבי 17% נוספים מהפריטים היו אי-הסכמות שהתבטאו רק בהתלבטות בין קידוד התגובה כנכונה או כלא-ברורה (התלבטות שאינה חשובה ביותר לצורך הניתוח שביצענו כאן, שמתמקד בשיעור הטעויות). רק לגבי 3% מהפריטים היו התלבטויות שיש להן חשיבות לגבי ניתוח הטעויות – כלומר, מקרים בהם חלק מהשופטים סימנו תגובה כשגויה, ואחרים סימנו אותה כנכונה או לא ברורה.

**מטלה 8. חזרה על מספרים:** הנסיין הקריא למשתתפים בקול 80 מספרים בני 1-3 ספרות, והם התבקשו לחזור עליהם. במטלה היו 18 מספרים חד-ספרתיים, 22 דו-ספרתיים ו-40 תלת-ספרתיים. לא השתמשנו במספרים ארוכים יותר כדי לא לחרוג מגבול הספאן של המשתתפים. חביב, שספאן הספרות שלו היה נמוך ביותר, לא ביצע מטלה זו.

טבלה 4 משווה בין מטלות ההבנה לבין המטלות שמשלבות הבנה והפקה. ההשוואה מוצגת בנפרד עבור כל אחד מערוצי הקלט הרלוונטיים: קלט בשמיעה בהשוואה למטלת חזרה, וקלט בקריאה בהשוואה למטלת קריאה בקול. לגבי הפקת מילים מתוך המערכת הסמנטית-קונספטואלית (במטלת שיום), הדבר שאנו מעוניינים לבדוק הוא לא תקינותם של מנגנוני קלט, אלא תקינותה של המערכת הקונספטואלית, שהיא השלב הראשון בייצור המילים בזמן שיום. המערכת הקונספטואלית מוצאת את המושג הדרוש; והשלב הבאים המעורבים בהפקת המילה הם הלקסיקון הסמנטי, לקסיקון הפלט הפונולוגי ובאפר הפלט הפונולוגי (ר' תרשים 1). תקינות הלקסיקון הסמנטי תיבדק בשלב הבא בפרק זה.

כדי לברר אם המערכת הקונספטואלית תקינה, ניתחנו את הטעויות במטלת השיום (שמ"ש): טעות במערכת הקונספטואלית תתבטא בהפקה של מילה לא קשורה למילת המטרה. כל טעות מסוג אחר, שניתן להבין ממנה שהמשתתף אמר או ניסה לומר את מילת המטרה או מילה הקשורה לה סמנטית, מעידה על כך שהמערכת הקונספטואלית תפקדה באופן תקין. הוצאנו מניתוח זה מקרים בהם המשתתף לא הפיק אף מילה, או הגיב תגובה לא רלוונטית (פרסברציה / ניאולוגיזם).

**טבלה 4.** שיעור הטעויות הכללי במטלות הבנה והפקה של מילים

הפקה חזרה	קלט בשמיעה			קלט בקריאה		
	הבנה			הפקה	הבנה	
	חזרה על ספרות <sup>a</sup>	ספאן התאמה <sup>a</sup>	הגדרה	קריאה בקול	הגדרה	
23%	6%	14%	0%	67%	0%	שמואל
23%	0%	0%	0%	18%	0%	נירה
30%	0%	13%	–	21%	5%	יצחק
66%	–	0%	0%	56%	0%	חביב
–	6%	–	–	32%	–	ז'ניה – אנגלית
23%	0%	0%	–	–	12%	ז'ניה – עברית
48%	17%	–	3%	–	–	שושנה

שיום (שמ"ש)		
הפקה	הבנה	
	כל הטעויות	קונספטואליות
52%	1%	שמואל
24%	0%	נירה
57%	6%	יצחק
70%	3%	חביב
62%	3%	ז'ניה – אנגלית
71%	3%	ז'ניה – עברית
56%	0%	שושנה

נתוני הקריאה של ז'ניה הם ממטלת קריאת טקסט באנגלית (מטלה 6). • בטבלה נכללות הטעויות מכל הסוגים. • סימון "–" מצייין שהמשתתף/ת לא ביצע/ה את המטלה.  
 [a] אחוז הטעויות במטלות "ספאן התאמה" ו"חזרה על ספרות" עשוי להטעות, כיוון שניתוחים אלה מתבססים על מספר פריטים קטן ביותר. יש לשים לב שעמודת ספאן התאמה מתארת את שיעור הטעויות ב-7-8 פריטים, ועמודת חזרה על ספרות את שיעורן בהפקת 18 פריטים.

מהטבלה עולה בבירור הפער הגדול בין תפקוד המשתתפים התקין-יחסית במטלות הבנה לבין תפקודם הלקוי במטלות שדורשות גם הפקה. לגבי מטלת החזרה על ספרות, יש לציין כי הטעויות הבודדות של שמואל, ז'ניה ושושנה בהחלט עשויות להיות טעויות שקשורות לשלב הפלט (כולן טעויות סמנטיות, כפי שניתן לצפות בהתאם לתופעת סטפ'ס), כך שאין לפרש אותן בהכרח כעדות לפגיעה במנגנון הקלט; לעומת זאת, בהחלט אפשר לפרש את התפקוד התקין של שאר המשתתפים במטלה זו כעדות לתקינות מנגנוני הקלט השמיעתי שלהם.

לצורך בדיקת המערכת הקונספטואלית השתמשנו בשתי מטלות נוספות, שהועברו לחביב בלבד: **אסוציאציות ופירמידות, וזיהוי שמות עצם**. חביב ביצע את שתי המטלות ללא כל טעות, דבר שמחזק את המסקנה שהמערכת הקונספטואלית שלו תקינה.

**מטלה 9. אסוציאציות ופירמידות** (בירן ופרידמן, 2007): למשתתף הוצגו 35 שלישיות של תמונות. בכל שלישייה תמונה אחת סומנה כתמונת המטרה; המשתתף היה צריך להצביע על אחת משתי התמונות האחרות, שיש לה קשר אסוציאטיבי לתמונת המטרה. לדוגמה: תמונת המטרה היא ביצה, והתמונות האחרות הן תרנגולת וכלב.

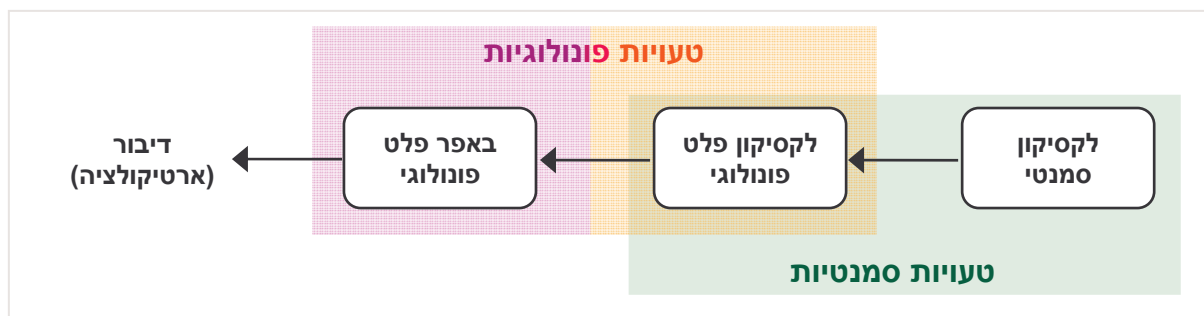
**מטלה 10. זיהוי שמות עצם** (כירן ופרידמן, 2004): למשתתף הוצגו 25 רביעיות של תמונות שמתארות שמות עצם שאינם קשורים סמנטית זה לזה. עבור כל רביעייה, הנסיין נקב בקול בשמו של החפץ שמתואר באחת מארבע התמונות, והמשתתף התבקש להצביע על התמונה המתאימה.

לסיכום, נראה שהפגיעה של המשתתפים היא בשלבי הפלט, בעוד מנגנוני הקלט שלהם נותרו תקינים. יוצאי דופן היו שושנה, שהתקשה מאד בקריאת מילים ומספרים, ולכן לא הועברו לה מטלות שדרשו זאת; וז'ניה, שקראה היטב רק באנגלית. זיכרון עבודה קלט (באפר הקלט הפונולוגי) של כל המשתתפים אמנם פגוע, אך פגיעה זו רלוונטית רק למטלות החזרה, ואצל כל המשתתפים פרט לחביב הפגיעה היתה ברמה שמאפשרת חזרה על מילים בודדות. לגבי חביב, הפגיעה הקשה בזיכרון הקלט שלו לא איפשרה כמעט להעביר לו מטלות בהן הפריטים הוצגו בדיבור ולכן הוא לא ביצע מטלות מסוג זה. לגבי שאר המשתתפים, הניתוח היחיד שעלינו להתייחס בו לפגיעה בבאפר הקלט הפונולוגי הוא זה של מטלת חזרה על מילות תפל, שמושפעת מאד מפגיעה כזו, וכך אמנם נעשה.

### לקות בלקסיקון הסמנטי או במערכת הפונולוגית?

ההשוואות שערכנו מראות שכל המשתתפים במחקר אכן סובלים מפגיעה במנגנוני פלט. כדי לאפיין את הפגיעה הזו באופן מדויק יותר, נבחן שוב את מנגנוני הפלט, כפי שמתוארים בתרשים 5: הייצוג הסמנטי של מילת המטרה מופעל בלקסיקון הסמנטי; זה מפעיל את הייצוג הפונולוגי שלה בלקסיקון הפלט הפונולוגי, ייצוג שכולל את כל המרכיבים הפונולוגיים של המילה לפני שחוברו יחד. מידע זה מועבר אל באפר הפלט הפונולוגי, שמחבר אותו ומעביר מילים ומשפטים שלמים אל המערכת הארטיקולטורית. זו אחראית על יצירת צלילי הדיבור ממש.

פגיעות ברכיבים שונים במנגנון יתבטאו בסוגי טעויות שונים. פגיעה בתוך הלקסיקון הסמנטי עצמו תגרום לטעויות סמנטיות. פגיעה במעבר ממנו אל לקסיקון הפלט הפונולוגי, או בלקסיקון הפונולוגי עצמו, עשויה להתבטא בטעויות פונולוגיות אך גם בטעויות סמנטיות (Caramazza & Hillis, 1990). פגיעה בשלבים מאוחרים יותר – במעבר מהלקסיקון הפונולוגי אל הבאפר, או בבאפר עצמו – תתבטא בטעויות פונולוגיות בלבד.



הרכיבים השונים במנגנון הפקת הדיבור. המלכנים הצבעוניים מציינים את האיזורים שפגיעה בהם עשויה לגרום לסוג הטעויות המסומן.

**תרשים 5: מנגנון הפקת דיבור, וסוגי הטעויות שצפויים בעקבות פגיעה בו**

בשלב זה פנינו להראות שהפגיעה של המשתתפים אכן מתבטאת בטעויות פונולוגיות – ממצא שמצמצם את מקום הליקוי האפשרי ללקסיקון הפלט הפונולוגי או באפר הפלט הפונולוגי (האיזורים הכתומים-אדומים בתרשים 5). בדקנו זאת ע"י השוואה בין שיעור הטעויות הפונולוגיות לשיעור הטעויות הסמנטיות.

**טבלה 5א. שיעור הטעויות מסוגים שונים בשיום מילים (מטלת שמ"ש)**

דוגמה: (מפתח)	סה"כ	פונולוגי	סמנטי	כפול	משולב	סה"כ פונו	סה"כ סמנטי	גישוש	אין תגובה
		מְרַתֵחַ, מְקַדַּח	מְנַעוּל	מְנַגּוּל	פּוֹתֵחַן			שול... שולחן	
שמואל	53%	46%	3%	1%	1%	47%	4%	18%	1%
נירה	24%	22%	0%	1%	1%	23%	1%	17%	1%
יצחק	57%	47%	0%	5%	0%	52%	5%	5%	1%
חביב	56%	32%	14%	4%	3%	37%	18%	3%	27%
ז'ניה	60%	53%	6%	4%	0%	57%	8%	1%	28%
שושנה	54%	42%	5%	7%	0%	47%	11%	4%	4%

להלן פירוט משמעות הטורים. השורה "דוגמה" שמתחת לכותרות הטורים מדגימה טעות אפשרית בהפקת המילה "מפתח":

- פונולוגי – מקרים בהם המשתתף הפיק את מילת המטרה עם טעות פונולוגית.
- סמנטי – מקרים בהם המשתתף הפיק מילה הקשורה סמנטית למילת המטרה, והגה אותה ללא טעות.
- כפול – מקרים בהם המשתתף הפיק מילה הקשורה סמנטית למילת המטרה, והגה אותה עם טעות פונולוגית.
- משולב (mixed) – מקרים בהם המשתתף הפיק מילה הקשורה סמנטית למילת המטרה וגם דומה לה פונולוגית.
- סה"כ פונו – סך כל הטעויות הפונולוגיות: מסכם את עמודת "פונולוגי" ועמודת "כפול".
- סה"כ סמנטי – סך כל הטעויות הסמנטיות: מסכם את עמודת "סמנטי" ועמודת "כפול".
- גישוש – מקרים בהם המשתתף הפיק את מילת המטרה ללא טעות אך באופן מגומגם תוך חזרה על הברות.
- אין תגובה – מקרים בהם המשתתף לא ניסה להפיק מילת תגובה (השיב "לא יודע", או ענה בהגדרה, ג'סטה וכו').

אחוזי הטעויות נספרו מתוך כלל הפריטים בהם המשתתף הפיק מילה כלשהי, פרט לטור "אין תגובה" שנספר מתוך כלל הפריטים.

**טבלה 5ב. שיעור הטעויות מסוגים שונים בקריאה וחזרה על מילים**

	חזרה		קריאה	
	פונולוגיות	גישוש	פונולוגיות	גישוש
שמואל	23%	0%	67%	8%
נירה	23%	8%	18%	18%
יצחק	30%	3%	21%	1%
חביב	66%	6%	55%	6%
ז'ניה	23%	0%	–	–
שושנה	48%	3%	–	–

במטלת הקריאה קיימים מקרים בהם הטעות היא טעות מורפולוגית של החלפת מורפמה באחרת – לדוגמה, קריאת המילה "הפסיק" בתור "מספיק". טעויות אלה נספרו כאן כטעויות פונולוגיות. ניתן אמנם לטעון שצריך לספור אותן כסוג נפרד של טעות, אך כמות הטעויות האלה אינה גדולה: 4 מתוך 27 הטעויות של נירה שנספרו כאן כ"פונולוגיות" היו בעצם מורפולוגיות; אצל חביב, 5 מתוך 80 הטעויות ה"פונולוגיות" שלו היו מורפולוגיות; ואצל שמואל, 10 מתוך 98 הטעויות ה"פונולוגיות" שלו היו מורפולוגיות. הפרשים אלה אינם משמעותיים מבחינת הניתוחים שבוצעו בהמשך, כולל לגבי ניתוח ההבדלים בדפוס הטעויות בין מילים למספרים.

טבלה 5 מראה כי לכל המשתתפים שיעור גבוה של טעויות פונולוגיות ושיעור נמוך של טעויות סמנטיות. למעשה, במטלות קריאת מילים וחזרה על מילים לא היו טעויות סמנטיות כלל, פרט לטעות אחת אצל שושנה במטלת החזרה. בהעדר פגיעה בקלט ובמערכת הקונספטואלית, דפוס טעויות זה מצביע על פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי או בבאפר הפלט הפונולוגי.

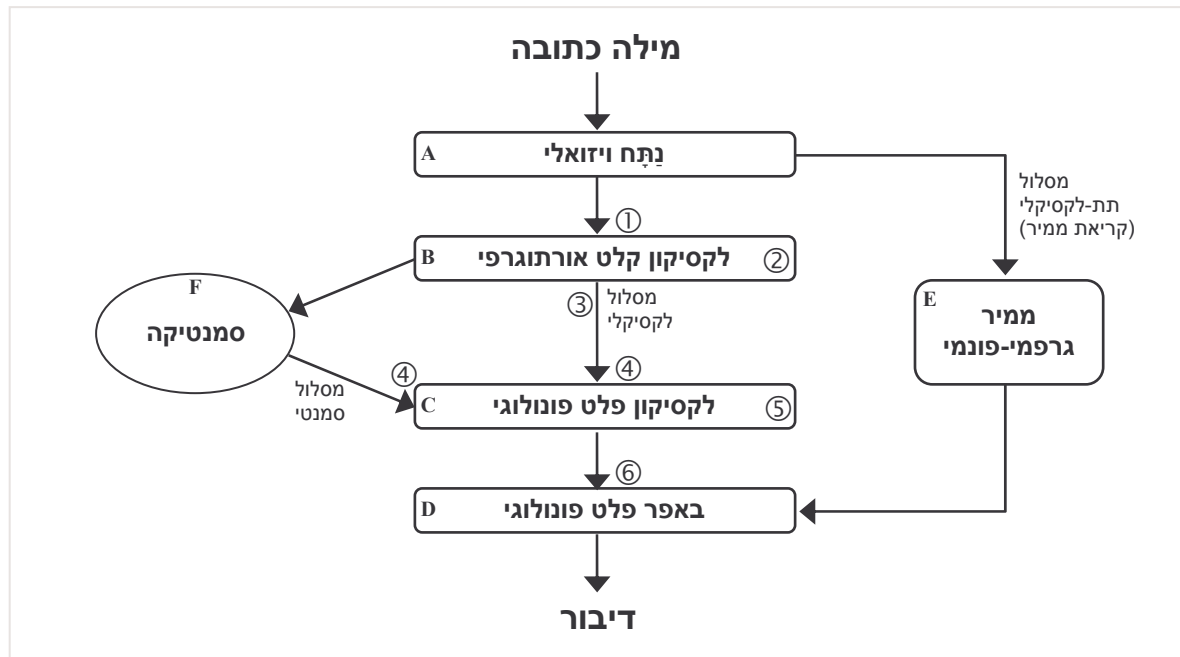
לחביב ולז'ניה היה במטלת השיום גם שיעור לא מבוטל של מקרים שבהם לא הגיבו כל תגובה, אך מקרים אלה אינם אינפורמטיביים כיוון שיש סוגי פגיעה רבים שעשויים לגרום להם.

## לקות בבאפר הפלט הפונולוגי או בלקסיקון הפלט הפונולוגי ?

כעת ביקשנו להבחין בין משתתפים הפגועים בבאפר הפלט הפונולוגי לכאלה שפגועים בלקסיקון הפלט הפונולוגי (האיזור הורוד לעומת הסגול בתרשים 5). הבחנה זו היא כבר קשה יותר, וכיצענו אותה לפי מספר קריטריונים. הראשון הוא **אפקט אורך**: באפר הפלט הוא זיכרון עבודה ולכן רגיש לאורך המילה; קיומו של אפקט אורך, כך שיש יותר טעויות במילים ארוכות יותר, עשוי לרמוז על פגיעה בבאפר. הקריטריון השני הוא **אפקט שכיחות**: ללקסיקון הפלט הפונולוגי עשוי להיות מושפע משכיחות המילה, אך הבאפר לא מושפע ממנה. קיומו של אפקט שכיחות (פחות טעויות במילים שכיחות) מלמד על פגיעה בלקסיקון. הקריטריון השלישי הוא **אפקט תדירות הברות**: אפקט כזה מיוחס בדרך כלל לבאפר הפלט הפונולוגי, ולא ללקסיקון. הקריטריון הרביעי הוא **הפקת מילות תפל**: ללקסיקון הפלט הפונולוגי מכיל מילים קיימות בלבד, בעוד באפר הפלט מעבד גם מילות תפל. לפיכך, אם הפגיעה היא בלקסיקון הפלט הפונולוגי בלבד, לא נצפה לטעויות פונולוגיות בהפקת מילות תפל: טעויות כאלה יצביעו על פגיעה בבאפר הפלט. הקריטריון האחרון הוא **קריאת ממיר**, שמפורט להלן.

### ק ר י א ת מ מ י ר

המודל הדו-מסלולי לקריאת מילים בודדות מתאר מספר שלבים בתהליך הקריאה. מודל זה תואר באופן כללי במבוא (בתרשים 1), ומובא כאן בפירוט רב יותר בתרשים 6. המודל, שהוצע ע"י Ellis and Young (1988), מבוסס על מודלים שפותחו ע"י שורה של נורופסיכולוגים מאז שנות ה-70 של המאה העשרים (1985, 1978, 1973; Coltheart, Marshall & Newcombe, 1980; Morton & Patterson, 1980; Shallice & Warrington, 1980; Patterson, Marshall, & Coltheart, 1985). על פי המודל, תהליך הקריאה מתחיל בניתוח ויזואלי של המילים – זיהוי האותיות ששייכות לכל מילה ומיקומן בתוך המילה. לאחר מכן מתפצל התהליך למספר מסלולי קריאה אפשריים. המסלול העיקרי שקוראים נורמלים משתמשים בו לקריאת מילים מופרות הוא המסלול הלקסיקלי (בתרשים,  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ ): ראשית, הנתח הויזואלי מזהה את אותיות המילה ומיקומן. לאחר מכן אנו מוצאים את המילה בלקסיקון הקלט האורתוגרפי, שמכיל את הצורה הכתובה של כל המילים שמופרות לנו. בשלב הבא אנו מוצאים את צורתה הפונולוגית של המילה בלקסיקון הפלט הפונולוגי, ולבסוף המידע עובר אל באפר הפלט הפונולוגי וממנו אל הפקת הדיבור עצמו (ארטיקולציה). המסלול הסמנטי כמעט זהה ( $A \rightarrow B \rightarrow F \rightarrow C \rightarrow D$ ), פרט לכך שהמעבר מלקסיקון הקלט האורתוגרפי אל לקסיקון הפלט הפונולוגי מתבצע דרך הסמנטיקה. המסלול השלישי הוא המסלול התת-לקסיקלי, או "קריאת ממיר" ( $A \rightarrow E \rightarrow D$ ): כאן אנו קוראים לא באמצעות ידע לקסיקלי אלא ע"י שימוש בחוקים כלליים שממירים גרפמות (אותיות) לפונמות. מסלול זה משתמש בנתח הויזואלי ובבאפר הפלט הפונולוגי אך אינו מסתמך על הלקסיקונים, ומשום כך קוראים נורמלים משתמשים בו לקריאה של מילים חדשות שאינם מכירים (כלומר, מילים שלא נמצאות בלקסיקון הקלט האורתוגרפי או בלקסיקון הפלט הפונולוגי).



תרשים 6: מודל לקריאת מילה בודדת

המסלול התת-לקסיקלי הוא מסלול פחות-מועדף לקריאה של מילים מופרות; אך פגיעה ברכיב כלשהו במסלול הלקסיקלי עשויה לגרום לקריאה באמצעות המסלול התת-לקסיקלי, במטרה "לעקוף" את הרכיב הפגוע. מצב זה נקרא דיסלקסיית שטח. קריאה כזו אינה מתבססת על הלקסיקונים ולכן יוצרת טעויות במילים שדורשות ידע לקסיקלי – כגון מילים אי-רגולריות, שאופן כתיבתן אינו מציית לחוקי ההמרה הנפוצים. "קוראי-ממיר" עשויים למשל לקרוא את המילה "עכשיו" בתור "עכשיו", את "ראש" בתור "רעש" וכו'. כמו כן הם עשויים לטעות בקריאה של מילים שנכתבות באופן דו-משמעי – למשל, לקרוא "קובע" בתור "כובע", או "כושר" בתור "קושר" (בהטעמת מלרע). מקובל לראות את קיומן של טעויות קריאה מסוג זה כעדות לקריאה באמצעות המסלול התת-לקסיקלי (Marshall & Newcombe, 1973; Friedmann & Lukov, in press; Coltheart & Funnell, 1987).

אם משתתף מסויים קורא בקריאת ממיר, במסלול התת-לקסיקלי, נצפה שיופיעו אצלו במטלת הקריאה טעויות כגון אלה שתוארו כאן – טעויות שטח. לפיכך ספרנו את טעויות השטח במילים שהמשתתפים קראו במטלת הקריאה. לא בדקנו בניתוח זה את שיעור טעויות השטח מתוך כלל המילים שהוצגו, כיוון שזה מעיד בעיקר על רמת התפקוד הכללית של כל משתתף ולא דווקא על סוג הפגיעה, אלא את שיעור טעויות השטח מתוך אותן טעויות שנספרו לעיל (בטבלה ב'5) בתור טעויות פונולוגיות.

ניתוח זה העלה הבדל ברור למדי בין המשתתפים: לשמואל היו 8 טעויות שטח מתוך 98 טעויות פונולוגיות (8%); לנירה – 3 טעויות שטח מתוך 27 טעויות פונולוגיות (11%); לז'ניה (בקריאת טקסט באנגלית) – טעות שטח אחת בלבד מתוך 23 טעויות פונולוגיות (4%); ליצחק – 11 טעויות שטח מתוך 30 טעויות פונולוגיות (37%); ולחביב – 32 טעויות שטח מתוך 80 טעויות פונולוגיות (40%). נראה, אם כן, שחביב ויצחק קוראים קריאת ממיר בעוד שמואל, נירה וז'ניה קוראים במסלול הלקסיקלי הרגיל.

כאמור, שימוש במסלול התת-לקסיקלי לקריאת מילים מופרות הוא תוצאה של פגיעה ברכיב כלשהו שייחודי למסלול הלקסיקלי: לקסיקון הקלט האורתוגרפי (2 בתרשים), לקסיקון הפלט הפונולוגי (5), הגישה לאחד מהם (1 או 4), הקישור ביניהם (3), או הגישה אל באפר הפלט הפונולוגי (6) (Jackson & Coltheart, 2001). בעבר אכן דווח על פגועי לקסיקון פלט פונולוגי שביצעו טעויות שטח בקריאה – למשל החולה EST אצל Kay and Ellis (1987), Kay and Patterson (1985); החולה MK אצל Howard and Franklin (1987); והחולה FM אצל Graham, Hodges, and Patterson (1994). פגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי עצמו לא אמורה לעודד את המשתתף לקרוא קריאת ממיר, כיוון שבאפר הפלט הפונולוגי משתתף בכל מסלולי הקריאה.

לצורך הדיון הנוכחי, אין לנו צורך להבחין במיקום הפגיעה ברזולוציה כה גבוהה כפי שתוארה לעיל. אנו מעוניינים להבחין רק בין שלוש אפשרויות: האם הפגיעה היא ברמת לקסיקון הקלט האורתוגרפי (1 או 2), בקישור בין הלקסיקונים (3) או ברמת לקסיקון הפלט הפונולוגי (4, 5, או 6). יש לשים לב שפגיעה בגישה אל באפר הפלט הפונולוגי (6) עדיין אינה פגיעה בבאפר עצמו (אחרת היתה משפיעה גם על המסלול של קריאת ממיר); לפיכך, מבחינת זיהוי מקום הפגיעה של כל משתתף, נסווג אותה כפגיעה באיזור לקסיקון הפלט הפונולוגי ולא בבאפר הפלט הפונולוגי.

כדי להבחין בין מיקומי הפגיעה האפשריים, ניתן לבדוק את רמת התפקוד של המשתמש במטלות הבנה שדורשות שימוש בלקסיקון הקלט האורתוגרפי בלבד. הצלחה במטלות אלה מצביעה על כך שלקסיקון הקלט האורתוגרפי תקין. אם משתתף מצליח במטלות אלה ועדיין קורא קריאת ממיר, נוכל להסיק שיש לו כנראה פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי או בקישור בין הלקסיקונים.

כדי לבדוק את תקינות לקסיקון הקלט האורתוגרפי, השתמשנו בשתי מטלות שמחייבות את המשתתף לבחור מהי הצורה הנכונה לכתוב מילה: במטלת הומופונים ועצי תמר עליו לבחור אחת משתי מילים שכתובות לפניו – מילת המטרה, ומילת מסיח שהצורה הפונולוגית שלה זהה (הומופון, למשל כלה-קלה). בחלק מהמקרים המסיח לא היה הומופון אלא פוטנציפון (Gvion & Friedmann, 2001) – מילה שכתובה באופן שונה וגם צורתה הפונולוגית שונה, אך קריאה תת-לקסיקלית שלה עשויה להוביל לצורה פונולוגית שזוהה למילת המטרה; לדוגמה, כרוב-קרוב. במטלת דיסקרימינציה לקסיקלית עליו לבחור בין מילת מטרה לבין מסיח בעל צורה פונולוגית זהה שמאוייג עם שגיאות. בשתי המטלות, קריאת ממיר תיצור את אותה צורה פונולוגית לשתי המילים שמוצגות, ולכן המשתתף לא יכול לשפוט נכונות של מילה ע"י כך שיקרא במסלול התת-לקסיקלי ויקשיב אם המילה שאמר נכונה, אלא הוא חייב ממש לחפש את המילה בלקסיקון הקלט האורתוגרפי (Friedmann & Lukov, in press; לגבי מטלת הבנת הומופונים, גם Marshall, 1984). כדי לוודא עוד יותר שהמשתתף לא מנסה להשתמש באסטרטגיה של קריאה בקול והקשבה, ביקשנו במטלה זו באופן מפורש ומודגש שלא להגיד אף מילה במהלך המטלה, וכך אכן היה.

כיוון שבשלב זה יצחק כבר לא השתתף במחקר, מטלות אלו הועברו לחביב בלבד.

**מטלה 11. הומופונים ועצי תמר** (מתוך בטריית "תלתן", פרידמן וגביעון, 2003): למשתתף הוצגו 41 תמונות של שמות-עצם, וליד כל תמונה נרשמו 2-4 מילים. אחת מהמילים התאימה לשם-העצם בתמונה, ושאר המילים היו הומופונים או פוטנציפונים שלה. המשתתף התבקש להצביע על המילה הנכונה.

**מטלה 12. דיסקרימינציה לקסיקלית** (Friedmann & Lukov, in press): למשתתף הוצגו 68 זוגות מילים: כל זוג כלל מילה אחת קיימת, ופסאודו-הומופון – מילת-תפל שהיא הומופון שלה, כלומר נשמעת כמו המילה אם קוראים אותה בקול (למשל, צאן-צון, או שכחתי-שחכתי). המשתתף התבקש לסמן את המילה הנכונה מתוך כל זוג.

במטלת הומופונים ועצי תמר היו לחביב שתי טעויות בלבד (5%), ובמטלת דיסקרימינציה לקסיקלית לא היו לו טעויות כלל. הצלחתו במטלות אלה מראה כי לקסיקון הקלט האורתוגרפי שלו תקין, וכך גם הגישה אליו. מכאן הסקנו שקריאת הממיר שלו יכולה לנבוע מפגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי, או מפגיעה בקישור בין לקסיקון הקלט האורתוגרפי לבין לקסיקון הפלט הפונולוגי. כיוון שחביב מבצע טעויות פונולוגיות גם במטלות חזרה ושיום, האפשרות של פגיעה בקישור בין הלקסיקונים נראית פחות סבירה: קישור זה אינו משתתף בתהליך של חזרה ושיום אלא רק בקריאה. לקסיקון הפלט הפונולוגי, לעומתו, משתתף גם בתהליכי החזרה והשיום.

לסיכום, הקריטריון של קריאת ממיר מצביע על כך שלחביב, ובסבירות מסויימת גם ליצחק, יש פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי.

### א פ ק ט ש כ י ח ו ת ו א ו ר ך

קימו של אפקט שכיחות, כך שיש יותר טעויות במילים נדירות, מצביע על פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי: הלקסיקון עשוי להיות מושפע מתדירות המילה. באפר הפלט הפונולוגי, שהוא רכיב זיכרון בלבד, לא מושפע משכיחות המילה (Nickels, 1997; Jescheniak & Levelt, 1994).

לעומת זאת, באפר הפלט הפונולוגי רגיש לאורך המילה. במקרים שונים נצפה אפקט אורך אצל פגועי באפר פלט פונולוגי. כך, Nickels and Howard (2004) דיווחו על אפקט אורך אצל תשעה אפאזים. נראה שלכולם פגיעת באפר, מאחר וכולם התקשו בהפקת מילות תפל. אצל שנים מהם, CH ו-RK, לא היו אפקטים לקסיקליים (כגון תדירות המילה ועד כמה קל לדמיין אותה), דבר שמצביע על לקסיקון פלט פונולוגי תקין-יחסית, ומכאן שלפחות אצל אותם שני חולים ניתן לשער שאפקט האורך נבע מהפגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי. גם Franklin, Burek, and Howard (2002) מתארים מקרה דומה – אפקט אורך אצל חולה אפאזיה, שאין אצלו אפקטים לקסיקליים ולכן גם הוא כנראה פגוע בבאפר בלבד.

ניתן להעלות השערה אלטרנטיבית לפיה גם פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי תתבטא באפקט אורך מילה: אם טעות בלקסיקון יכולה להיות תוצאה של גישה שגויה לסגמנט מסויים, הרי שבמילה ארוכה יותר, בה יש יותר סגמנטים, הסיכוי לטעות רב יותר. עפ"י השערה זו, ימצא אפקט אורך אצל כל המשתתפים. בפועל, כפי שנראה בהמשך (בטבלה 7), אפקט אורך נמצא רק אצל חלק מהמשתתפים, ומי שאין אצלו אפקט אורך אכן נראה כפגוע בלקסיקון הפלט הפונולוגי, ממצא שמחליש את ההשערה האלטרנטיבית. בסופו של דבר, אפקט אורך אינו עדות חד-משמעית לפגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי, אך מקובל לרוב לייחס אותו לפגיעה בשלבים שאחרי לקסיקון הפלט הפונולוגי (Nickels, 1997), ולפיכך נתייחס אליו כאל ממצא שמהווה תמיכה מסויימת בזיהוי פגיעת באפר.

את אפקט האורך ואפקט השכיחות מדדנו במטלת קריאת מילים (מטלה 3) ובמטלת שמ"ש (מטלה 5). לא ניתחנו בהקשר זה את מטלת החזרה על מילים כיוון שהיא מערבת גם את באפר הקלט הפונולוגי, שכבר ראינו שהוא פגוע, ולכן קשה לדעת אם לייחס את אפקט האורך במטלה זו (אם ימצא כזה) לבאפר הפלט או לבאפר הקלט.

אפקט האורך והשכיחות נמדדו ע"י חישוב מתאם פוינט ביסיריאל בין אורך המילה, או שכיחותה, לבין המשתנה הדו-ערכי שמציין אם היתה טעות בהפקת המילה. שלושת המשתנים האלה נמדדו באופן הבא:

שכיחות המילה נמדדה באופן שונה עבור כל אחת מהמטלות: במטלת קריאת מילים השתמשנו בשכיחות כפי שמופיעה במסד הנתונים לשכיחות מילים כתובות בעברית (Frost & Plaut, 2005). במטלת שמ"ש, שכיחות המילים נלקחה מנתוני המבחן עצמו (בירן ופרידמן, 2004), שנאספו משיפוטי שכיחות של 75 דוברי עברית בשלוש השנים האחרונות. בקריאת טקסט באנגלית, שכיחות המילים היא עפ"י Kucera and Francis (1967).

לגבי אופן המדידה של אורך המילה ושל טעויות ההפקה עצמן המצב מעט מורכב יותר, ולהלן נתאר את הסוגיות המתודולוגיות הכרוכות במדידה של משתנים אלה.

### **הכללת פריטים וספירת טעויות**

מדידת אפקט האורך והשכיחות אמורה להבחין בין פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי לבין פגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי. בניתוח זה אנו מנסים לברר האם הפגיעה במערכת הפונולוגית היא במקום שרגיש לאורך המילה, לשכיחותה או לשני הפרמטרים. מטרת הניתוח הזו היא לא לברר מהי רמת התפקוד של כל משתתף, כלומר מהו אחוז הטעויות הכללי שלו. משום כך, עדיף להכליל בניתוח רק פריטים שלגביהם ניתן לבצע ניתוח מהימן של אפקט אורך ושכיחות, ולהוציא פריטים אחרים. התוצאה של הוצאת פריטים מהניתוח תהיה הפחתה, מלאכותית אולי, של שיעור הטעויות הכללי; אך הפחתה זו לא תפריע לניתוח אפקט האורך והשכיחות, שיהיה דווקא מדויק יותר.

לדוגמה, פריטים בהם המשתתפים ביצעו טעות סמנטית הוצאו מניתוח זה: כפי שהוזכר לעיל, טעויות סמנטיות עשויות לנבוע גם מהמערכת הקונספטואלית או מהלקסיקון הסמנטי ולא דווקא מהמערכת הפונולוגית, ולכן הכללתן בהקשר של הבחנה בין פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי לפגיעה בבאפר עשויה "לכלוך" את התוצאות. בעיה דומה היא מקרים של טעות פונולוגית על מילה שאינה מילת המטרה המדויקת. לדוגמה, אם מילת המטרה היתה "טרקטור" והמשתתף אמר "בולגוֹר", הפריט הוצא מהניתוח. אמנם מדובר בטעות פונולוגית ברורה, אבל הכללתה תוך התייחסות לנתוני השכיחות והאורך של המילה "טרקטור" היא חסרת-טעם. באופן זה נהגנו לא רק לגבי טעויות סמנטיות אלא גם לגבי מקרים שבהם המילה שהופקה אינה קשורה למילת המטרה. למעשה, כיוון שאנו מעוניינים להתייחס ככל האפשר רק לטעויות שמעידות על קושי בתפקוד של המערכת הפונולוגית, הכללנו בניתוח זה רק טעויות פונולוגיות. כל הפריטים בהם היו טעויות מסוגים אחרים – הוצאו מהניתוח (כלומר לא נחשבו במניין הפריטים השגויים וגם לא במניין הפריטים הנכונים).

במרבית המקרים החשבנו כטעות פונולוגית גם מקרים של גישוש שאינו כולל שגיאה פונולוגית של ממש ("כ... כל... כל... כלב"): מקרים מסוג זה, גם אם אינם טעות במובן הרגיל, מעידים על קושי של המערכת הפונולוגית להפיק את המילה. עם זאת, העדפנו שלא להכליל את הגישושים במניין הטעויות במטלת הקריאה אם נראה שהמשתתף קורא באמצעות המסלול התת-לקסיקלי – כלומר אצל יצחק וחביב. שימוש במסלול כזה עשוי לגרום לאסטרטגיה של קריאת אות-אות, או קריאת המילה בחלקים, אסטרטגיה שעשויה לגרום בעצמה לגישוש ובכך להטות את הנתונים: אם ימצא אפקט אורך, אנו רוצים להיות מסוגלים לייחס אותו לבאפר הפלט הפונולוגי ולא לאסטרטגיית הקריאה. אצל שאר המשתתפים, שלא משתמשים בקריאת ממיר, הגישושים נספרו כטעויות. יש לשים לב שהכללת הגישושים בחלק מהמקרים ולא באחרים אינה בעייתית, שכן ענייננו כאן אינו השוואה בין המשתתפים אלא ניתוח דפוס הטעויות של כל משתתף כשלעצמו.

סוגייה מעניינת בהקשר זה היא פרפזיות פורמליות – מקרים בהם המשתתף הפיק מילה קיימת, שדומה פונולוגית למילת המטרה – למשל, "טובע" במקום "קובע". טעויות מסוג זה הן מעניינות משום שקשה לייחס כמות משמעותית של טעויות כאלה לבאפר הפלט הפונולוגי: הבאפר אינו מכיר מילים קיימות, ואין לו סיבה לייצר דווקא מילה קיימת (אם כי ייתכן כמובן שמדי פעם תצא במקרה מילה קיימת). פרפזיות פורמליות עשויות להיות נובעות מלקסיקון הפלט הפונולוגי, ובמטלות חזרה – גם מבעיות קלט (ואפילו בעיות שמיעה). לפיכך גם טעויות מסוג זה לא הוכללו בניתוח.

טעויות מסוג ניאולוגיזם (הפקת רצף הברות חסר משמעות שאינו קשור פונולוגית למילת המטרה) הוכללו בניתוח האפקטים.

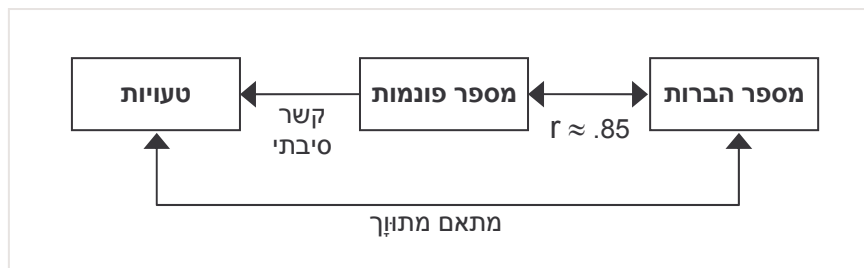
### מדידת אורך המילה

אפקט אורך מתואר כמתאם בין אורך המילה לבין שיעור הטעויות; אך מהו "אורך המילה"? מדדי האורך שנראים רלוונטיים הם מספר ההברות במילה או מספר הפונמות בה<sup>1</sup>. על פי המודל להפקת מילים שתואר במבוא, יחידות העיבוד של באפר הפלט הפונולוגי הן לא הברות אלא פונמות. האם משמעות הדבר היא שבחישוב אפקט אורך יש למדוד את אורך המילה בפונמות?

הקריטריון שלפיו בחרנו לקבוע אם למדוד את אורך המילה בהברות או בפונמות אינו תיאורטי אלא אמפירי, ומתבסס על אפקטי האורך שמצאנו בפועל: נניח, למשל, שמדד האורך הנכון הוא מס' הפונמות והוא זה שנמצא בקשר סיבתי עם הטעויות, כלומר מספר פונמות גדול יותר גורם ליותר טעויות פונולוגיות בהפקת המילה. במצב כזה נוכל לראות מתאם מס' פונמות ↔ טעויות, אך יש לשים לב שיימצא גם מתאם מס' הברות ↔ טעויות: מתאם זה אינו ישיר אלא מתווך ע"י מס' הפונמות, כלומר השרשרת הסיבתית היא מס' הברות ↔ מס' פונמות ← טעויות (ר' תרשים 7). המתאם המתון, מס' הברות ↔ טעויות, יהיה קטן יותר

<sup>1</sup> במטלת קריאה ניתן היה להתייחס גם למספר האותיות, אך כיוון שאורך המילה כאן אמור להשפיע על באפר הפלט הפונולוגי ולא על מערכת הקלט, מדד זה נראה פחות רלוונטי, וכמו שנראה מייד – הוא גם פחות מוצלח מבחינה אמפירית.

מהמתאם המקורי מס' פונמות  $\leftrightarrow$  טעויות. ההבדל בין שני המתאמים עשוי אמנם להיות קטן, כיוון שהמתאם מס' הברות  $\leftrightarrow$  מס' פונמות הוא בעצמו גבוה מאד (בקריאת מילים  $r = .89$ , בשמ"ש  $r = .83$ ) – אך עדיין נצפה להבדל. כמובן שאם המצב הוא הפוך, ומס' הברות הוא שמשפיע על כמות הטעויות, המצב הוא הפוך ונצפה שהמתאם מס' הברות  $\leftrightarrow$  טעויות יהיה המתאם הגדול יותר.



**תרשים 7: אפקט אורך אמיתי ומתוך**

משום כך, הדרך להכריע מהי הדרך הנכונה למדוד את אורך המילה תהיה השוואה בין שני המתאמים: המתאם מס' פונמות  $\leftrightarrow$  טעויות והמתאם מס' הברות  $\leftrightarrow$  טעויות. מדד האורך (הברות / פונמות) שנמצא במתאם גבוה יותר עם מס' הטעויות – הוא המדד הנכון. ביצענו את ההשוואה הזו בכל אותם מקרים בהם נמצא אפקט אורך (כלומר המתאמים היו מובהקים). במקרים בהם לא קיים אפקט אורך, ההנחה היא שהמתאם הקיים הוא מקרי ולכן ההשוואה אינה רלוונטית.

השווינו, אם כן, את אפקטי האורך כפי שנמדדו עפ"י הברות ועפ"י פונמות. בנוסף בדקנו גם אפקט אורך עפ"י מספר אותיות. לצורך ההשוואות האלה השתמשנו בתוצאות של מטלת קריאת מילים ושל מטלת שמ"ש. ההשוואה לא נערכה לגבי מטלת חזרה על מילים (מטלה 4), כיוון שכמעט כל המילים במטלה זו היו בנות שתי הברות ולכן לא ניתן היה לחשב אפקט אורך בהברות.

**טבלה 6. המתאם בין אורך המילה לכמות הטעויות הפונולוגיות במטלות הפקת מילים**

	שיום (שמ"ש)		קריאת מילים		
	פונמות	הברות	פונמות	הברות	אותיות
שמואל	.38 (.0001)	.27 (.005)	.38 (< .001)	.33 (< .001)	.35 (< .001)
נירה	.3 (.001)	.2 (.03)	.397 (< .001)	.394 (< .001)	.25 (.002)
יצחק	.11 (.14)	.08 (.23)	.24 (.002)	.22 (.005)	.23 (.003)
חביב	.33 (.008)	.34 (.006)	.33 (< .0001)	.3 (.0003)	.3 (.0002)
ז'ניה (עברית)	.03 (.41)	.09 (.24)	–	–	–
ז'ניה (אנגלית)	.27 (.01)	.19 (.06)	.45 (< .0001)	.38 (.0005)	.47 (< .0001)
שושנה	.1 (.18)	.03 (.39)	–	–	–

המספרים בסוגריים מציינים את ההסתברות (חד-זנבית) למתאם. התאים המסומנים באפור הם המקרים בהם קיים אפקט אורך – הם אלה שרלוונטיים להשוואה. בכל זוג תאים כזה מודגש המתאם החזק יותר (לפי הברות / לפי פונמות).

השוואות אלה, המוצגות בטבלה 6, מעלות תמונה עקבית מאד: ב-8 מתוך 9 המקרים בהם קיים אפקט אורך, המתאם חזק יותר כאשר אורך המילה נמדד בפונמות ולא בהברות. המקרה היחיד בו ההבדל היה בכיוון ההפוך הוא מטלת שמ"ש של חביב, ושם ההבדל קטן למדי. מדידת האורך באותיות גם היא נחותה לעומת המדידה בפונמות: מעבר לכך שאין הצדקה תיאורטית להניח קשר בין מספר האותיות לבין תפקוד מערכת

הפלט, גם מבחינה אמפירית מדד זה הניב מתאמים חלשים לעומת מדידת האורך בפונמות בכל המקרים פרט לקריאה באנגלית של ז'ניה, כך שהנחנו שגם אפקט האורך באותיות נובע בעצם מהמתאם הגבוה בין אורך המילה באותיות לארכה בפונמות.

Nickels and Howard (2004) ערכו השוואה דומה כדי לגלות מיהו המשתנה שגורם באמת לאפקט האורך, וגם הם הגיעו למסקנה שאורך המילה בפונמות הוא הרלוונטי. למרות שהם כבר הגיעו למסקנה, והניתוח שערכו אף מפורט יותר מזה שאנו ערכנו כאן, אנו רואים ערך מוסף לניתוח שלנו, משתי סיבות: ראשית, העדפנו לערוך בדיקה חוזרת לגבי מי שהשתתפו בפועל במחקר זה, ובעברית. שנית, Nickels & Howard השתמשו לצורך הבדיקה רק במטלת חזרה, ולא במטלות קריאה ושיום, אך מטלות הקריאה והשיום עדיפות על מטלת החזרה בכך שאינן מערבות את באפר הקלט הפונולוגי: אפקט אורך במטלת חזרה עשוי להיות קשור למעשה לבאפר הקלט הפונולוגי ולא למערכת הפלט.

לאור הממצאים בניתוח זה ואצל Nickels and Howard (2004), חישבנו את אפקט האורך בהתבסס על מדידת אורך המילה כמספר הפונמות שבה.

### **שימוש במתאמים חלקיים**

הניתוח שאנו עתידים לבצע מתייחס לאפקט אורך כעדות לפגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי, ולאפקט שכיחות כעדות לפגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי. למרבה הצער, שני האפקטים תלויים זה בזה כך שלעתים קיומו של האחד גורם להופעת השני. דבר זה קורה כאשר יש מתאם גבוה בין אורך המילה לבין שכיחותה (כך הוא המצב במטלת קריאת מילים:  $r = -.35$ ). כתוצאה מכך אנו עלולים למצוא מתאם בין אורך לטעויות שלמעשה מתווך ע"י השכיחות, או להיפך (אם שכיחות נמוכה מעודדת טעויות, והאורך נמצא במתאם עם השכיחות, הרי שנמצא מתאם מסויים גם בין אורך לבין טעויות). כדי למנוע השפעה זו חישבנו גם את אפקט האורך "נטו" – המתאם החלקי בין אורך המילה לבין הטעויות תוך קיזוז השפעת השכיחות. באופן דומה חישבנו מתאם חלקי בין שכיחות לטעויות, שמקזז את השפעת אורך המילה. יש לשים לב שהשימוש במתאם חלקי לא נועד להראות לנו מי משני האפקטים חזק יותר – את ההשוואה הזו אפשר לראות גם בעזרת המתאמים הרגילים. המטרה של המתאם החלקי היא לאפשר לנו לקבוע האם האורך משפיע על טעויות ההפקה באופן מובהק מעבר להשפעת השכיחות (או להיפך).

במטלת שמ"ש הבעיה היא פחות חמורה כיוון שהמתאם בין אורך לשכיחות אינו כה גבוה ( $r = -.045$ ). עם זאת, כיוון שיש פריטים שלא משתתפים בניתוח (למשל פריטים עליהם המשתתף ענה "לא יודע"), ייתכן שהמתאם אורך↔שכיחות יהיה גבוה יותר עבור משתתף מסויים. משום כך השתמשנו בכל מקרה במתאם החלקי בתור האינדיקטור האמין-יותר.

### **סוף סוף : אפקט אורך ואפקט אורך**

לסיכום, אפקט שכיחות ואורך נמדדו בתור מתאם פוינט ביסיריאל חלקי בין שכיחות המילה או ארפה בפונמות לבין הטעויות הפונולוגיות. בניתוח נכללו רק מקרים בהם המשתתף הפיק את מילת המטרה עצמה, עם או בלי טעויות פונולוגיות. לא נכללו בו מקרים בהם לא היתה תגובה בכלל, מקרים בהם המשתתף ניסה

להפיק מילה שאינה מילת המטרה (בין אם הטעות היתה סמנטית או לא), ופרפזיות פורמליות. ניאולוגיזמים הוכללו בניתוח. גישושים נספרו בתור טעות, פרט למקרים של הפקת המילה תוך שימוש בקריאת ממיר – כלומר, פרט למטלות קריאת מילים של יצחק וחביב.

**טבלה 7. מיקום הפגיעה בלקסיקון או בבאפר: אפקט שכיחות ואורך**

צורת קריאה	קריאת מילים		שמ"ש		סוג מתאם	
	שכיחות	אורך	שכיחות	אורך		
רגילה	.18 (.02)	.38 (< .001)	.16 (.06)	.38 (< .001)	רגיל	שמואל
	.07 (.23)	.34 (< .001)	.16 (.06)	.38 (< .001)	חלקי	
רגילה	.18 (.02)	.4 (< .001)	.16 (.06)	.3 (.001)	רגיל	נירה
	.06 (.26)	.36 (< .001)	.16 (.06)	.3 (.001)	חלקי	
ממיר	.1 (.12)	.24 (.002)	.21 (.02)	.11 (.14)	רגיל	יצחק
	.03 (.37)	.22 (.005)	.2 (.02)	.1 (.16)	חלקי	
ממיר	.19 (.01)	.33 (< .001)	.5 (< .001)	.33 (.008)	רגיל	חביב
	.09 (.16)	.29 (< .001)	.49 (< .001)	.32 (.01)	חלקי	
-	-	-	.37 (.001)	.03 (.41)	רגיל	ז'ניה – עברית
			.37 (.001)	-.08	חלקי	
רגילה	.2 (.08)	.45 (< .001)	.24 (.02)	.27 (.01)	רגיל	ז'ניה – אנגלית <sup>a</sup>
	.004 (.49)	.49 (< .001)	.24 (.02)	.27 (.01)	חלקי	
-	-	-	.33 (< .001)	.1 (.18)	רגיל	שושנה
			.32 (< .001)	.07 (.25)	חלקי	

המספרים בסוגריים מציינים את ערכי p של המתאם.

[a] נתוני הקריאה של ז'ניה באנגלית הם ממתלת קריאת טקסט (מטלה 6), לא מקריאת מילים בודדות.

התמונה העולה מטבלה 7 היא זו: אצל שמואל ונירה קיים אפקט אורך משמעותי, דבר שמצביע על פגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי. אין אצלם אפקט שכיחות, כלומר לקסיקון הפלט הפונולוגי נראה תקין יחסית. אצל יצחק וחביב אנו רואים אפקט שכיחות במטלת שמ"ש, שמצביע על פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי. אצל חביב, אפקט האורך במטלה זו מצביע על פגיעה גם בבאפר. במטלת קריאת מילים הדפוס נראה שונה: לשניהם יש אפקט אורך בלבד. ההסבר לכך עשוי להיות נעוץ בעובדה שכפי שזכר ראינו, שניהם קוראים באמצעות המסלול התת-לקסיקלי (קריאת ממיר): קריאה כזו בהחלט עשויה לגרום לאפקט אורך. לגבי אפקט השכיחות – אין להתפלא על היעדרו, כיוון שהמסלול התת-לקסיקלי עוקף את לקסיקון הפלט הפונולוגי.

אצל ז'ניה ושושנה אנו רואים אפקט שכיחות, שמעיד על פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי. לז'ניה יש גם אפקט אורך במטלות באנגלית, ובקריאה באנגלית לא נמצא אפקט שכיחות. עם זאת, ייתכן שהניתוח באנגלית הוא פחות אמין, מאחר והוא מתבסס על נתוני שכיחות ישנים יותר (Kucera & Francis, 1967).

## אפקט תדירות הברות

קריטריון נוסף להבחנה בין פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי לבין פגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי הוא אפקט תדירות הברות. אפקט זה מתבטא בכך ששיעור הטעויות בהברות שכיחות נמוך משיעורן בהברות נדירות. לעתים התדירות נמדדת בפונמות ולא בהברות, אם כי מדידת תדירות הברות היא כנראה עדיפה (Laganaro, 2005).

אפקט תדירות הברות (או פונמות) דווח במספר מקרים אצל פגועי באפר פלט פונולוגי (Laganaro, 2005; Goldrick & Rapp, 2007). בנוסף, Cholin, Levelt, and Schiller (2006) מצאו כי זמן ההפקה של מילת-תפל מושפע ע"י תדירות ההברה הראשונה שלה, השפעה שיש לייחס מן הסתם לבאפר הפלט הפונולוגי, ולא ללקסיקון הפלט הפונולוגי, שלא משתתף בהפקת מילות תפל.

לא ידוע לנו על מקרים בהם נמצא אפקט תדירות הברות (או פונמות) שניתן לשייכו ללקסיקון הפלט הפונולוגי. Goldrick and Rapp (2007) אף השוו חולה שפגוע בבאפר הפלט הפונולוגי לחולה אחר, שפגוע בלקסיקון הפלט הפונולוגי, וגילו שאפקט תדירות הפונמות שמצאו אצל החולה הראשון לא קיים אצל פגוע הלקסיקון. לדעתם, אפקט תדירות הפונמות נובע רק מפגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי.

קיימת גם הצדקה תיאורטית להניח שהאפקט קשור לפגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי: Laganaro (2005) טוענת שהאפקט נובע מכך שבבאפר הפלט הפונולוגי יש "מאגר" הברות מוכנות לשימוש, והטעויות בשליפה ממנו מושפעות מתדירות ההברה. מאגר הברות דומה תואר גם ע"י Levelt, Roelofs, and Meyers (1999). מסיבות אלה, נשתמש באפקט תדירות הברות כעדות לפגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי.

לשם הבהרה נזכיר כי קיימת תופעה נוספת הקשורה לתדירות הברות: כאשר יש טעויות של החלפת הברה באחרת, הנטייה היא להפיק הברה שכיחה יותר מהברת המטרה (Laganaro, 2005). הניתוחים שערכנו כאן לא מתייחסים לתופעה זו, אלא רק להשפעת שכיחות ההברה על שיעור הטעויות בה.

את ניתוח תדירות ההברות ערכנו על מטלת השיום בלבד (שמ"ש). יחידת ההתייחסות שלנו לא היתה פונמה או הברה, אלא סגמנטים שהם צירוף עיצור ותנועה (CV), זאת כיוון שבאופן זה הוגדרו נתוני התדירות שהיו ברשותנו (שוקן, בהכנה). בניתוח השווינו את תדירות הסגמנטים שהופקו נכון עם תדירות הסגמנטים שהוחלפו באחרים. במקרים לא ברורים, הסגמנט כולו לא נכלל בניתוח. סיווג סגמנטי CV נעשה לפי הכללים הבאים:

- סגמנטים שלא הופקו כלל לא נכללו בניתוח.
- סגמנטים שהופקו יותר מפעם אחת, גם נכון וגם באופן שגוי (לא חשוב באיזה סדר), נספרו כטעות.
- כאשר מילת המטרה לא הופקה (בעקבות אי-תגובה, או טעות סמנטית) – כל הסגמנטים שלה הוצאו מהניתוח.
- מקרים של גישוש פונולוגי שכלל טעות נספרו כטעות (למשל אם המילה "וילון" הופקה בתור "וי... בי... וילון", הפקת הסגמנט vi נספרה כשגויה).
- במקרים של גישוש פונולוגי שלא כלל טעות ("וי... וי... וילון"), הסגמנט שלפני הגישוש וזה שאחריו הוצאו מהניתוח (בדוגמה לעיל: הסגמנטים vi ו-lo).

**טבלה 8. אפקט תדירות "הברות" בשמ"ש**

r	p	
.21	< .001	שמואל
.07	.12	נירה
.15	.006	יצחק
.16	.02	חביב
.21	.003	ז'ניה
.12	.02	שושנה

לאחר סיווג הסגמנטים חישבנו את אפקט התדירות בתור מתאם פוינט ביסיריאל בין תדירות הסגמנט לבין ההצלחה בו. טבלה 8 כוללת את תוצאות הניתוח הזה. כפי שניתן לראות בטבלה, אפקט תדירות "הברות" (כלומר, סגמנטי-CV) נמצא אצל כל המשתתפים פרט לנירה, דבר שמעיד על כך שכולם פגועים

בבאפר הפלט הפונולוגי. לגבי נירה, המסקנה הסופית שלנו לגביה (כפי שנראה בסיכום הפרק הנוכחי) היתה שגם היא פגועה בבאפר הפלט הפונולוגי, ואיננו יודעים מדוע לא נמצא אצלה אפקט תדירות הברות.

שאלה חשובה שיש להתייחס אליה בניתוח תדירות ההברות היא הקשר בין תדירות הברות לבין התדירות הלקסיקלית של המילה כולה: האם ייתכן ששני המשתנים האלה מתערבים זה בזה, כך שלמעשה אנחנו מודדים אחד במקום את השני? נראה שהממצא אינו כזה. במטלת ש"ש, עליה בוצע הניתוח, המתאם בין תדירות ההברות לתדירות הלקסיקלית של המילים היה  $r = .1$ .

## הפקת מילות תפל

הקריטריון האחרון ששימש אותנו להבחין בין פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי לבין פגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי הוא הפקת מילות תפל. אלה הן מילים שלא קיימות בשפה – מכאן שהן לא נמצאות בלקסיקון הפלט הפונולוגי, והפקתן לא מערבת שימוש בו. לעומת זאת, באפר הפלט הפונולוגי דווקא שותף בהפקתן. מכאן שקושי בהפקת מילות תפל מצביע על פגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי.

**מטלה 13. קריאת מילות תפל** (מתוך בטריית "תלתן", פרידמן וגביעון, 2003): למשתתפים הוצגה רשימה מודפסת של 30 מילות תפל, והם התבקשו לקרוא אותן בקול. 20 מילים מתוכן היו מנוקדות והשאר לא מנוקדות, ובכל מקרה לא התייחסנו לניקוד בקידוד הטעויות – כלומר, אם המשתתף טעה בתנועה בלבד, התשובה נספרה כנכונה.

**מטלה 14. חזרה על מילות תפל** (מתוך בטריית "בליפ", פרידמן, 2003): למשתתפים הוקראו 53 מילות תפל, והם התבקשו לחזור עליהן בקול. המילים היו בנות 4-1 הברות (8 מילים חד-הברתיות ו-15 מילים בשאר האורכים).

טבלה 9 מציגה את שיעור הטעויות הפונולוגיות בשתי המטלות של הפקת מילות תפל. אנו רואים כי כל

ארבעת המשתתפים שקראו מילות תפל התקשו בקריאתן, ממצא שמצביע על פגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי אצל ארבעתם.

לגבי חזרה על מילות תפל, חשוב לשים לב ששיעור הטעויות הגבוה במטלה זו בודאי נובע בחלקו גם מזיכרון הקלט הפגוע של המשתתפים. בכל זאת, כיוון שהתפקוד במטלה זו היה עד כדי כך לקוי, ייתכן מאד שהוא קשור גם לפגיעה מסויימת בבאפר הפלט הפונולוגי. יש לשים לב גם כי אצל רוב המשתתפים ראינו בטבלה

חזרה	קריאה	שמואל
38%	57%	נירה
64%	33%	יצחק
70%	23%	חביב
<sup>a</sup> –	40%	ז'ניה
45%	–	שושנה
87%	–	

[a] חביב התקשה מאד במטלה זו, והיא הופסקה אחרי מספר פריטים.

3 כי ספאן התאמת מילים, שדורש רק קלט, הוא גבוה יותר מהספאנים שדורשים גם פלט, דבר שמעיד על כך שקיימת בעיית פלט גם מעבר לבעיית הקלט. הבדל זה בין הספאנים התקיים אצל כל המשתתפים פרט לז'ניה, אצלה גם ספאן התאמת מילים היה נמוך מאד, וכמובן שגם לא אצל שושנה, שלא ביצעה את מטלת ספאן התאמת מילים.

## זיהוי מקום הפגיעה : סיכום

מצאנו כי כל המשתתפים במחקר פגועים בתהליכי הפלט הפונולוגיים, ולא בתהליכי הקלט, במערכת הסמנטית-קונספטואלית או בלקסיקון הסמנטי. את תקינות תהליכי הקלט הסקנו מהתפקוד תקין במטלות ההבנה שדרשו שמיעה או קריאה. את תקינות המערכת הקונספטואלית והלקסיקון הסמנטי הסקנו מניתוח טעויות במטלת השיום (שמ"ש), שהראה ששיעור הטעויות שניתן לייחס לרכיבים אלה הוא קטן יחסית.

לגבי מיקום הפגיעה בתוך המערכת הפונולוגית – בלקסיקון הפלט הפונולוגי או בבאפר הפלט הפונולוגי – נראה כי יש הבדלים בין המשתתפים, ולא כולם פגועים באותו אופן. טבלה 10 מסכמת את תוצאות הניתוחים שביצענו כדי לזהות את מקום הפגיעה המדוייק.

**טבלה 10.** תוצאות ניתוח מקום הפגיעה בתוך המערכת הפונולוגית

	פגיעה בבאפר הפלט			פגיעה בלקסיקון הפלט			
	מסקנה	אפקט אורך	קושי בהפקת תפל	אפקט תדירות הברות	מסקנה	קריאת ממיר	
שמואל	פגוע	כן	כן	כן	תקין	לא	לא
נירה	פגוע	כן	כן	לא	תקין	לא	לא
יצחק	פגוע	רק בקריאה	כן	כן	פגוע	כן	רק בשיום
חביב	פגוע	כן	כן	כן	פגוע	כן	רק בשיום
ז'ניה	פגוע	כן	בחזרה: כן	כן	פגוע?	לא	רק בשיום
שושנה	פגוע?	בשיום: לא	בחזרה: כן	כן	פגוע?	–	רק בשיום

**שמואל ונירה** נראים כפגועי באפר פלט פונולוגי ללא פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי. על הפגיעה בבאפר אנו למדים מכך שנמצא אצלם אפקט אורך, מהקושי שלהם בהפקת מילות תפל, ומאפקט תדירות ההברות אצל שמואל, אפקט שמשום-מה לא היה אצל נירה. על תקינות הלקסיקון ניתן להסיק מכך שאין אצלם אפקט שכיחות והם לא קוראים בקריאת ממיר.

**יצחק וחביב** פגועים כנראה פגיעה כפולה, גם בלקסיקון הפלט הפונולוגי וגם בבאפר הפלט הפונולוגי. על הפגיעה בלקסיקון אנו למדים מכך שאצל שניהם התגלה במטלת שמ"ש אפקט שכיחות, ומכך ששניהם קוראים קריאת ממיר. לגבי חביב הראינו גם שקריאת הממיר לא נובעת מפגיעה בלקסיקון הקלט האורתוגרפי, ומכאן שהיא נובעת מפגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי או בקישור בין שני לקסיקונים אלה: מבין שתי אפשרויות אלה, סביר יותר להניח שללקסיקון הפלט הפונולוגי הוא הפגוע – הטעויות הפונולוגיות מופיעות גם במטלות שיום וחזרה, מטלות שמערבות את לקסיקון הפלט הפונולוגי אך לא את המסלול שמקשר בין שני הלקסיקונים. אמנם בקריאת מילים מצאנו אצל יצחק וחביב אפקט אורך ללא אפקט שכיחות, אך אנו מייחסים זאת לשימוש במסלול התת-לקסיקלי (קריאת ממיר).

על הפגיעה שלהם בבאפר הפלט הפונולוגי אנו למדים מהקושי שלהם בהפקת מילות תפל, מאפקט תדירות ההברות אצל שניהם, ומאפקט האורך של חביב במטלת שמ"ש.

הממצאים לגבי ז'ניה היו פחות עקביים. נראה שללקסיקון הפלט הפונולוגי שלה פגוע מאחר וקיים אפקט שכיחות במטלת שמ"ש (בעברית ובאנגלית). אמנם לא זיהינו אצלה קריאת ממיר ואפקט שכיחות במטלת הקריאה באנגלית, אך ייתכן שהיעדרן של טעויות-השטח, ששימשו כעדות לקריאת ממיר, נבע מכך שבמטלת הקריאה באנגלית היו פחות מילים אי-רגולריות מאשר במטלה בעברית; וייתכן שהיעדרו של

אפקט השכיחות הוא תוצאה של שימוש נתוני שכיחות ישנים. ז'ניה גם פגועה כנראה בבאפר הפלט הפונולוגי, אך מסקנה זו מבוססת על פחות קריטריונים מאשר אצל שאר המשתתפים (ז'ניה לא ביצעה את מטלת קריאת מילות תפל). גם כאן הממצאים לא היו לגמרי עקביים – לא ברור מדוע לא ראינו אצלה אפקט אורך במטלת שמ"ש בעברית.

המסקנות לגבי שושנה מעורפלות לא פחות. לפי אפקט השכיחות שראינו במטלת שמ"ש שלה, היא כנראה פגועה בלקסיקון הפלט הפונולוגי, אך מסקנה זו פחות מהימנה ביחס לשאר המשתתפים כיוון שהיא מבוססת על קריטריון אחד בלבד. שושנה פגועה כנראה גם בבאפר הפלט הפונולוגי, אם כי כאן הזיהוי עוד יותר מפוקפק: לא ברור מדוע לא ראינו אצלה אפקט אורך, וכמו ז'ניה גם היא לא נבדקה לגבי קריאת מילות תפל. עם זאת, שושנה התקשתה מאד בחזרה על מילות תפל, ולאור בעיות הפלט שלה סביר שהדבר נובע מפגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי, ולא רק בבאפר הקלט.

אלה הן המסקנות לגבי מקום הפגיעה של כל משתתף, שמבוססות על עיבוד מילים רגילות. הפרק הבא עורך ניתוח דומה, פחות מפורט, לגבי עיבוד מספרים.

## ע י ב ו ד מ ס פ ר י מ

חלק מהמודלים להפקת מספרים מתארים מסלולי עיבוד נפרדים למילים ולמספרים. לפיכך מצאנו לנכון לערוך בדיקה ספציפית לגבי מיקום הפגיעה בעיבוד מספרים. השווינו כאן רק בין פגיעה בשלבי הקלט לפגיעה בשלבי הפלט, ולא חזרנו על ההשוואה בין לקסיקון הפלט הפונולוגי לבין הבאפר.

כדי לבדוק הבנה של מספרים השתמשנו במספר מטלות: במטלת סידור מספרים ברצף המשתתפים קיבלו רביעיות של כרטיסים עם מספרים עליהן, והתבקשו לסדר כל רביעייה בסדר עולה. במטלת שלם כפי יכולתך הוצגה למשתתפים רשימת מספרים, ניתנה להם "קופה" של שטרות ומטבעות, והם התבקשו בכל צעד "לשלם" את הסכום שהופיע ברשימה. שתי מטלות אלה כווננו לבדוק האם המשתתף מצליח לעבד את הקלט ולהגיע אל משמעות המספר (ערכו). במטלת זיהוי מספר הוצג למשתתפים בכל צעד זוג מספרים כתובים בספרות, והם התבקשו לסמן את המספר שהוקרא בקול ע"י הנסיין. מטלה זו בודקת את היכולת להתאים מספר שהושמע מילולית לבין הייצוג הספרתי שלו (היא לא מחייבת הבנת ערכו של המספר).

הפקת מספרים נבדקה בשתי מטלות: קריאת מספרים שהוצגו בספרות, וחזרה על מספרים שנאמרו בקול ע"י הנסיין (מטלה 8).

**מטלה 15. סידור מספרים ברצף** (עפ"י Marangolo, Nasti, & Zorzi, 2004): למשתתפים הוצגו 30 רביעיות כרטיסים בגודל 3x4 ס"מ, כאשר על כל כרטיס נכתב מספר בספרות. בכל רביעייה המספרים היו באותו אורך – 1, 2, 3, 4 או 5 ספרות (6 רביעיות לכל אורך מספר). בכל צעד המשתתף קיבל ארבעה כרטיסים מסודרים בסדר מקרי והתבקש לסדר אותם מהמספר הקטן לגדול. רק תשובות מדוייקות התקבלו כנכונות. כדי למנוע שגיאות שנובעות מהפיכת הכרטיסים, השתמשנו בפונט בו הספרה 2 היתה שונה מ-5, 6- ו-10, 50, 100, 200, 500, 1000, ומטבעות של 10, 5, 10, 100, 1000. השטרות הודפסו על נייר והמטבעות על קרטון, אך

**מטלה 16. שלם כפי יכולתך** (עפ"י Denes & Signorini, 2001): לפני המשתמש הונחה על השולחן "קופה" של כסף-דמה – שטרות של 200, 100, 50, 20, 10, 5, 10, 100, 1000. השטרות הודפסו על נייר והמטבעות על קרטון, אך

כולם היו בגודל ובצבע של מטבעות ושטרות אמיתיים. למשתתף ניתנה רשימה של 30 מספרים בני 2-3 ספרות, שנכתבו בספרות. המשתתף התבקש לאסוף שטרות ו/או מטבעות בכל אחד מהסכומים שנקובים ברשימה.

**מטלה 17. זיהוי מספר:** בכל צעד במטלה זו הוצגו למשתתף שני מספרים תלת-ספרתיים שנכתבו בספרות. הנסייך הקריא בקול אחד מהם, ועל המשתתף היה לבחור את המספר הזה מתוך הזוג. פריטי המטרה במטלה זו היו אותם מספרים שהוצגו במטלת חזרה על מספרים (מטלה 8). המסיחים נבנו בנפרד עבור כל משתתף: חלקם היו הטעויות של המשתתף עצמו כשייצע את מטלת החזרה על מספרים; בפריטים שבהם המשתתף לא טעה במטלת החזרה, השתמשו במסיח מקרי. מטלה זו הועברה למשתתפים באחת משתי גירסאות: בגירסה הכתובה, זוג המספרים הוצג על דף והמשתתף הקיף את תשובתו בעיגול; בגירסה הממוחשבת, זוג המספרים הוצג על מסך מחשב והמשתתף הקליק על אחד משני כפתורים על המסך כדי לציין את תשובתו. בסך הכל הוצגו במטלה זו 40 זוגות מספרים לכל משתתף.

**מטלה 18. קריאת מספרים ספרתיים:** למשתתפים הוצגו 150 מספרים בני 5-1 ספרות (30 מספרים בכל אורך), שנכתבו בספרות והוצגו על דף או מחשב, והם התבקשו לקרוא אותם בקול. 63 מהמספרים כללו את הספרה 0. כל המשתתפים ביצעו את המטלה בעברית. ז'ניה קראה את אותם מספרים גם בעברית וגם באנגלית. שושנה התקשתה מאד בקריאה ולכן לא ביצעה את המטלה.

תוצאות המטלות האלה מוצגות בטבלה 11. ניתן לראות כי ביצועי המשתתפים במטלות ההבנה היו טובים בהרבה מאשר במטלות ההפקה, אם כי גם במטלות ההבנה היה להם שיעור מסויים של טעויות. טעויות הבנה אלה עשויות להעיד על כך שמנגנוני הקלט או העיבוד של מספרים אינם תקינים לחלוטין אצל אותם משתתפים. לחליפין, ייתכן שלפחות חלק מהטעויות נובעות מכך שכל מטלות ההבנה שהשתמשו בהן היו מטלות מורכבות יחסית, שיוצרות עומס עיבוד גדול: במטלת סידור ברצף המשתתף נדרש לעבד ארבעה מספרים בכל צעד, בניגוד לפריט אחד בכל צעד ברוב המטלות האחרות. במטלת זיהוי מספר המשתתף נדרש לעבד שלושה פריטים בכל צעד – שניים שהוצגו בכתב ואחד בע"פ. במטלת "שלם ככל יכלתך" מוצג פריט אחד בכל צעד אך היא מטלה ממושכת – איסוף השטרות וסידורם לקח זמן רב. המשתתפים אמנם מצאו אותה מהנה יחסית, כך שלא נטען שהיתה פה השפעה של עייפות; אך לעומת זאת היה עליהם לזכור את המספר במשך זמן רב. כדי להצליח לזכור אותו, רובם נקטו לעתים באסטרטגיה של אמירת המספר בלחש שוב ושוב – דבר שיצר בלבולים אם היתה להם טעות סמנטית בהפקת המספר בקול.

**טבלה 11.** שיעור הטעויות הכללי במטלות הבנה והפקה של מספרים

השוואות בין מטלות הבנה להפקה			הבנה			הפקה		
קריאה לעומת סידור ברצף	קריאה לעומת כסף	חזרה לעומת זיהוי מספר	זיהוי מספר <sup>a</sup>	כסף	סידור ברצף	חזרה	קריאה	
Fisher's $p < .001$	$\chi^2 = 26, p < .001$	Fisher's $p < .001$	10%	20%	6.7%	64%	69%	שמואל
Fisher's $p < .001$	Fisher's $p = .01$	Fisher's $p = .02$	7.5%	10%	0%	28%	31%	נירה
–	–	–	–	–	–	38%	23%	יצחק
Fisher's $p < .001$	Fisher's $p = .002$	–	–	10%	6.7%	–	38%	חביב
$\chi^2 = 9, p = .001$	–	–	–	–	17%	38%	46%	ז'ניה
–	–	$\chi^2 = 23, p < .001$	17.5%	נכשלה <sup>b</sup>	נכשלה <sup>b</sup>	64%	–	שושנה

[a] הפריטים במטלה זו הם אותם פריטים ממטלת חזרה על מילים.

[b] שושנה הצליחה לסדר ברצף רק 4 מתוך 6 הרביעיות של ספרות בודדות, ונכשלה לחלוטין בסידור מספרים גדולים יותר. במטלת כסף היא נכשלה לחלוטין, והמטלה הופסקה אחרי מספר פריטים.

למרות כל זאת, עדיין עולה מהנתונים בכירור כי הקושי במטלות שדרשו הפקה היה גדול באופן משמעותי מהמטלות שדרשו הבנה בלבד.

בנוסף לכל המטלות האלה, המשתתפים ביצעו מטלת הבנה נוספת, **הכרעה תחבירית של מספרים**, שבדקה "הבנה" מסוג שונה מעט: היא כוונה לבדוק האם המשתתפים מסוגלים להכריע אם מספר הוא נכון תחבירית או לא: למשתתפים הוצגו מספרים שחלקם נכונים מבחינה תחבירית וחלקם שגויים (למשל "עשר וחמש", "שישים שתיים", "שתי מאות ושלושים"), והם התבקשו להכריע מי מהמספרים נכון ומי לא.

**מטלה 19. הכרעה תחבירית של מספרים:** למשתתף הוצגה על דף רשימה של 30 מספרים מילוליים (שנכתבו במילים) בני 2 עד 4 ספרות. מחצית מהמספרים היו נכונים, ומחציתם כללו שגיאות תחביריות שונות. המשתתף התבקש לסמן ליד כל מספר אם הוא נכון מבחינה תחבירית או לא. לפני המטלה ניתנה למשתתף דוגמה של פריט נכון תחבירית ופריט שגוי תחבירית.

מעניין היה לגלות שמטלה זו היתה קשה ביותר למשתתפים: נירה הצליחה בה יחסית (2 טעויות בלבד), שיעור הטעויות של שמואל היה בינוני (17%), ולחביב היו טעויות רבות (33%). יצחק התקשה מאד: ב-12 הפריטים הראשונים היו לו 7 טעויות (כלומר אפילו מתחת לרמת מקריות), ובשלב זה המטלה הופסקה לבקשתו. ז'ניה ענתה "תקין" לגבי כל הפריטים, והיתה מוטרדת מכך מאד, ולפיכך המטלה הופסקה אחרי כמחצית מהפריטים. שושנה לא ביצעה את המטלה. נשים לב שהמשתתפים שלקסיקון הפלט הפונולוגי שלהם היה תקין (שמואל ונירה) הם אלה שביצעוהם במטלה זו היו טובים יותר.

לאחר שביססנו את מקום הפגיעה של כל המשתתפים, פנינו לבדוק האם תופעת סטפ"ס אכן מתקיימת אצלם.

## שחזור תופעת סטפ"ס

שאלת המחקר הראשונה היתה האם התופעה של סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות והסמנטיות (סטפ"ס) – המצב בו אדם מייצר בעיקר טעויות פונולוגיות בהפקת מילים אך טעויות סמנטיות בהפקת מספרים – היא אכן תופעה נפוצה שקיימת בכל מקרה של פגיעה במערכת הפונולוגית, או שמא זוהי תופעה שקיימת רק בחלק מהמקרים של פגיעה כזו. כבר ראינו שהמשתתפים במחקר הם פגועי לקסיקון פלט פונולוגי ובאפר פלט פונולוגי, לפיכך ביקשנו כעת לברר לגבי מי מהם תתקיים תופעת סטפ"ס.

נבדוק כאן את קיומה של תופעת סטפ"ס בשני שלבים: ראשית, נבדוק האם מתקיימת סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות וסלקטיביות הטעויות הסמנטיות: כבר ראינו שהמשתתפים במחקר מבצעים הרבה טעויות פונולוגיות בהפקת מילים, ופחות טעויות סמנטיות. נבדוק האם בהפקת מספרים שיעור הטעויות הפונולוגיות נמוך יותר ושיעור הטעויות הסמנטיות גדול יותר. שנית, כדי לקבל תמונה כוללת, נשווה את דפוסי הטעויות בין מילים למספרים.

בכל ניתוחי הטעויות בפרק זה התייחסנו רק למקרים בהם המשתתף הפיק מילת תגובה רלוונטית. מקרים בהם המשתתף לא הפיק אף מילה הוצאו מהניתוח – למשל, אם המשתתף אמר "לא זוכר", נתן הגדרה במקום לנסות לומר את מילת המטרה, ענה בג'סטה במקום לתת תשובה מילולית, וכו'. גם מקרים שבהם התגובה היחידה היתה פרסברציה הוצאו מהניתוח.

### סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות

כדי להשוות בין הפקת מילים למספרים השתמשנו במטלות הפקת מילים משלושה סוגים: שיום מתוך משמעות (שמ"ש), קריאת מילים (מטלה 3) וחזרה על מילים (מטלה 4). את הטעויות במטלות אלה השווינו לטעויות בהפקת מספרים: בקריאת מספרים שהוצגו בספרות (מטלה 18), ובחזרה על מספרים (מטלה 8).

מטלות החזרה במילים ובמספרים הושוּוּ זו מול זו. לגבי קריאת מספרים שרשומים בספרות, לא ברור מהי מטלת ההפקה של מילים המקבילה לה. התשובה לשאלה זו תלויה באופן שבו אנו מניחים שמתבצע עיבוד מספרים, עפ"י המודלים לעיבוד מספרים שהוצגו במבוא. אם נניח שהתהליך של קריאת מספר ספרתי דומה לקריאת מילה (בדומה למסלול הלקסיקלי,  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$  בתרשים 6, עמ' 26), הנחה שקרובה יותר למודל שלושת הייצוגים, הרי שיש להשוות את קריאת המספרים הספרתיים למטלת קריאת מילים. לעומת זאת, אם אנחנו מניחים שקריאת מספרים היא תהליך שבכל מקרה עובר דרך הסמנטיקה (בדומה למסלול הלקסיקלי,  $A \rightarrow B \rightarrow F \rightarrow C \rightarrow D$ ), הנחה שמתאימה למודל עיבוד המספרים של מקלוסקי – ייתכן שלא נכון להשוות קריאת מספרים ספרתיים לקריאת מילים, אלא למטלה שבה המילים המופקות מגיעות מהלקסיקון הסמנטי – מטלת שמ"ש.

בגלל אי ההסכמה בין הגישות השונות לגבי עיבוד מספרים, השווינו את הטעויות בקריאת מספרים לשתי המטלות הרלוונטיות של הפקת מילים: קריאת מילים ושמ"ש.

**טבלה 12.** שיעור הטעויות הפונולוגיות בהפקת מילים ומספרים

מילים – קריאה		מילים – שיום		מספרים – קריאה		
לעומת מספרים	טעויות	לעומת מספרים	טעויות	לעומת מספרים	טעויות	
$\chi^2 = 129, p < .001$	67%	$\chi^2 = 65, p < .001$	46%		4%	שמואל
$\chi^2 = 18, p < .001$	18%	$\chi^2 = 22, p < .001$	22%		3%	נירה
$\chi^2 = 15, p < .001$	21%	$\chi^2 = 64, p < .001$	48%		5%	יצחק
Fisher's $p < .001$	55%	Fisher's $p < .001$	34%		2%	חביב
–	–	$\chi^2 = 56, p < .001$	53%		8%	ז'ניה – עברית
$\chi^2 = 25, p < .001$	30% <sup>a</sup>	$\chi^2 = 53, p < .001$	40%		3%	ז'ניה – אנגלית
–	–	–	42%		–	שושנה
		השוואה	מילים – חזרה	מספרים – חזרה		
		Fisher's $p = .001$	23%	3%		שמואל
		$\chi^2 = 10.4, p = .001$	28%	6%		נירה
		Fisher's $p < .001$	30%	4%		יצחק
		–	55%	–		חביב
		$\chi^2 = .21, p = .64$	25%	21%		ז'ניה – עברית
		$\chi^2 = 12, p < .001$	48%	18%		שושנה

[a] התוצאות של ז'ניה הן במטלת קריאת טקסט באנגלית (מטלה 6).

טבלה 12 מראה באופן ברור ביותר כי שיעור הטעויות הפונולוגיות במילים גדול משיעורן בהפקת מספרים. סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות מתקיימת אצל כל המשתתפים, בכל סוגי המטלות שנבדקו – פרט למטלות החזרה אצל ז'ניה, שם שיעור הטעויות הפונולוגיות גבוה גם במספרים (תופעה זו לא נובעת בהכרח מכך ששפת האם של ז'ניה היא אנגלית – גם בחזרה על מספרים באנגלית היה לה שיעור לא מבוטל של טעויות פונולוגיות, אם כי פחות מאשר בעברית – 13%).

### סלקטיביות הטעויות הסמנטיות

השוואת כמות הטעויות הסמנטיות נעשתה באופן דומה להשוואת הטעויות הפונולוגיות – כלומר לגבי אותן מטלות ואותם פריטים. ההשוואה, המפורטת בטבלה 13, מראה באופן ברור כי סלקטיביות הטעויות הסמנטיות מתקיימת אצל כל המשתתפים, בכל סוגי המטלות שנבדקו.

**טבלה 13.** שיעור הטעויות הסמנטיות בהפקת מילים ומספרים

מילים – קריאה		מילים – שיום		מספרים – קריאה		
לעומת מספרים	טעויות	לעומת מספרים	טעויות	לעומת מספרים	טעויות	
Fisher's $p < .001$	0%	Fisher's $p < .001$	4%		69%	שמואל
Fisher's $p < .001$	0%	Fisher's $p < .001$	2%		18%	נירה
Fisher's $p < .001$	0%	$\chi^2 = 8.9, p = .003$	5%		18%	יצחק
Fisher's $p < .001$	0%	$\chi^2 = 5.8, p = .02$	18%		33%	חביב
–	–	Fisher's $p < .001$	6%		39%	ז'ניה – עברית
Fisher's $p < .001$	1%	$\chi^2 = 15.6, p < .001$	11%		35%	ז'ניה – אנגלית
–	–	–	11%		–	שושנה
		השוואה	מילים – חזרה	מספרים – חזרה		
		Fisher's $p < .001$	3%	60%		שמואל
		Fisher's $p = .002$	0%	18%		נירה
		Fisher's $p < .001$	0%	35%		יצחק
		–	0%	–		חביב
		Fisher's $p < .001$	0%	28%		ז'ניה – עברית
		Fisher's $p < .001$	3%	43%		שושנה

[a] התוצאות של ז'ניה הן במטלת קריאת טקסט באנגלית (מטלה 6).

ס ט פ " ס

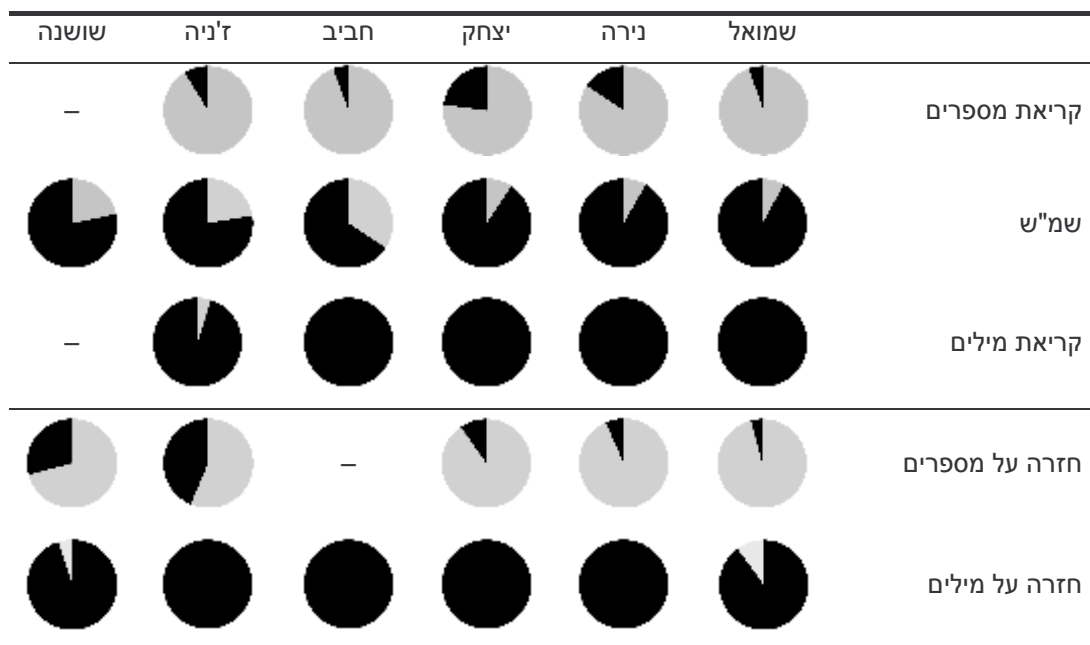
ההשוואות שערכנו בין מילים למספרים הראו את קיומן של שתי התופעות: סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות למילים, וסלקטיביות הטעויות הסמנטיות למספרים.

עם זאת, השוואות אלה עלולות לעורר את הביקורת הבאה: אין זה מובן מאליו שהמטלות המקבילות במילים ובמספרים מפעילות את אותם מנגנונים קוגניטיביים, ומכאן שהשוואת כמות טעויות בין מילים למספרים עלולה להיות בעייתית. ניתן לטעון, למשל, כי הפקת מספרים רב-ספרתיים קשה יותר מהפקת מילים בודדות: מספר רב-ספרתי מורכב מכמה מילים, דבר שעשוי ליצור עומס גדול יותר על מערכת הדיבור ועל זיכרון העבודה. טענה זו נשמעת סבירה מבחינה תיאורטית, אם כי השוואת כמות הטעויות בין הפקת מילים להפקת מספרים לאו דווקא תומכת בה: טבלה 14 מראה שברוב המקרים, אחוז הטעויות הכללי במספרים אינו גבוה יותר באופן מובהק.

טבלה 14. השוואת כמות הטעויות הכללית במטלות חזרה בין מילים למספרים

	השוואה	מספרים	מילים	
שמואל	$\chi^2 = 18, p < .001$	64%	23%	
נירה	$\chi^2 = 0, p = 1$	28%	28%	
יצחק	$\chi^2 = .65, p = .42$	38%	30%	
ז'ניה	$\chi^2 = 1.87, p = .17$	38%	25%	
שושנה	$\chi^2 = 2.9, p = .09$	64%	48%	

בכל זאת, בגלל הספק לגבי ההצדקה התיאורטית של השוואת שיעורי טעויות בין מילים למספרים, גם אם אין לספק הזה חיזוק אמפירי, נסתכל כאן על תופעת סטפ"ס מזוית אחרת מעט: נראה את דפוס הטעויות – פונולוגיות לעומת סמנטיות – בהפקת מילים; ונבדוק אם הדפוס הוא שונה בהפקת מספרים.



בתרשים מוצגת כמות הטעויות הסמנטיות והפונולוגיות • בכל ההשוואות שנערכו בין מילים למספרים התקבל Fisher's  $p < .002$ . מטלות קריאה ושמ"ש של ז'ניה שמוצגות כאן הן באנגלית; מטלות החזרה שלה הן בעברית.

■ טעויות פונולוגיות  
 □ טעויות סמנטיות

תרשים 8: דפוסי הטעויות בהפקת מילים ומספרים

בבדיקת דפוס הטעויות אנו מתעניינים בכמות הטעויות הפונולוגיות לעומת כמות הטעויות הסמנטיות אצל כל משתתף. תרשים 8 מציג את הטעויות לפי חלוקה זו. יש לשים לב שהתרחשים אינו כולל את כל הפריטים שהוצגו למשתתף, אלא מציג רק את היחס בין הטעויות משני הסוגים: לא נכללות בו מילים שהמשתתף אמר ללא טעות, או טעויות שאינן סמנטיות או פונולוגיות.

כפי שניתן לראות בתרשים, ההבדלים בדפוס הטעויות בין מילים למספרים הם ניכרים, ומשקפים בבירור את תופעת סטפ"ס: רוב הטעויות במילים הן פונולוגיות, ובמספרים רובן סמנטיות.

### הפקת מספרים בהקשרים נוספים

כדי לבסס את עקביות תופעת סטפ"ס בדקנו אותה גם בשתי מטלות של הפקת מספרים מתוך סמנטיקה, ללא קריאה או חזרה.

**מטלה 20. קריאת שעון מחוגים:** למשתתפים הוצג שעון מחוגים (מודפס על דף), והיה עליהם לענות על השאלה "מה השעה?". המשתתפים צפו ב-15 שעונים שכוונו לשעות שונות. כדי להקל מבחינה ויזואלית, מחוג השעות נצבע בכחול ומחוג הדקות באדום.

**מטלה 21. חישוב בעל-פה:** למשתתפים הוצגו על דף תרגילי חישוב פשוטים והם התבקשו לומר בקול את תוצאת התרגיל, בלי להקריא את התרגיל עצמו. מטלה זו הועברה בשתי גירסאות: גירסת "קצרים" כללה 7 תרגילי חיבור, 7 תרגילי חיסור ו-7 תרגילי כפל של זוג ספרות בודדות. במטלה זו כל התשובות היו מספרים חד- או דו-ספרתיים. גירסת "ארוכים" כללה 10 תרגילי חיבור ו-10 תרגילי חיסור. כל התשובות במטלה זו היו מספרים תלת-ספרתיים שאחת מהספרות בהם היא 0. בשתי הגירסאות של המטלה, אף תרגיל חיבור או חיסור לא הצריך שימוש ב-carry (כלומר המשתתף לא נדרש באף שלב לחבר שתי ספרות שסכומן עולה על 9, כמו בתרגיל 14+28) – זאת במטרה להפחית את העומס על זיכרון העבודה.

במטלת חישוב בע"פ, שמואל וז'ניה ביצעו רק את גירסת "ארוכים" של המטלה, בעוד נירה, יצחק וחביב ביצעו את שתי הגירסאות של המטלה. אצל שלושת אלה האחרונים איחדנו את התוצאות של שתי גירסאות המטלה.

**טבלה 15. שיעור הטעויות בהפקת מספרים בהקשרים נוספים**

חישוב בעל-פה		קריאת שעון מחוגים		
פונולוגיות	סמנטיות	פונולוגיות	סמנטיות	
0%	75%	0%	73%	שמואל
2%	5%	0%	20%	נירה
7%	10%	–	–	יצחק
2%	10%	0%	13%	חביב
15%	45%	7%	13%	ז'ניה
–	–	0%	40%	שושנה
6%	24%	1%	32%	קבוצה

ניתן לראות בטבלה 15 כי גם במטלות אלה, כמות הטעויות הסמנטיות גדולה משמעותית מכמות הטעויות הפונולוגיות. למעשה, במטלת קריאת שעון לא היו טעויות פונולוגיות בכלל, פרט לטעות אחת אצל ז'ניה, וזאת לעומת למעלה מ-30% טעויות סמנטיות אצל כל המשתתפים יחד.

## ס ט פ " ס : ס י כ ו ם

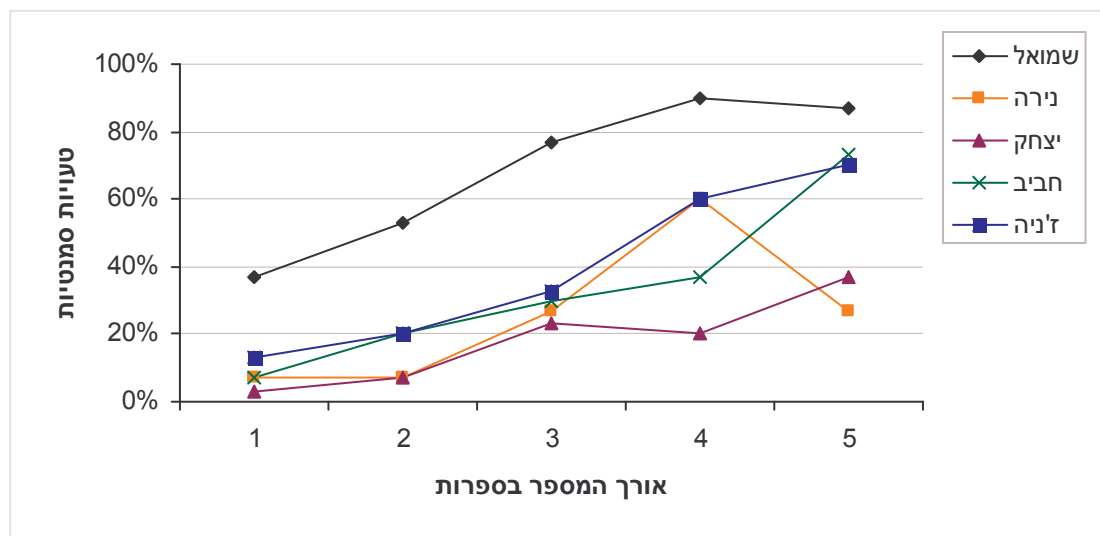
המסקנה מהשוואות לעיל היא ברורה למדי: תופעת סטפ"ס אינה תופעה איזוטרית. היא מתקיימת לגבי כל המשתתפים במחקר; כמובן שאיננו יכולים לקבוע שהיא מתקיימת לגבי כל האפאזים בעלי פגיעה פונולוגית, אך סביר להניח לפחות שהיא מתקיימת לגבי חלק ניכר מהם. נוסף כאן כי הצוות הרפואי ששיתף איתנו פעולה כלל לא הופתע ממצא זה: כמה וכמה מהם ציינו כי הם מכירים מנסיונם את התופעה של החלפות סמנטיות במספרים אצל אפאזים קונדוקטיבים.

## מאפיינים נוספים של הטעויות בהפקת מספרים

### אפקט אורך מספר

כל הדיווחים בספרות לגבי תופעת טפ"ס מסכימים לגבי קיומן של טעויות סמנטיות בהפקת מספרים, אך נחלקים לגבי דפוסי ההפקה של ספרות בודדות. ברוב המחקרים שנסקרו במבוא, הפקת ספרות בודדות היתה תקינה (ר' טבלה 1). רק בשני מקרים נצפו טעויות סמנטיות גם בהפקה של ספרות בודדות. בדקנו את המשתתפים במחקר כדי לברר האם גם אצלם אורך המספר משפיע על שיעור הטעויות. ערכנו את הבדיקה הזו על מטלת קריאת מספרים ולא על מטלת חזרה, כדי להימנע ככל האפשר מטעויות הנובעות מספאן נמוך של זיכרון הקלט.

תרשים 9 מציג את שיעור הטעויות הסמנטיות לפי אורך המספר הנקרא, בספרות. ניתן להתרשם כי אורך המספר משפיע על שיעור הטעויות אצל כל המשתתפים. שושנה, שלא ביצעה את מטלת קריאת המספרים, לא מופיעה בתרשים זה.



תרשים 9: קריאת מספרים ספרתיים: שיעור הטעויות הסמנטיות לפי אורך המספר (בספרות)

האם הקושי בהפקת מספרים ארוכים נובע מהעובדה שיש בהם הרבה ספרות, או מהעובדה שיש בהם הרבה מילים? כדי לברר זאת בדקנו את המתאם בין אורך המספר בספרות, או במילים, לבין מספר הטעויות. ניתוח זה מופיע בטבלה 16. כמו בניתוחי אפקט האורך שבוצעו לגבי מילים, גם כאן השוואת מתאמים היא בעייתית בכך ששני מדדי האורך עצמם – כמות ספרות וכמות מילים – נמצאים במתאם גבוה עם זה ( $r = .86$ ). לפיכך אנו מציגים כאן לא רק את המתאמים הגולמיים, אלא גם את המתאם החלקי בין טעויות לבין מס' הספרות בקיזוז השפעת מס' המילים, ואת המתאם החלקי ההפוך – בין טעויות לבין מס' המילים בקיזוז השפעת מס' הספרות.

שני מדדים נוספים לאורך המספר הם מספר ההברות ומספר הפונמות בו, אך אי אפשר היה להשוות את המדדים האלה לעומת אורך המספר במילים, זאת בגלל המתאמים הגבוהים מאד בין אורכי המספרים במילים, בפונמות ובהברות לבין עצמם ( $r \geq .97$ ).

**טבלה 16.** השפעת אורך המספר על טעויות סמנטיות

מילים		ספרות		
מתאם חלקי	מתאם רגיל	מתאם חלקי	מתאם רגיל	
.26 (.001)	.48 (.001)	.01 (.45)	.42 (< .001)	שמואל
.23 (.002)	.37 (< .001)	-.04	.3 (< .001)	נירה
.04 (.31)	.27 (< .001)	.12 (.07)	.29 (< .001)	יצחק
.02 (.41)	.4 (< .001)	.23 (.002)	.45 (< .001)	חביב
.28 (< .001)	.51 (< .001)	.006 (.47)	.44 (< .001)	ז'ניה

המתאמים הם מתאם פוינט ביסיריאל בין אורך המספר (מס' ספרות או מס' מילים) לבין טעות סמנטית (כולל טעויות תחביריות) • המספרים בסוגריים מציינים הסתברות חד-זנבית למתאם. • בכל השוואה, המתאם החלקי המובהק יותר מסומן באפור.

ניתן לראות בטבלה 16 כי למרות שלגבי רוב המשתתפים מצאנו באופן די ברור מי המדד שמתאים להם יותר, המדד לא היה זהה לכולם: אצל שמואל, נירה וז'ניה נראה שמספר הטעויות קשור לאורך המספר במילים; ואילו אצל יצחק וחביב הוא קשור לאורך בספרות. מעניין לשים לב שהבדל זה עשוי להיות קשור למקום הפגיעה של המשתתפים: אצל שני המשתתפים שזיהינו בבירור כפגועים בבאפר הפלט הפונולוגי בלבד (שמואל ונירה), המדד המתאים יותר הוא מספר המילים. לעומתם, אצל שני המשתתפים שזיהינו בבירור כפגועים גם בלקסיקון הפלט הפונולוגי (יצחק וחביב), המדד המתאים הוא מספר הספרות.

### ס ט פ "ס : א פ ק ט ס מ נ ט י א ו פ ו נ ו ל ו ג י ?

האם תופעת סטפ"ס נובעת מהמאפיינים הסמנטיים של מילות המספר, או ממאפיינים פונולוגיים שלהן? כדי לבדוק זאת השתמשנו במילים שאינן מילות מספר, אך כוללות בתוכן צורה פונולוגית שלמה של מילת מספר – למשל "בְּרָבָאָבָא" (4), "מִתְחַמֵּשׁ" (5), "חֹשֶׁשׁ" (6), "אַלְיִשְׁבַּע" (7) וכו'. רשימת המילים שהמשתתפים קראו במטלת קריאת המילים הרגילה (מטלה 3) כללה 18 מילים כאלה. טבלה 17 מראה את שיעור הטעויות הפונולוגיות במילות "ברבאבא", ועולה ממנו בבירור כי דפוס הטעויות במילים אלה דומה יותר לדפוס הטעויות במילים הרגילות מאשר לדפוס הטעויות במילות מספר. למעשה, במילות "ברבאבא" היו אפילו יותר טעויות פונולוגיות מאשר במילים רגילות. המסקנה היא שתופעת סטפ"ס לא נעוצה במאפיינים הפונולוגיים של מילות המספר, אלא במשמעות הנומרית שלהן. נציין כי ממצא דומה התגלה גם בבדיקת מילים מסוג "ברבאבא" באיטלקית (Semenza et al., 2007).

**טבלה 17.** שיעור הטעויות הפונולוגיות בקריאת מספרים לעומת קריאת מילות "ברבאבא"

מספרים	מילים רגילות	ברבאבא	
4%	70%	72%	שמואל
3%	18%	22%	נירה
5%	21%	22%	יצחק
2%	55%	72%	חביב

נתוני הטעויות של מילים רגילות הן של 100 המילים הרגילות ממטלת קריאת מילים. נתוני הטעויות של מספרים הם ממטלת קריאת מספרים ספרתיים.

## מקורה של תופעת סטפ"ס

לאחר שאפיינו את דפוס הפגיעה של המשתתפים והראינו את קיומה של תופעת סטפ"ס, נפנה עתה להשוות בין ההשערות השונות לגבי מקור התופעה.

כזכור, העלינו שני סוגים של השערות: ההשערות החד-גורמיות רואות את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות והסמנטיות בתור שתי תופעות שנובעות מגורם משותף. השערות אלה הן השערת הגודל לא קובע, לפיה היחידות הפונולוגיות האטומיות שעוברות מלקסיקון הפלט הפונולוגי אל באפר הפלט הפונולוגי הן ב"גדלים" שונים, ועשויות להיות מילות מספר שלמות; והשערת הרכיב התבניתי, לפיה פגיעה ביציאה מהלקסיקון הסמנטי תבטא, במקרה של מילים, בטעות פונולוגית (בגלל הקישור לקסיקון סמנטי ← לקסיקון פלט פונולוגי), ובמקרה של מספרים בטעות סמנטית (לקסיקלית או תחבירית; בגלל הקישור סמנטיקה ← רכיב תבניתי).

ההשערות הדו-גורמיות רואות את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות כתופעה שמקורה נפרד מזו של סלקטיביות הטעויות הסמנטיות. מקורה של סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות עשוי להיות התדירות הגבוהה של מילות מספר (השערת התדירות), העובדה שהן מהוות רצף (עקרון הרצף), העובדה שהן נשמרות בלקסיקון נפרד, או וריאציה מסויימת על השערת הגודל לא קובע. המקור של סלקטיביות הטעויות הסמנטיות עשוי להיות העובדה שמילות מספר מהוות שדה סמנטי חד-ממדי, או (עפ"י הגירסה הדו-גורמית של השערת הרכיב התבניתי) פגיעה בקישור מהסמנטיקה אל הרכיב התבניתי אך לא אל לקסיקון הפלט הפונולוגי.

### השערת "הגודל לא קובע"

על פי השערה זו, לקסיקון הפלט הפונולוגי מעביר אל באפר הפלט הפונולוגי לא רק מידע סגמנטלי (פונמות) ומידע מטרי. הלקסיקון יכול להעביר אל הבאפר גם יחידות פונולוגיות גדולות יותר, כמו מילות מספר (גם ספרות וגם multipliers כגון "אלפים"), שמות של אותיות ועוד. ההשערה מתבססת על הרעיון שתהליך הפקת המילים הוא פרודוקטיבי, כלומר מסוגל לייצר צורות פונולוגיות שלא קיימות מראש במלואן בלקסיקון הפלט הפונולוגי: Levelt (1992) תיאר פרודוקטיביות כזו ברמת הפונמות. Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997) הרחיבו את הרעיון: הם הציעו כי גם בניית מספרים היא סוג של תהליך פרודוקטיבי בו היחידות הבסיסיות הן מילות מספר; ובניית ראשי תיבות (לפחות בצרפתית) היא תהליך פרודוקטיבי בו היחידות הבסיסיות הן שמות של אותיות. בשני המקרים, היחידות הפונולוגיות הבסיסיות הן אטומיות, והטעויות שיתרחשו הן החלפת יחידה פונולוגית באחרת, או שינוי סדר היחידות הפונולוגיות, אך לא "שבירה" של יחידה פונולוגית. Cohen et al. מכנים את היחידות האלה "אבני הבניין של הדיבור".

כדי לבחון את ההשערה, ניסינו לזהות מקרים נוספים של יחידות פונולוגיות אטומיות, בדומה למילות מספר ושמות של אותיות. הקריטריון שלנו לבחירת יחידות פונולוגיות כאלה היה "קריטריון הפרודוקטיביות": חיפשנו יחידות פונולוגיות שאופן הגייתן קבוע יחסית, ושמהוות "אבני בניין" בתהליך פרודוקטיבי כלשהו.

בדקנו שלושה סוגים נוספים של מבנים ששיעורנו שעשויים להיות יחידות פונולוגיות אטומיות: **מורפמות**, שעשויות להוות יחידות אטומיות בתהליך ההרכבה המורפולוגית של מילה; **מילות פונקציה**, שעשויות להוות יחידות אטומיות בהרכבת משפטים; **ומרכיבי סמיכות נפוצים** – מילים או חלקי מילים שמופיעים באותה צורה באופן תדיר כחלק מצורת סמיכות (למשל "גן חיות"), וייתכן שהדבר גורם לכך שגם הם מהווים יחידות פונולוגיות אטומיות. בנוסף לשלושה מבנים אלה בדקנו גם הפקת שמות אותיות – מבנה שכאמור כבר נבדק (Cohen et al., 1997), אך לא בעברית.

חשוב להדגיש כאן כי המהות של השערת הגודל לא קובע – המהות אותה נבקש לבדוק – היא הרחבת הרעיון של פרודוקטיביות כך שיכלול יחידות פונולוגיות אטומיות גדולות יותר מפונמה בודדת. כמובן שגם אם ההשערה נכונה, עדיין ייתכן שחלק מהמקרים שמנינו כאן אינם באמת יחידות פונולוגיות אטומיות.

## מילות פונקציה

כדי לברר אם מילות פונקציה הן יחידות פונולוגיות, המשתתפים התבקשו להפיק משפטים שלמים. השוונו את שיעור הטעויות הפונולוגיות והסמנטיות במילות הפונקציה לשיעורן במילים הרגילות באותם משפטים.

**מטלה 22. הפקת משפטים:** המשתתפים התבקשו להפיק 68 משפטים קצרים (בין 3 ל-6 מילים בכל משפט). המטלה הועברה בשתי צורות: במטלת החזרה, כל משפט הוקרא למשתתף והוא התבקש לחזור עליו. אם המשתתף ביקש זאת, המשפט הוקרא לו שוב ושוב. במטלת הקריאה, המשפטים הוצגו למשתתף על דף או על מסך מחשב. בסך הכל המשפטים כללו 255 מילים: 60 מילות פונקציה פרודות (כגון *שָׁל, אֶת, לְפָנַי*), 173 מילים רגילות, ו-22 מילים אחרות שיידונו בהמשך. בנוסף לכך המשפטים כללו 93 מילות פונקציה חבורות (למשל: *חשבת שתזכה בהגרלה?*).

טבלה 18 משווה את הטעויות במילות פונקציה פרודות לטעויות במילים רגילות. על מנת שהניתוח יהיה עקבי עם ההשערה שגם מורפמות הן יחידות פונולוגיות אטומיות, התעלמנו כאן מטעויות פונולוגיות שניתן להסבירן בתור החלפת מוספית מורפולוגית באחרת – בין אם טעויות אלה הופיעו במילים רגילות או במילות פונקציה. מההשוואה עולה כי בהתאם להשערת הגודל לא קובע, שיעור הטעויות הפונולוגיות במילות פונקציה נמוך באופן מובהק משיעורן במילים רגילות, הן בקריאת משפטים והן בחזרה עליהם – כלומר, סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות מתקיימת לגבי מילות פונקציה פרודות. לגבי סלקטיביות הטעויות הסמנטיות, אצל רוב המשתתפים שיעורן במילות פונקציה אינו גדול יותר משיעורן במילים רגילות באופן מובהק, אך הדבר לא בהכרח מעיד על כך שתופעת סטפ"ס לא מתקיימת במלואה: גם במילות מספר בודדות (ספרות בודדות) כמות הטעויות הסמנטיות היתה גדולה רק אצל חלק מהמשתתפים (שמואל וז'ניה, ר' תרשים 9, עמ' 45). בנוסף לכך, אצל רוב המשתתפים שיעור הטעויות הסמנטיות במילות פונקציה היה גבוה משיעורן במילים רגילות, וברמת הקבוצה ההבדל הזה היה מובהק.

**טבלה 18.** הפקת משפטים: טעויות במילות פונקציה פרודות לעומת מילים רגילות

	טעויות סמנטיות		טעויות פונולוגיות			מטלה	
	השוואה	מילות פונקציה	מילים רגילות	השוואה	מילות פונקציה		
	–	0%	0%	Fisher's $p < .001$	0%	20%	קריאה
	Fisher's $p = .18$	5%	2%	Fisher's $p < .001$	3%	44%	חזרה
	Fisher's $p = .07$	2%	0%	Fisher's $p = .001$	3%	20%	קריאה
	Fisher's $p = .07$	3%	0%	Fisher's $p < .001$	2%	21%	חזרה
	הפוך	0%	1%	Fisher's $p = .02$	<sup>b</sup> 3%	14%	קריאה
	Fisher's $p = .07$	3%	0%	$\chi^2 = 25.1, p < .001$	<sup>b</sup> 8%	43%	קריאה
	–	3%	3%	Fisher's $p < .001$	0%	30%	קריאה <sup>a</sup>
	Fisher's $p = .003$	12%	2%	Fisher's $p < .001$	5%	47%	חזרה
	Wilcoxon			Wilcoxon			
	T = 2, $p = .047$	4%	1%	T = 0, $p = .004$	3%	30%	ממוצע
							קבוצה

כדי להיות עקביים עם ההשערה, מניין הטעויות הפונולוגיות לא כולל טעויות של החלפת מורפמה באחרת. • המילה "הפוך" מציינת הברל בכון שמנוגד לכון ההשערה.

[a] זינה לא קראה את המשפטים בעברית. התוצאות המופיעות כאן הן על סמך מטלת קריאת טקסט באנגלית (מטלה 6).  
 [b] יצחק וחביב קוראים, כזכור, בקריאת ממיר. ייתכן שהדבר הקשה עליהם בקריאת מילות הפונקציה, שרבות מהן קצרות וצורתן הכתובה אינה חד-משמעית, כך שלמעשה שיעור הטעויות הפונולוגיות שנובעות מבעייה בהפקה הוא נמוך עוד יותר ממה שמופיע בטבלה. מבין 2 הטעויות של יצחק שנספרו כאן כפונולוגיות, אחת היא פרפזיה פורמלית שמתאימה לקריאת שטח (פה, po, נקראה בתור pe). מבין 6 הטעויות ה"פונולוגיות" של חביב, כולן פרט לאחת הן פרפוזיות פורמליות בעקבות קריאת שטח.

בדקנו כאן גם את דפוס הטעויות הפונולוגיות לעומת הסמנטיות במילות הפונקציה, כדי לראות אם הדפוס דומה למילים או למספרים. הבדיקה העלתה כי שיעורי הטעויות הפונולוגיות והסמנטיות דומים זה לזה: 6 המשתתפים יחדיו ביצעו כאן 8 מטלות; מתוכן, בשלושה מקרים שיעור הטעויות הפונולוגיות היה גבוה יותר, בארבעה מקרים שיעור הטעויות הסמנטיות היה גבוה יותר, ובמקרה אחד שיעור הטעויות היה זהה. בכל 8 ההשוואות, ההבדלים בין שיעורי הטעויות אינם מובהקים ( $Fisher's p \geq .24$  דו-זנבי). גם השוואת שיעורי הטעויות ברמת הקבוצה העלתה שההבדל אינו מובהק (וילקוקסון  $T = 7.5, p = .3$  דו-זנבי).

טבלה 18 לעיל מתייחסת רק למילות פונקציה פרודות, כאלה שמהוות מילה עצמאית במשפט. ביצענו בדיקה דומה גם לגבי מילות פונקציה חבורות – כאלה שצמודות למילה שאחריהן (כמו "חשבת שתזכה בהגדלה?"). חילקנו את הטעויות לשלושה סוגים: טעויות סמנטיות כאן התבטאו בהוספה או החלפה של מילת פונקציה חבורה במילת פונקציה חבורה אחרת, קיימת. לעומתן, טעויות פונולוגיות היו המקרים בהם הופק רצף פונמתי שאינו מילת פונקציה חבורה קיימת. בנוסף לשני סוגים אלה, ראינו גם מקרים של השמטת מילת הפונקציה החבורה. מבין שלושת הסוגים האלה, הטעויות הסמנטיות וההשמטות מתאימים להנחה לפיה מילת הפונקציה היא יחידה פונולוגית שלמה, כלומר הם עקביים עם השערת הגודל לא קובע.

טבלה 19 מראה את הניתוח שעשינו לגבי מילות הפונקציה החבורות, בדומה לניתוח שנערך לגבי מילות הפונקציה הפרודות: הטעויות הסמנטיות והפונולוגיות מושוות לשיעורי הטעויות המקבילים במילים הרגילות ממטלת המשפטים.

**טבלה 19.** הפקת משפטים: טעויות במילות פונקציה חבורות לעומת מילים רגילות

השמטת מילות פונקציה	טעויות סמנטיות			טעויות פונולוגיות			מטלה	
	השוואה	מילות פונקציה	מילים רגילות	השוואה	מילות פונקציה	מילים רגילות		
3%	Fisher's $p < .001$	8%	0%	Fisher's $p < .001$	0%	20%	קריאה	שמואל
4%	–	2%	2%	Fisher's $p < .001$	0%	44%	חזרה	
5%	Fisher's $p = .01$	4%	0%	Fisher's $p < .001$	2%	20%	קריאה	נירה
8%	Fisher's $p = .04$	3%	0%	Fisher's $p < .001$	0%	21%	חזרה	
0%	Fisher's $p = .04$	4%	1%	Fisher's $p < .001$	0%	14%	קריאה	יצחק
2%	Fisher's $p = .01$	4%	0%	Fisher's $p < .001$	0%	43%	קריאה	חביב
4%	–	5%	5%	Fisher's $p < .001$	0%	47%	חזרה	שושנה
4%	Wilcoxon $T = 0, p = .03$	4%	1%	Wilcoxon $T = 0, p = .008$	0%	30%	מוצע	קבוצה

כדי להיות עקביים עם ההשערה, מניין הטעויות הפונולוגיות במילים הרגילות לא כולל טעויות של החלפת מורפמה באחרת.

מהטבלה עולה כי דפוס הטעויות במילות הפונקציה החבורות דומה לדפוס שראינו במילות הפונקציה הפרודות: שיעור הטעויות הפונולוגיות בהן נמוך במובהק מאשר במילים הרגילות. למעשה, מתוך 55 הטעויות שהמשתתפים ביצעו בסך כל מילות הפונקציה החבורות שהפיקו, רק אחת היתה טעות פונולוגית שאינה מוסברת בתור החלפה סמנטית או השמטה. שאר 54 הטעויות היו עקביות עם השערת הגודל לא קובע. כמו כן אנו רואים כי שיעור הטעויות הסמנטיות במילות הפונקציה החבורות גבוה בהשוואה למילים הרגילות, גם אצל רוב המשתתפים וגם ברמת הקבוצה.

## מורפמות

כדי לבדוק אם מורפמות הן יחידות פונולוגיות, ביצענו שני ניתוחים. ראשית, אם סוג האפאזיה שאנו עוסקים בו אכן פוגע בתהליך ההרכבה המורפולוגית של המילה, נצפה שלמשתתפים יהיה קשה יותר להפיק מילים מורכבות מורפולוגית מאשר מילים חד-מורפמיות. בדקנו זאת באמצעות מטלת ארטישוק, שמאפשרת להשוות את שיעור הטעויות בין מילים מורכבות מורפולוגית לבין מילים חד-מורפמיות, תוך פיקוח על אורך המילים.

**מטלה 23. ארטישוק:** למשתתפים הוצגה רשימה של 37 מילים, חלקן מורכבות מורפולוגית וחלקן לא. מתוך 37 המילים, 12 היו מילים קצרות, מהן 6 מורכבות מורפולוגית ו-6 בנות מורפמה אחת. שאר 25 המילים היו ארוכות, מתוכן 13 מורכבות מורפולוגית ו-12 חד-מורפמיות. המטלה הועברה בשתי גירסאות – חזרה על המילים שהוקראו ע"י הנסיין, או קריאה בקול מדף או מהמחשב.

תוצאות מטלת ארטישוק מובאות בטבלה 20. השווינו בין מילים פשוטות למורכבות מורפולוגית, וההשוואה נערכה בנפרד למילים הקצרות והארוכות.

טבלה 20. שיעור הטעויות במטלת ארטישוק

	מילים קצרות		מילים ארוכות			מטלה	פריטים
	השוואה	מורכבות	פשוטות	השוואה	מורכבות		
		6	6		13	12	
Fisher's $p = .5$		17%	0%	הפוך	62%	75%	קריאה
הפוך		0%	17%	Fisher's $p = .6$	62%	58%	חזרה
Fisher's $p = .23$		33%	0%	הפוך	38%	58%	קריאה
Fisher's $p = .5$		17%	0%	$\chi^2 = .3, p = .28$	62%	50%	חזרה
Fisher's $p = .23$		33%	0%	הפוך	38%	42%	קריאה
–		33%	33%	Fisher's $p = .23$	38%	17%	חזרה
Fisher's $p = .27$		50%	17%	הפוך	62%	75%	קריאה
Fisher's $p = .001$		83%	33%	Fisher's $p = .67$	85%	83%	חזרה
–		33%	33%	$\chi^2 = .4, p = .27$	54%	42%	חזרה
Fisher's $p = .28$		67%	33%	הפוך	85%	92%	חזרה
Wilcoxon				הפוך	58.5%	59%	ממוצע
T = 1.5, $p = .008$		37%	17%				קבוצה

ההשוואות המובהקות סומנו באפור. • המילה "הפוך" מציינת מקומות בהם ההבדלים הם בניגוד להשערה. • ההשוואה היא של כלל הטעויות, מכל הסוגים.

ניתוח מטלת ארטישוק, המוצג בטבלה 20, העלה כי לא נמצא אפקט מורכבות מורפולוגית – כלומר לא היה הבדל בשיעור הטעויות בין המילים החד-מורפמיות לבין המילים המורכבות-מורפולוגית, פרט לניתוח ברמת הקבוצה של המילים הקצרות. יש לציין כי Kohn and Melvold (2000) דווקא מצאו אפקט מורכבות מורפולוגית, אך לא ברור אם ביצעו את הניתוח תוך פיקוח על אורך המילים, כך שייתכן שאורך המילה היה משתנה מתערב<sup>2</sup>.

הבדיקה השניה שערכנו כדי לבדוק האם מורפמות הן יחידות פונולוגיות אטומיות, היתה ניתוח סוג הטעויות בחלק המורפמה של המילה: אם השערת הגודל לא קובע נכונה, הרי שמילים מורכבות מורפולוגית כמו "כלבים" מועברות מלקסיקון הפלט הפונולוגי אל באפר הפלט הפונולוגי באופן הבא: חלק הבסיס של המילה ("כלב") מועבר בתור 4 פונמות נפרדות (K-L-A-V), וחלק המורפמה מועבר כיחידה פונולוגית אחת (IM). לפיכך נצפה שטעויות בחלק המורפמה לא יהיו החלפות פונולוגיות (כגון "פֶּלְבִּים") אלא החלפת מורפמה שלמה במורפמה אחרת קיימת – לדוגמה, במקום "כלבים" המשתתף עשוי לומר "פֶּלְבוֹת", או שאפילו ישתמש במוספית לא רלוונטית, למשל "פֶּלְבָּנו". טעויות פונולוגיות בבסיס המילה (כגון "פֶּנְבִּים") לא השתתפו בניתוח מורפולוגי זה.

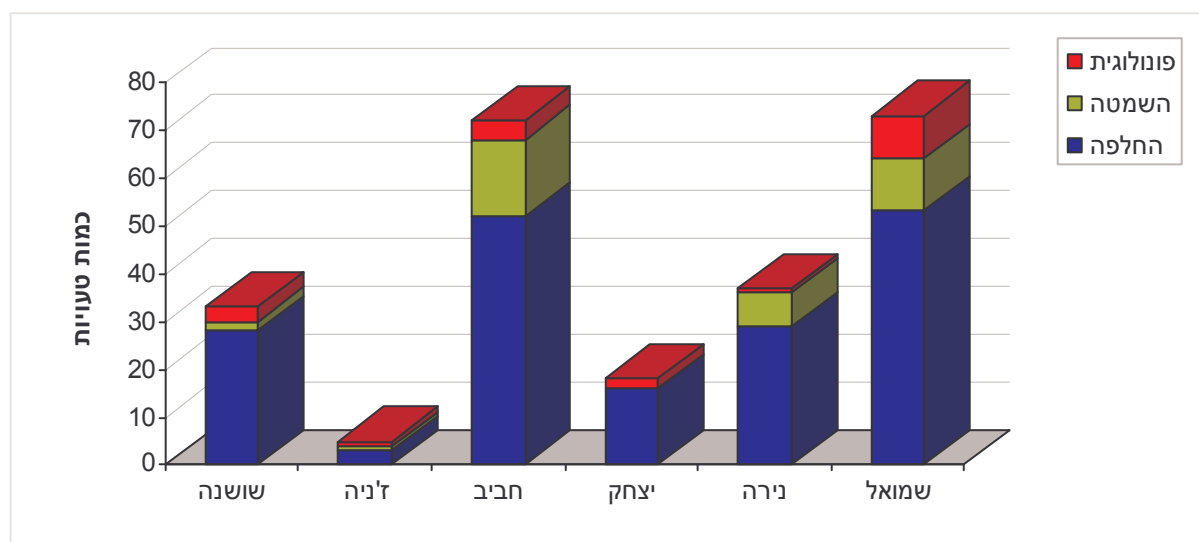
לצורך הניתוח המורפולוגי יש להחליט אילו מורפמות ייחשבו בתור יחידה פונולוגית אטומית – האם רק תחיליות וסיומות (של ריבוי כגון "ים", של נטייה כגון "תי")? אולי גם נטייה שאינה סיומת (למשל רצף התנועות שמתאימות להטיית פועל בגוף מסויים)? אולי אפילו גזירה (למשל רצף התנועות שיוצרות משקל מסויים, למשל המשקל של המילה "מְגַהֵץ")? בשלב זה החלטנו לבדוק רק האם מוספיות מורפולוגיות הן

<sup>2</sup> כדי להתרשם אם אמנם סביר שהאורך יהיה משתנה מתערב וייצור אפקט מדומה של מורכבות מורפולוגית, בדקנו את המצב במטלת קריאת מילים (מטלה 3): אפקט מורכבות מורפולוגית אכן נמצא אצל כל המשתתפים, אך נעלם כאשר פיקחנו על אורך המילה, כלומר אפקט המורכבות המורפולוגית במטלה זו לא היה אמיתי אלא נבע מכך שהמילים המורכבות-מורפולוגית היו ארוכות יותר. הפיקוח על אורך המילה נעשה ע"י השוואת מילים באורך 5-6 פונמות בלבד – אלה היו האורכים היחידים בהם גם כמות המילים המורכבות וגם כמות המילים החד-מורפמיות היתה מספיקה.

יחידות פונולוגיות אטומיות. בחרנו באפשרות זו משתי סיבות: ראשית, היא מתייחסת לקבוצת המורפמות המצומצמת ביותר, ולפיכך נראתה ה"נקייה" ביותר. שנית, קל מאד להפריד בין המוספית לבין בסיס המילה, וההפרדה יוצרת יחידות פונולוגיות רצופות (אם נתייחס גם לתנועות של משקל בתור מורפמה, קשה יותר יהיה להפריד בין המורפמה לבין הפונמות של הבסיס, כיוון שהם שלובים זה בזה).

הניתוח המורפולוגי בוצע לגבי מטלות הפקת משפטים (מטלה 22), קריאת מילים (מטלה 3) וארטישוק (מטלה 23). כיוון שדפוס התוצאות נראה דומה במטלות השונות, ובגלל מיעוט החומר בכל מטלה, איחדנו את התוצאות של כל המטלות הללו עבור כל משתתף. איחוד כזה נראה סביר גם כיוון שאין סיבה להניח שהעיבוד המורפולוגי יהיה שונה במטלות השונות.

בדומה לניתוח שביצענו לגבי מילות פונקציה חבורות, גם כאן הטעויות חולקו לשלושה סוגים: טעות סמנטית היא החלפת מוספית מורפולוגית במוספית אחרת, קיימת (גם אם התוצאה אינה מילה קיימת); השמטת מוספית מורפולוגית; וטעות פונולוגית שאינה מורפולוגית. שני סוגי הטעויות הראשונים עקביים עם השערת הגודל לא קובע, וכפי שניתן לראות בתרשים 10 – אלה הם אכן סוגי הטעויות העיקריים.



תרשים 10: מס' הטעויות (לפי סוג) בהפקת מוספיות מורפולוגיות

התוצאות בתרשים 10 נראות ברורות ביותר: 92% מהטעויות שהמשתתפים ביצעו במוספיות המורפולוגיות היו החלפה של המוספית באחרת או השמטה של המוספית כולה. רק 8% מהטעויות היו כאלה שאין להן הסבר מורפולוגי. אנו מסוגלים, אם כן, לקבוע כי תופעת סטפ"ס מתקיימת גם לגבי מוספיות מורפולוגיות – כפי שמנבאת השערת הגודל לא קובע.

אם אמנם יצירת הנטייה המורפולוגית היא תהליך פרודוקטיבי, וקיים מנגנון הרכבה מורפולוגית שמחבר את המורפמה לבסיס המילה, עד כמה תלוי המנגנון הזה בלקסיקון הפלט הפונולוגי? כדי לבדוק זאת העברנו למשתתפים מטלה נוספת – הפקת מילות-תפל שצורפה אליהן נטייה מורפולוגית. המשתתפים התבקשו להפיק פעלי-תפל נטויים או שמות-עצם תפליים עם סיומות מורפולוגיות. כל מילות-התפל במטלה זו השתמשו במשקלים ובסיומות מורפולוגיות אמיתיים, שקיימים בעברית. במטלה זו ברור שלפחות הפונמות



כדי לבדוק את האפשרות הזו, המשתתפים ביצעו מטלות שונות שבהן הם נדרשו להפיק שמות של אותיות בעברית ובאנגלית. השווינו בין סוגי הטעויות בשתי השפות: אם יתגלה כי בהפקת אותיות באנגלית יש החלפות סמנטיות, ולעומת זאת בהפקת אותיות בעברית יש טעויות פונולוגיות, כלומר דפוס הטעויות באותיות באנגלית יהיה דומה למספרים, ובאותיות בעברית הדפוס יהיה דומה למילים רגילות – הדבר יהווה תמיכה בהשערת הגודל לא קובע. לעומת זאת, אם יתגלה שדפוס הטעויות דומים באותיות בעברית ובאנגלית, הדבר לא יהווה ממצא שפוסל או מאשש השערה כלשהי.

**מטלה 25. אותיות:** למשתתפים הוצגו 50 אותיות בודדות, אחת בכל פעם, והם התבקשו לנקוב בשמן. במטלה העברית האותיות נכתבו בדפוס; במטלה האנגלית האותיות נכתבו ב-upper case.

**מטלה 26. ראשי תיבות:** למשתתפים הוצגה רשימה של משפטים שכללו ראשי תיבות. מטלה זו הועברה באחת משתי צורות: משתתפים בעלי רמת קריאה סבירה התבקשו לקרוא את המשפט במלואו. למשתתפים שהתבקשו בקריאה, המשפטים הוצגו כאשר ראשי התיבות סומנו בקו תחתון. הם התבקשו לקרוא את המשפט בשקט, ולומר בקול "רק את המילים שמסומנות בקו" – כלומר את ראשי התיבות. בגירסה העברית של מטלה זו היו 19 משפטים שבהם שובצו 35 ראשי תיבות – 15 שנהגים אות-א (כמו ש"ג) ו-20 שנהגים כמו מילה רגילה (כמו רמטכ"ל). אלה האחרונים לא השתתפו בניתוח. בגירסה האנגלית המטלה כללה 17 משפטים שבהם שובצו 30 ראשי תיבות.

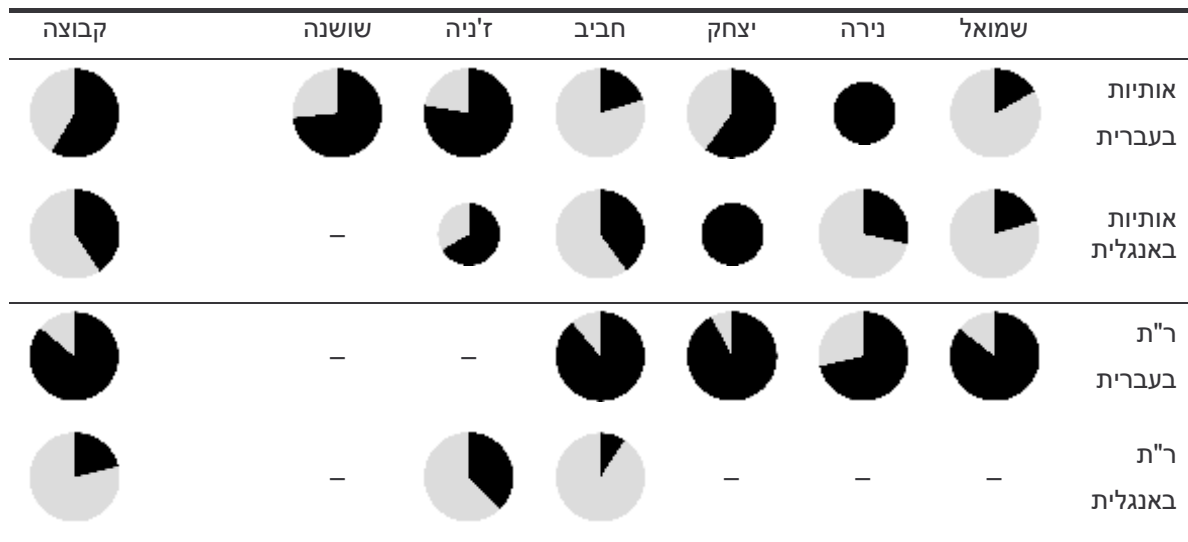
#### טבלה 21. טעויות בהפקת אותיות בעברית ובאנגלית

אותיות בעברית		אותיות באנגלית		אותיות באנגלית		אותיות בעברית		
פונו	סמנטי	פונו	סמנטי	פונו	סמנטי	פונו	סמנטי	
2%	10%	2%	8%	3%	33%	–	–	שמואל
2%	0%	4%	10%	–	–	–	–	נירה
6%	4%	4%	0%	–	–	–	–	יצחק
2%	8%	8%	12%	3%	33%	–	–	חביב
14%	4%	4%	2%	10%	17%	–	–	ז'ניה
22%	8%	–	–	–	–	–	–	שושנה

במטלה ר"ת בעברית, התוצאות המופיעות כאן הן רק של 15 ראשי התיבות שנהגים אות-א.

טבלה 21 כוללת את שיעור הטעויות במטלות אלו. תרשים 11 מתאר השוואה בין סוגי הטעויות, ללא התייחסות לשיעור הטעויות הכללי בכל מטלה. כיוון שאנו מתעלמים משיעור הטעויות הכללי, ניתוח סוגי הטעויות הוא פחות מהימן במטלות בהן היו מעט מאד טעויות, ולפיכך מקרים אלה מיוצגים בתרשים 11 ע"י עיגול קטן יותר.

לגבי הפקת ראשי תיבות, התמונה העולה מתרשים 11 ברורה למדי: ניתן לראות כי אצל כל מי שהפיק ראשי תיבות בעברית, רוב הטעויות היו פונולוגיות. לעומת זאת, בהפקת ראשי תיבות באנגלית, מטלה שהועברה רק לחביב ולז'ניה, דפוס הטעויות הוא הפוך ורוב הטעויות הן סמנטיות – בדומה לממצאים שדווחו ע"י Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997). הבדל זה בדפוס הטעויות מתאים להשערת הגודל לא קובע ותומך בהנחה שהמנגנון, שבו אותיות מהוות אבני-בניין בתהליך פרודוקטיבי של יצירת ראשי תיבות, דומיננטי יותר באנגלית מאשר בעברית.



בטרשים מוצג שיעור הטעויות הסמנטיות והפונולוגיות מתוך כלל הטעויות • עיגול קטן מציין שמס' הטעויות הכללי של המשתתף במטלה היה פחות מ-4. דפוס הטעויות שמוצג בעיגול כזה הוא פחות מהימן.  
 טעויות פונולוגיות ■ טעויות סמנטיות □

### טרשים 11: טעויות פונולוגיות לעומת סמנטיות בהפקת אותיות

לגבי הפקת אותיות, התמונה מעט פחות ברורה אך עדיין מתאימה להשערה: ראשית, יש לשים לב כי אצל חלק מהמשתתפים היה שיעור טעויות נמוך מאד במטלות אלה, וניתוח דפוס הטעויות על סמך כמות טעויות כה קטנה אינו מהימן. מקרים אלה מיוצגים בטרשים 11 ע"י עיגול קטן יותר, והם לא נכללים בניתוח הנוכחי. לגבי המקרים בהם שיעור הטעויות היה מספיק כדי לאפשר ניתוח, אנו רואים כי בהפקת אותיות באנגלית אכן רוב הטעויות היו סמנטיות, בהתאם להשערה. לגבי הפקת אותיות בעברית התמונה פחות ברורה: אצל חלק מהמשתתפים הטעויות הפונולוגיות היו הדומיננטיות, אך אצל שמואל וחביב הטעויות הסמנטיות היו רבות יותר. עם זאת, דפוס הטעויות ברמת הקבוצה כולה מתאים להשערה (יותר טעויות פונולוגיות בעברית, יותר טעויות סמנטיות באנגלית).

לסיכום, ההבדלים בדפוס הטעויות בהפקת אותיות בין עברית לאנגלית תומכים בהשערת הגודל לא קובע: דומה כי אותיות באנגלית (וכפי הנראה גם בצרפתית) אכן מהוות יחידות פונולוגיות אטומיות, ואותיות בעברית אינן כאלה.

### מרכיבי סמיכות נפוצים

מרכיבי סמיכות נפוצים הם מילים או חלקי מילים שמופיעות באופן תדיר כחלק מצורת סמיכות, ותמיד באותה צורה (כגון "גן ילדים", "גן חיות", "גן שעשועים"). על פי השערת הגודל לא קובע, ייתכן כי גם מרכיבי סמיכות אלה מהווים יחידות פונולוגיות אטומיות. כדי לבדוק זאת המשתתפים התבקשו להפיק משפטים שכללו סמיכויות כאלה (למשל "הלכתי לגן החיות").

מטלה 27. אנטי-טסט (מרכיבי סמיכות נפוצים): למשתתפים הוצגו 39 משפטים קצרים (3-5 מילים) שכללו בסך הכל 40 מרכיבי סמיכות נפוצים (למשל "מרד בר-כוכבא", "הנמרים בגן החיות") ו-77 מילים "רגילות". המשתתפים התבקשו לומר את המשפטים בקול. לחלק מהמשתתפים המשפטים הוצגו בכתב והם קראו אותם, ולחלקם המשפטים הוקראו והם התבקשו לחזור עליהם.

מתוך 40 המילים שהיו מרכיבי סמיכות נפוצים, חמש הופיעו בצורה נטויה ולא בצורת הבסיס שלהן (לדוגמה: "צִית ספר" – נטויה; "גן ילדים" – לא נטויה). אותן חמש מילים לא נכללו בניחוח (אם כי התוצאות אינן שונות באופן עקרוני גם כאשר מכלילים אותן).

התוצאות (טבלה 22) היו שאין הבדל בין שיעור הטעויות הפונולוגיות במילים רגילות לבין מרכיבי הסמיכות. ממצא זה אינו מתיישב עם השערת הגודל לא קובע. ניתן להסיק מכך אחת משתיים: או שהשערה אינה נכונה, או שהיא נכונה אבל מרכיבי הסמיכות הנפוצים אינם יחידות פונולוגיות אטומיות. לאור הצלחת הניבויים של ההשערה לגבי מילות פונקציה, מורפמות, ואותיות, האפשרות השניה נשמעת סבירה יותר. ייתכן גם שהשערה נכונה אבל האפקט במקרה זה חלש מאד, אפשרות שמקבלת חיזוק מסויים מכך שההשוואה ברמת הקבוצה היתה קרובה למובהקת.

מטלה דומה הועברה ע"י Marangolo, Nasti, and Zorzi (2004), וגם אצלם נמצא שיעור גבוה של טעויות פונולוגיות במילים מורכבות (compound).

טבלה 22. טעויות פונולוגיות במטלת אנטי-טוט

השוואה	מילים רגילות	מרכיבי סמיכות	אופן העברה	שמואל
$\chi^2 = .46, p = .25$	56%	49%	קריאה	נירה
$\chi^2 = .46, p = .25$	21%	16%	קריאה	יצחק
הפוך	33%	37%	חזרה	חביב
$\chi^2 = 1.5, p = .11$	38%	29%	קריאה	שושנה
$\chi^2 = .92, p = .17$	57%	46%	חזרה	קבוצה
Wilcoxon T = 1, p = .06	41%	35%		

"מילים רגילות" המוצגות כאן הן 77 המילים הרגילות מהמשפטים שהופקו במסגרת מטלת אנטי-טוט. המילה "הפוך" מציינת שההבדל הוא בניגוד להשערה.

### סיכום ביניים: השערת הגודל לא קובע

מהממצאים עולה באופן ברור כי מילות פונקציה חבורות, מילות פונקציה פרודות ומוספיות מורפולוגיות – כולם מתנהגים כמו יחידות פונולוגיות אטומיות, בדומה למילות מספר: במילות פונקציה פרודות כמעט ואין טעויות בכלל. במוספיות מורפולוגיות ובמילות פונקציה חבורות, הרוב המכריע של הטעויות הוא מסוג החלפת המורפמה, או המילה החבורה, באחרת. בשני המקרים ניתן לראות זאת כתופעה שמקבילה לתופעת סטפ"ס במספרים. ממצאים אלה מתאימים להשערת הגודל לא קובע ומהווים תמיכה ברורה בה. העובדה כי לא ראינו טעויות סמנטיות רבות במילות פונקציה פרודות לא עומדת בניגוד להשערה, כיוון שניתן לראותה כמקבילה למיעוט הטעויות הסמנטיות בהפקת ספרות בודדות. גם הממצאים לגבי אותיות מתאימים להשערה: ראינו כי באנגלית, שפה בה האותיות מהוות "אבני בניין" בתהליך הפרודוקטיבי של ייצור ראשי תיבות, האותיות נוטות להיות יחידות פונולוגיות אטומיות יותר מאשר בעברית, בה תפקידן של האותיות כאבני בניין בתהליך זה הוא מצומצם יותר.

לגבי מרכיבי סמיכות נפוצים, ראינו כי דפוס הטעויות בהם לא מתאים להשערת הגודל לא קובע, או במקרה הטוב – מתאים לה באופן דחוק ביותר. כך או כך, אין בעובדה זו כדי להפריך את ההשערה: לכל היותר, ממצא זה מעיד על כך שמרכיבי הסמיכות אינם יחידות פונולוגיות אטומיות.

## השערת הרכיב התבנית

השערה זו מתמקדת ברכיב שאחראי לייצר את רצף המילים שמרכיבות את המספר (Power & Dal Martello, 1990; McCloskey, Sokol, & Goodman, 1986). כבר הזכרנו במבוא שהשערת הרכיב התבנית היא היחידה מבין כל ההשערות שמתייחסת לתחביר המספר, ולכן היחידה שמסוגלת להסביר טעויות שאינן ברמת המילה הבודדת – כגון קריאת 13 בתור "מאה ושלוש", או 23008 בתור "אלפיים שלוש מאות ושמונה". קראנו לטעויות כאלה *טעויות תבניות בהכרח* כיוון שהן מעידות ללא ספק על פגיעה בתהליך תבניתי כלשהוא מעבר לרמת המילה הבודדת. קיומן של טעויות כאלה אצל משתתף מסויים מעיד על כך שרכיב תבניתי אכן קיים, ושהוא פגוע אצל אותו משתתף. לפיכך, בדקנו קודם כל את שיעור הטעויות האלה אצל המשתתפים. לאחר מכן נפנה לבדיקת ההשערה עצמה.

לצורך ניתוח זה, חילקנו את הטעויות הסמנטיות במספרים לשלושה סוגים. הסוג הראשון היה *טעויות החלפת מילה* – מקרים בהם מילה הוחלפה במילה אחרת. טעויות אלה כוללות החלפת ספרה באחרת (כמו בהחלפה 23 ← 24: המילה "שלוש" הוחלפה ב"ארבע") והחלפת מילת multiplier באחרת (בהחלפת 315 ← 3015, המילה "מאות" הוחלפה ב"אלפים"). הסוג השני היה *טעויות תבניות בהכרח* – טעויות בהן היה ברור לחלוטין שלא היה מדובר במקרה של החלפת מילה באחרת, כמו במקרה של 13 ← 103. זהו סוג הטעויות שהופעתן תצביע על קיומו של רכיב תבניתי. הסוג השלישי הוא מקרים לא ברורים – למשל, ההחלפה 35 ← 305. במקרה זה, אם אנחנו סבורים שהצירוף "שלוש מאות" מיוצג בתור שתי מילים במערכת ההפקה, עלינו לסווג טעות כזו כתבניתית; אך אם אנחנו סבורים ש"שלוש מאות" מיוצג כמילה אחת, עלינו לסווג את הטעות כהחלפת מילה. כיוון שלא היינו בטוחים מהו אופן הייצוג, סיווגנו את הטעויות האלה בנפרד ולא ספרנו אותן כתבניות-בהכרח. נשים לב כי סוגייה זו רלוונטית בעברית אך לא קיימת באנגלית, ולכן החלטנו לא השפיעה על ספירת הטעויות אצל ז'ניה באנגלית.

נעיר כאן שהאופן בו חילקנו כאן את הטעויות, לתבניות לעומת החלפת מילה, אינו תואם את החלוקה הסטנדרטית של טעויות ללקסיקליות ותחביריות (Deloche & Seron, 1982). הסיבה לכך היא שאצל Deloche and Seron, שעוסקים בעולם המספרים בלבד, יחידת העיבוד הבסיסית היא ספרה, בעוד כאן אנו מעוניינים להתייחס ל*מילה* בתור היחידה הבסיסית.

**טבלה 23.** שיעור הטעויות התבניות-בהכרח מתוך כלל הטעויות

הבדל	חזרה על מספרים	קריאת מספרים ספרתיים	שמואל
Fisher's $p = .66$	4% (.25)	3% (.12)	שמואל
Fisher's $p = 1$	5% (.5)	3% (.5)	נירה
Fisher's $p = .72$	10% (.12)	14% (.03)	יצחק
–	–	23% (< .001)	חביב
Fisher's $p = .03$	7% (.26)	28% (< .001)	ז'ניה עברית
Fisher's $p < .001$	6% (.25)	47% (< .001)	ז'ניה אנגלית
–	6% (.12)	–	שושנה

המספרים בסוגריים מציינים את ערך Fisher's  $p$  בהשוואה למצב של 0 טעויות תבניות בהכרח. כאשר השוואה זו מובהקת, התא נצבע באפור.

טבלה 23 מתארת את שיעור הטעויות התבניות-בהכרח מתוך כלל הטעויות במטלות ההפקה של מספרים. ניתן לראות בבירור שטעויות כאלה אכן קיימות אצל רוב המשתתפים, ולפחות במטלת הקריאה – בשיעור

לא מבוטל. הטעויות האלה מעידות על כך שרכיב תבניתי אכן קיים, ושאצל יצחק, חביב וז'ניה הוא פגוע. ממצא זה אינו מפתיע – זהו שחזור של ממצאים שכבר דווחו בעבר (החולה JE אצל (Cohen, Verstichel, & Dehaene, 1997 ; McCloskey, Sokol, Caramazza, & Goodman, 1990).

לגבי שושנה, קשה לדעת אם הרכיב התבניתי אצלה פגוע או לא: שיעור הטעויות התבניות-בהכרח שלה אינו גבוה במיוחד, אך גם במטלות החזרה של שאר המשתתפים הוא נמוך יחסית. לעומת זאת, ברור למדי שהרכיב התבניתי של שמואל ונירה הוא במצב תקין יחסית. מעניין לשים לב שהרכיב התבניתי תקין דווקא אצל המשתתפים שלקסיקון הפלט הפונולוגי שלהם נותר תקין. ממצא זה מכווון לכך שהרכיב התבניתי עשוי להיות צמוד ללקסיקון הפלט הפונולוגי.

תופעה מעניינת מאד היא שאצל כל המשתתפים שפגועים בלקסיקון הפלט הפונולוגי, שיעור הטעויות התבניות-בהכרח במטלת הקריאה גבוה משיעורן במטלת החזרה. ניתן לראות שאצל יצחק, חביב וז'ניה, מספר הטעויות התבניות בהכרח גבוה במובהק מאפס במטלת הקריאה, אך לא במטלת החזרה. נראה שהפגיעה ברכיב התבניתי מתבטאת בעיקר בקריאת מספרים.

ההבדל בשיעורי הטעויות בין קריאה לחזרה מובהק רק אצל ז'ניה (בעברית  $Fisher's p = .03$  דו-זנבי, באנגלית  $Fisher's p < .001$ , לעומת זאת אצל יצחק  $Fisher's p = .72$ ). הבדל זה אינו נובע מכך שבמטלת החזרה היו מספרים קצרים יותר (רק עד 3 ספרות, לעומת עד 5 ספרות בקריאה): גם אם נתחשב רק במספרים בני 1-3 ספרות במטלת הקריאה, עדיין שיעור הטעויות התבניות-בהכרח גבוה במטלת החזרה (בעברית: 29% טעויות תבניות-בהכרח בקריאה,  $Fisher's p = .03$ ; באנגלית המובהקות שולית בלבד: 29% טעויות תבניות-בהכרח בקריאה,  $Fisher's p = .06$ ).

### האם הרכיב התבניתי הוא המקור לתופעת סטפ"ס?

קיומן של טעויות תבניות-בהכרח אינו מעלה ואינו מוריד מהשערת הרכיב התבניתי, אלא רק מראה את קיומו של הרכיב: ייתכן שרכיב זה הוא אמנם מקור הטעויות הסמנטיות במספרים, וייתכן גם שהשערה מופרכת והמקור לתופעת סטפ"ס אינו הרכיב התבניתי.

השערת הרכיב התבניתי מניחה שהרכיב נמצא בין הסמנטיקה לבין לקסיקון הפלט הפונולוגי (ר' תרשים 4): הרכיב התבניתי מקבל ייצוג סמנטי של המספר, ותפקידו הוא לבנות את רצף המילים שמייצג את המספר. לאחר שנבנה רצף המילים, המידע מועבר אל לקסיקון הפלט הפונולוגי.

גם לפני שנבדוק אותה באופן ישיר, ברור שהשערת הרכיב התבניתי לא יכולה להוות הסבר יחיד לסטפ"ס: ההשערה מסבירה את תופעת סטפ"ס רק אצל מי שהפגיעה שלו היא בלקסיקון הפלט הפונולוגי או בשלב מוקדם יותר, כלומר אינה מסבירה את סטפ"ס אצל שמואל ונירה, שהפגיעה שלהם היא סלקטיבית בבאפר הפלט הפונולוגי. למרות זאת נתאר כאן את בדיקת ההשערה לגבי כל המשתתפים.

נזכיר כי העלינו שתי גירסאות להשערת הרכיב התבניתי: הגירסה החד-גורמית שלה מסבירה את תופעת סטפ"ס במלואה. הגירסה הדו-גורמית שלה מסבירה רק את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות ע"י כך שהיא

מניחה שהקישור בין הסמנטיקה לבין הרכיב התבניתי פגוע, אך הקישור בין הסמנטיקה לבין לקסיקון הפלט הפונולוגי נותר תקין.

אם השערת הרכיב התבניתי נכונה, ואם נצליח לגרום למשתתפים להפיק מילות מספר בלי להשתמש ברכיב תבניתי, נצפה לדפוס טעויות דומה לזה של מילים רגילות – כלומר, שבאותן מילות מספר יופיעו טעויות פונולוגיות רבות והטעויות הסמנטיות יהיו מעטות יחסית. משום כך, כדי לבדוק את ההשערה השתמשנו בשתי מטלות שמנסות לעודד הפקת מספרים ללא שימוש ברכיב תבניתי.

המטלה הראשונה – **חזרה על מספרים** – מתבססת על ההנחה שהפקת מילות מספר בודדות לא מחייבת שימוש ברכיב התבניתי, ומנסה להשוות בין הפקת מספרים רב-ספרתיים לבין הפקת מספרים חד-ספרתיים שדומים להם מבחינת העומס הקוגניטיבי. לשם כך המטלה הועברה בשתי גירסאות: בגירסת **צרורות**, המשתתפים חזרו על מספרים שלמים (למשל "מאתיים וארבע עשרה"). בגירסת **בודדת**, המשתתפים חזרו על אותם מספרים ספרה-ספרה ("שתיים, אחת, ארבע"). אם נגלה הבדלים בין מטלת "צרורות" למטלת "בודדת", כך שבמטלת "בודדת" תופעת סטפ"ס לא תתקיים (או אפילו רק תהיה חלשה יותר), הדבר יחזק את ההשערה שאפקט הסטפ"ס אכן נבע מהשימוש ברכיב התבניתי.

המטלה השנייה היתה **קריאת מספרים מילוליים**: המשתתפים התבקשו לקרוא מספרים שנכתבו במילים (כלומר לא הוצג להם "32" אלא "שלושים ושתיים"). במטלה זו המשתתפים יכולים לקרוא את המספרים מילה-מילה, ובכך לקרוא ללא שימוש ברכיב התבניתי. אם נגלה שתופעת סטפ"ס לא מתקיימת במטלה זו, נטען שאפשר לייחס את התופעה לרכיב התבניתי.

### חזרה על מספרים

**מטלה 28. חזרה על מספרים**: הנסיין הקריא למשתתפים מספרים בני 3-1 ספרות והם התבקשו לחזור עליהם בקול. כל משתתף ביצע את המטלה פעמיים: בגירסת "צרורות", שכבר תוארה לעיל בתור מטלה מס' 8, המספרים הוקראו כמספר שלם (למשל, 32 בתור "שלושים ושתיים") והמשתתפים חזרו עליהם באופן זה. בגירסת "בודדת" המספרים הוקראו למשתתפים ספרה-ספרה (32 בתור "שלוש, שתיים"), וכך הם חזרו עליהם. בניגוד למטלות ספאן, ההקראה בגירסת "בודדת" היתה בקצב דיבור רגיל ולא הקראה איטית (וזאת כדי שההבדלים בין שתי הגירסאות של המטלה יהיו מעטים ככל האפשר). גירסת "צרורות" כללה 80 מספרים: 18 ספרות בודדות, 22 מספרים דו-ספרתיים, ו-40 מספרים תלת-ספרתיים. הספרות הבודדות אמנם הועברו במטלה אך לא נכללו בניתוח שלהלן. גירסת "בודדת" כללה את אותם מספרים שהוצגו באותו סדר, בלי הספרות הבודדות – כלומר 62 מספרים בלבד. בגירסת "בודדת" לא כללנו שוב את המספרים החד-ספרתיים, שממילא לא נכללו בהשוואה בין המטלות.

למרות שברור מאד שלא היתה למשתתפים אפשרות מעשית לשנן בעל-פה את רשימות המספרים בין ההעברה הראשונה לשנייה של המטלה (במיוחד לאור העובדה שכולם אפאזים עם פגיעה בזיכרון עבודה), הקפדנו בכל זאת להעביר את שתי הגירסאות של המטלה במפגשים נפרדים.

השערת הרכיב התבניתי מנבאת כי הספרות במטלת "בודדת" יתנהגו כמו מילים רגילות, כלומר יהיו בהן יותר טעויות פונולוגיות מבמטלת "צרורות", ופחות טעויות סמנטיות.

בהשוואת הטעויות הסמנטיות בין שתי המטלות התייחסנו רק לטעויות של החלפת ספרה בספרה אחרת – טעויות לקסיקליות. הסיבה לכך היא שבמטלת "בודדת" ייתכנו רק טעויות כאלה, והכללת טעויות אחרות

(תחביריות) ממטלת "צרורות" עלולה ליצור הטיה בכך שתגדיל באופן מלאכותי את מספר הטעויות ב"צרורות" לעומת "בודדת".

**טבלה 24.** שיעור הטעויות בחזרה על מספרים שלמים ("צרורות") לעומת חזרה ספרה-ספרה ("בודדת")

	החלפת ספרה (טעות סמנטית)			טעות פונולוגית			
	השוואה	בודדת	צרורות	השוואה	בודדת	צרורות	
$\chi^2 = 3.7, p = .03$		60%	76%	הפוך	2%	3%	שמואל
$\chi^2 = 5, p = .01$		8%	23%	הפוך	0%	2%	נירה
$\chi^2 = 1.2, p = .14$		34%	44%	Fisher's $p = .01$	11%	0%	יצחק
$\chi^2 = 1.9, p = .09$		24%	35%	הפוך	5%	27%	ז'ניה
$\chi^2 = 1.7, p = .1$		31%	42%	הפוך	8%	23%	שושנה

המילה "הפוך" במקום תוצאות השוואה מציינת שההבדל הוא בכיוון ההפוך להשערה. • ערכי  $\chi^2$  הם חד-זנביים. • השוואות מובהקות מסומנות באפור.

טבלה 24 מראה את תוצאות ההשוואה בין מטלת "צרורות" ל"בודדת": כמות הטעויות הפונולוגיות אינה גדולה יותר במטלת "בודדת", ואפילו להיפך – בניגוד להשערה, לכל המשתתפים פרט ליצחק יש פחות טעויות פונולוגיות ב"בודדת" מאשר ב"צרורות".

לגבי הטעויות הסמנטיות, כמות הטעויות של החלפת ספרה במטלת "בודדת" אמנם קטנה מכמות הטעויות האלה במטלת "צרורות", אך ההבדל מובהק רק אצל שמואל ונירה – שני המשתתפים שאינם פגועים בלקסיקון הפלט הפונולוגי, ואשר דווקא לגביהם השערת הרכיב התבניתי לא אמורה לעבוד. אצל שאר המשתתפים ההבדל הוא מזערי ולא מובהק, ואינו תומך בהשערת הרכיב התבניתי.

### קריאת מספרים מילוליים

קריאת מספרים הרשומים במילים אמורה גם היא לעודד את המשתתף להפיק מספרים בלי להשתמש ברכיב התבניתי. השערת הרכיב התבניתי מנבאת שבמצב זה דפוס הטעויות (לפחות הסמנטיות) יהיה דומה לטעויות במילים רגילות.

**מטלה 29.** קריאת מספרים מילוליים: למשתתפים הוצגו 100 מספרים שנכתבו במילים, על מחשב או על דף, והם התבקשו לקרוא אותם בקול. המספרים היו בני 1-5 ספרות, 20 מספרים מכל אורך. חביב, שהתקשה מאד בקריאה, קיבל רשימה מצומצמת שכללה רק את 60 המספרים בני 1-3 ספרות. ז'ניה, שלא קוראת היטב עברית, קיבלה את המספרים כתובים באנגלית ולא בעברית, וכך קראה אותם. יצחק ושושנה לא ביצעו את המטלה.

האם תופעת סטפ"ס מתקיימת גם במטלה זו? טבלה 25 משווה בין קריאת מילים לבין קריאת מספרים מילוליים, בדומה להשוואה שערכנו בטבלאות 12 ו-13 כשבדקנו את תופעת סטפ"ס במטלות אחרות של הפקת מספרים.

**טבלה 25.** סטפ"ס במספרים מילוליים: השוואת טעויות בין קריאת מספרים מילוליים לקריאת מילים

	טעויות סמנטיות		טעויות פונולוגיות			
	השוואה	מילים	מספרים מילוליים	מספרים מילוליים		
Fisher's $p < .001$	1%	19%	$\chi^2 = 81, p < .001$	67%	9%	שמואל
Fisher's $p < .001$	0%	17%	Fisher's $p < .001$	19%	4%	נירה
Fisher's $p < .001$	1%	10%	$\chi^2 = 15.2, p < .001$	55%	25%	חביב
$\chi^2 = 3.1, p = .04$	6%	15%	$\chi^2 = 18.1, p < .001$	30%	6%	ז'ניה <sup>a</sup>

[a] ההשוואה אצל ז'ניה היא בין קריאת מספרים מילוליים באנגלית לבין מטלת קריאת טקסט באנגלית (מטלה 6).

השערת הרכיב התבניתי מנבאת שתופעת סטפ"ס לא תתקיים לגבי מספרים מילוליים. בפועל, טבלה 25 מראה שהתופעה מתקיימת עבור כל המשתתפים בכל ההשוואות, כך שלכאורה ההשערה נפסלת. אך האם ייתכן שתופעת סטפ"ס כאן חלשה יותר בקריאת מספרים מילוליים לעומת ספרתיים? אם יתברר שאמנם כך הוא, נקבל בכל זאת תמיכה חלקית בהשערה. לפיכך השוינו את שיעור הטעויות הפונולוגיות והסמנטיות בין קריאת מספרים מילוליים לספרתיים. כמו בהשוואה שערכנו במטלות חזרה על מספרים לעיל, גם כאן לא הכללנו את כל הטעויות הסמנטיות בהשוואה אלא רק טעויות מסוג של החלפת מילה באחרת, כיוון שטעויות תחביריות הן פחות סבירות בקריאת מספרים מילוליים.

**טבלה 26. קריאת מספרים מילוליים לעומת ספרתיים**

	טעויות פונולוגיות			טעויות החלפת מילה		
	מילולי	ספרתי	השוואה	מילולי	ספרתי	השוואה
שמואל	9%	4%	$\chi^2 = 2.7, p = .05$	19%	55%	$\chi^2 = 31.7, p < .001$
נירה	4%	3%	$\chi^2 = .07, p = .39$	15%	11%	הפוך
חביב <sup>a</sup>	25%	0%	Fisher's $p < .001$	10%	16%	$\chi^2 = 1, p = .17$
ז'ניה <sup>b</sup>	6%	3%	$\chi^2 = 1, p = .16$	15%	25%	$\chi^2 = 3.4, p = .03$

המילה "הפוך" במקום תוצאות השוואה מציינת שההבדל הוא בכיוון ההפוך להשערה. \* ערכי p הם חד-זנביים. \* ההשוואות המובהקות מסומנות באפור.

[a] חביב לא קרא מספרים מילוליים ארוכים מ-3 ספרות, ולכן הנתונים שלו בשתי המטלות הם לגבי מספרים עד אורך זה.  
[b] ז'ניה קראה את המספרים המילוליים באנגלית, ולכן השוינו אותם לקריאת מספרים ספרתיים באנגלית.

לפני שנתייחס לתוצאות ההשוואה, יש לברר כיצד להתייחס לקריאה של חביב במטלה זו: כזכור, ראינו שחביב משתמש בקריאת ממיר כאשר הוא קורא מילים. מניתוח הטעויות הפונולוגיות שלו בקריאת המספרים המילוליים נראה כי בהחלט סביר מאד שגם כאן הוא משתמש במסלול הקריאה הזה: מתוך 15 הטעויות שהיו לו, 5 טעויות ניתן להסביר כטעות שטח, וב-3 מקרים נוספים היתה טעות שטח משולבת עם טעות פונולוגית אחרת. בסך הכל היו לו טעויות שטח ב-53% מהמקרים, אחוז גבוה שדומה לכמות טעויות השטח שראינו במילים רגילות אצל קוראים תת-לקסיקליים (יצחק, וחביב עצמו). כיוון שקריאת ממיר עוקפת את מסלולי ההפקה הרגילים, בחרנו שלא להסתמך על ביצועיו של חביב במטלה זו כדי לבדוק את ההשערה.

שמואל ונירה פגועים רק בבאפר הפלט הפונולוגי, ולכן השערת הרכיב התבניתי לא מנבאת סטפ"ס אצלם. אנו רואים כי ההבדל בשיעור הטעויות הפונולוגיות בין קריאת מספרים מילוליים לספרתיים היו מובהקים אצל שמואל בלבד, וההבדל בשיעור הטעויות הסמנטיות היה מובהק אצלו ומנוגד להשערה אצל נירה.

למעשה, ז'ניה היא המשתתפת היחידה שניתן להתייחס לנתונה במטלה זו כדי לבחון את ההשערה. אנו רואים שהניבוי של השערת הרכיב התבניתי מתקיים אצלה רק לגבי הטעויות הסמנטיות, ושיעורן גבוה יותר ממובהק בקריאת מספרים ספרתיים לעומת מילוליים. לעומת זאת, ההבדל בשיעורי הטעויות הפונולוגיות בין שתי המטלות אינו מובהק אצלה. הבדל כזה בטעויות הסמנטיות בין מספרים מילוליים לספרתיים כבר דווח ע"י Marangolo, Nasti, and Zorzi (2004).

לסיכום, נראה כי ההשוואה בין מספרים מילוליים לספרתיים תומכת באופן חלקי בגירסה הדו-גורמית של השערת הרכיב התבניתי, כלומר כהסבר לסלקטיביות הטעויות הסמנטיות בלבד. הגדרנו את התמיכה כ"חלקית" בלבד משתי סיבות: ראשית, היא מבוססת על הנתונים של משתתפת אחת בלבד (ז'ניה). שנית, שיעור הטעויות הסמנטיות שלה בקריאת מספרים מילוליים נמוך אמנם משיעורן בקריאת מספרים ספרתיים,

אך הוא עדיין גבוה באופן משמעותי ביותר משיעורן במילים רגילות. מכאן שאפילו לגבי ז'ניה, השערת הרכיב התבניתי לא מסוגלת לתת הסבר מלא לסלקטיביות הטעויות הסמנטיות.

### סיכום ביניים: השערת הרכיב התבניתי

ניתוח הטעויות התבניות-בהכרח הראה שקיים רכיב תבניתי כלשהו, ושרכיב זה פגוע אצל יצחק, חביב וז'ניה, שיש להם פגיעה בלקסיקון הפלטה הפונולוגי, אך הוא תקין אצל שמואל ונירה, שאין להם פגיעה כזו. הסקנו מכאן שהרכיב התבניתי קרוב כנראה ללקסיקון הפלטה הפונולוגי. קיומו של רכיב תבניתי אינו מפתיע, הוא כבר נדון בהרחבה בעבר, ובמבוא אף תיארנו את המודל של מקלוסקי לגבי רכיב זה. אך האם אותו רכיב תבניתי הוא המקור לתופעת סטפ'ס באופן בו שיערנו?

בשתי המטלות שהעברנו בשלב זה ניסינו ליצור סיטואציה של הפקת מספרים ללא שימוש ברכיב תבניתי. השערת הרכיב התבניתי ניבאה שבמצב כזה, דפוס הטעויות יהיה דומה יותר לטעויות שראינו בדרך-כלל בהפקת מילים – יהיו הרבה טעויות פונולוגיות ומעט טעויות סמנטיות.

בשתי המטלות, הניבוי לגבי סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות לא התקיים כלל, ושיעורן נותר נמוך, כלומר ההשערה הופרכה כהסבר לסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות: במטלת חזרה על מספרים, ההבדלים בכמות הטעויות הפונולוגיות בין "צורות" ל"בודדת" היו כיוון ההפוך להשערה. בקריאת מספרים מילוליים, שיעור הטעויות הפונולוגיות במספרים מילוליים אצל כל המשתתפים היה נמוך מאד לעומת מילים רגילות, ולא היה גבוה באופן מובהק משיעורן במספרים ספרתיים.

גם הניבויים לגבי סלקטיביות הטעויות הסמנטיות לא התקיימו כפי שציפינו, אם כי כאן הצלחנו למצוא תמיכה חלקית בהשערה: הניבויים של ההשערה לגבי מטלת חזרה על מספרים לא התקיימו – וליתר דיוק: לגבי הטעויות הפונולוגיות הם לא התקיימו כלל, ולגבי הטעויות הסמנטיות – ההבדל בין המטלות היה בכיוון ההשערה, אך היה מובהק רק אצל שמואל ונירה, שני פגועי-הבאפר, שההשערה לא אמורה "לעבוד" לגביהם. בהפקת מספרים מילוליים ז'ניה היתה היחידה שניתן להסתמך על התוצאות שלה. שיעור טעויות החלפת מילה שעשתה במספרים מילוליים היה אמנם נמוך משיעורן במספרים ספרתיים, כמצופה, אך עדיין היה גבוה משיעורן במילים רגילות (בניגוד להשערה).

ניתן לפרש את הממצאים משתי המטלות האלה בשתי צורות: פירוש אחד הוא שפשוט לא הצלחנו ליצור מצב של הפקת מילים במסלול שעוקף את הרכיב התבניתי, ולפיכך התוצאות שקיבלנו לא מאששות או מפריכות את ההשערה. הפירוש ה"אופטימי" יותר הוא שמצאנו תמיכה חלקית בכך שהרכיב התבניתי הוא הגורם לטעויות הסמנטיות בהפקת מספרים. אך אפילו פירוש זה אינו תומך במיוחד בהשערה: כיוון שלא הסברנו כאן את הטעויות הפונולוגיות, אין סיבה להניח שהרכיב התבניתי נמצא דווקא בין הסמנטיקה ללקסיקון הפלטה הפונולוגי, כפי שציירנו בתרשים 4, אלא ניתן למקם אותו גם כמעט בכל מקום אחר.

ממצא נוסף שיש להתייחס אליו כאן הוא העובדה שאצל כל המשתתפים לא ראינו טעויות פונולוגיות גם בהפקת ספרות בודדות (ר' טבלה 12). את הממצא הזה ניתן לפרש באחת משתי דרכים: הפירוש הראשון הוא שגם ספרות בודדות מופקות באמצעות הרכיב התבניתי. במקרה כזה, שני הניסויים שערכנו כאן אינם רלוונטיים: שניהם ניסו לעקוף את הרכיב התבניתי ע"כ שגרמנו למשתתפים להפיק ספרות בודדות במקום מספרים רב-ספרתיים, והפירוש הזה למעשה אומר שנכשלו בכך. הפירוש השני מניח שספרות בודדות מופקות שלא באמצעות הרכיב התבניתי, כפי שהנחנו בניסויים שתוארו כאן. במקרה זה, עלינו להסיק שהשערת הרכיב התבניתי אינה מסבירה את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות אלא לכל היותר את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות.

בסופו של דבר, הממצא המרכזי שפוסל את השערת הרכיב התבניתי הוא העובדה שהראינו את קיומה של תופעת סטפ"ס אצל שמואל ונירה: הפגיעה של שני משתתפים אלה היא סלקטיבית בבאפר הפלט הפונולוגי, ללא פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי, והשערת הרכיב התבניתי לא מסבירה את תופעת סטפ"ס כאשר לקסיקון הפלט הפונולוגי תקין. בנוסף לכך, ניתוח הטעויות התבניות-בהכרח הראה בבירור שהרכיב התבניתי שלהם מצליח לייצר תבנית מספר נכונה, דבר שסותר את ההנחה שיש להם פגיעה בקישור בין הסמנטיקה לבין רכיב זה.

### השערות דו-גורמיות

*השערת הגודל לא קובע השערת הרכיב התבניתי*, שנדונו לעיל, הוגדרו כהשערות חד-גורמיות: שתיהן מניחות שסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות וסלקטיביות הטעויות הסמנטיות נובעות ממקור משותף. ההשערות שנעסוק בהן מכאן והלאה הן ההשערות הדו-גורמיות – אלה שמניחות גורמים נפרדים לסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות ולסלקטיביות הטעויות הסמנטיות.

ניתן לחלק את ההשערות הדו-גורמיות לשנים עפ"י אופי ההסבר שהן מציעות לסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות או הסמנטיות: חלקן מציעות הסבר שמניח מסלולי עיבוד נפרדים למילים ולמספרים; על פי השערות אלה, סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות או הסמנטיות נובעת מפגיעה ספציפית במסלול עיבוד של מילים או של מספרים. השערות אלה הן *השערת הלקסיקון הנפרד*, שמסבירה את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות בקיומו של לקסיקון פלט פונולוגי נפרד למספרים; והגירסה המצומצמת של *השערת הרכיב התבניתי* כמסבירה את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות בלבד. ההשערות מסוג זה מנבאות שתימצא דיסוציאציה כך שסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות וסלקטיביות הטעויות הסמנטיות יופיעו זו בנפרד מזו.

השערות דו-גורמיות אחרות לא מניחות מסלולי עיבוד נפרדים למילים ולמספרים. ההסבר שלהן לתופעת סטפ"ס נעוץ בהבדלים במאפיינים של מילים ושל מספרים, ולא בפגיעה סלקטיבית במסלול עיבוד מסויים. השערות אלה לא מנבאות בהכרח דיסוציאציה שבה סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות או הסמנטיות יתקיימו בנפרד, והעובדה שתופעת סטפ"ס מתקיימת במלוואה אצל כל המשתתפים במחקר לא מחלישה את ההשערות מסוג זה. לדוגמה, נניח שסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות נובעת מתדירותן הגבוהה של מילות

מספר (השערת התדירות), וסלקטיביות הטעויות הסמנטיות במילות-מספר נובעת מהעובדה שהן מהוות שדה סמנטי חד-ממדי. במצב כזה לא נצפה לדיסוציאציה בין סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות לסלקטיביות הטעויות הסמנטיות: תדירות מילות המספר תמיד תהיה גבוהה יותר, והשדה הסמנטי שלהן תמיד יישאר חד-ממדי. גם עקרון הרצף הוא השערה מסוג זה, וכך גם הגרסה המצומצמת של השערת הגודל לא קובע כמסבירה רק את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות.

להלן נתאר את הניסויים שנערכו כדי לבדוק את ההשערות הדו-גורמיות, ואת תוצאותיהם. נתחיל בהשערה שמנסה להסביר את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות – השערת השדה הסמנטי החד-ממדי.

### השערת השדה הסמנטי החד-ממדי

השערה זו, שמנסה להסביר רק את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות, גורסת שמספרים נבדלים ממילים רגילות בכך שהם מהווים שדה סמנטי חד-ממדי: רק תכונת אחת מבדילה בין האברים בשדה – ערכו של המספר. אם המידע העובר מהלקסיקון הסמנטי אל לקסיקון הפלט הפונולוגי הוא אוסף תכונות שמתארות מילה, ייתכן שמידע שכולל תכונת אחת בלבד יהיה מועד יותר להחלפות של מילה בשכן סמנטי שלה לעומת מידע שכולל מספר תכונות.

כדי לבדוק את ההשערה, העברנו סדרה של מטלות שבהן המשתתפים התבקשו להפיק מילים משדות סמנטיים שונים, ששיעורן שגם הם עשויים להיות חד-ממדיים. אם ההשערה נכונה, נצפה לריבוי טעויות סמנטיות גם בשדות סמנטיים חד-ממדיים אחרים, שאינם מילות מספר.

המבנה של כל המטלות האלה היה דומה למדי. בכל מטלה היו מספר מילים אפשריות שהמשתתף התבקש להפיק, שהשתייכו לאותו שדה סמנטי. כל השדות הסמנטיים שהשתמשנו בהם היו בני 10-4 מילים לשדה, וכל מטלה כללה 50-30 פריטים, כך שכל מילה מהשדה הוצגה מספר רב של פעמים. המטלות הועברו בצורת שיום ע"פ הגדרה: לכל מילה היתה הגדרה מסויימת (למשל, צבע הוגדר ע"י הצגת הצבע עצמו, שם של שפה הוגדר ע"י כך שהנסיין אמר את שם המקום שבו דוברים את אותה שפה, וכו'). כדי למנוע עומס לא רלוונטי, לכל מילת מטרה היתה הגדרה אחת בלבד. לדוגמה, המילה "ספרדית" הופיעה 3 פעמים במסגרת מטלת שפות, ובכולן הוגדרה ע"י השאלה "איזו שפה מדברים בארגנטינה?".

בתחילת כל מטלה הוצג למשתתפים השדה הסמנטי וכל המילים שבו. כמו כן הוצגה להם ההגדרה של כל מילה. המילים וההגדרות הוצגו במידת הצורך מספר פעמים, עד שהמשתתף אמר שהבין אותן. לאחר מכן נערך אימון, בו הנסיין הציג כל הגדרה פעם אחת והמשתתף התבקש לענות במילת המטרה המתאימה. במידת הצורך חזרנו על האימון יותר מפעם אחת, עד שהמשתתף אמר שהוא זוכר את המילים וההגדרות (ברוב המקרים אימון אחד הספיק).

**מטלה 30. שפות (30 פריטים):** שדה סמנטי זה כלל 9 שמות של שפות (עברית, אנגלית, ערבית, ספרדית, צרפתית, רוסית, איטלקית, יפנית וגרמנית). בכל צעד המשתתף נשאל ע"י הנסיין "איזו שפה מדברים ב...?". שם המקום שנקבנו בו לעולם לא היה דומה פונולוגית לשם השפה (לדוגמה, לא שאלנו איזו שפה מדברים בצרפת, אלא בפריס).

**מטלה 31. טעמים (30 פריטים):** שדה סמנטי זה כלל 5 שמות של טעמים (מתוק, מלוח, חמוץ, מר, חריף). בכל צעד המשתתף נשאל ע"י הנסיין "מה הטעם של...?". תוך ציון שם של מאכל בטעם הרלוונטי.

**מטלה 32. אצבעות** (30 פריטים): שדה סמנטי זה כלל את 5 שמות האצבעות. בתחילת הניסוי המשתתף התבקש להניח את ידו על השולחן, ובכל צעד הנסייך נגע באחת האצבעות של המשתתף. בשלב האימון התגלה שחביב ושושנה סובלים כנראה מאגנוזיה לאצבעות ומתקשים לומר את שמותיהן, ולכן הם לא ביצעו את המטלה.

**מטלה 33. עונות השנה** (30 פריטים): שדה זה כלל את ארבע עונות השנה (חורף, קיץ, סתיו, אביב). בכל צעד הנסייך שאל שאלה שהתחילה ב"מתי...?" – למשל, "מתי יש גשם וקר?".

**מטלה 34. כיוונים** (30 פריטים): שדה זה כלל 6 מילים שמתארות יחסי כיוון במרחב. בכל צעד הוצגה למשתתף על מסך המחשב אחת משש תמונות אפשריות. כל התמונות היו צילום של אדם וכסא, והמשתתף נשאל "איפה הכסא?". הכסא היה לפני האדם, מאחוריו, מימינו, משמאלו, מתחתיו או מעליו.

**מטלה 35. רוחות השמים** (30 פריטים): שדה זה כלל את ארבע רוחות השמים (צפון, דרום, מזרח, מערב). ב-8 פריטים מהמטלה מילת המטרה היתה מילה בודדת (אחת מארבע רוחות השמים). בשאר 22 המקרים, התשובה שנדרשה היתה זוג מילים (ע"י שימוש בכיוונים משולבים, למשל צפון-מזרח). כדי להציג את הפריטים המשתתף קיבל הדפסה סכמטית של מפת הארץ (על דף בגודל A4), בה סומנו רק הגבולות (בשחור). ירושלים סומנה במפה בתור נקודה אדומה, וממנה יצאו 8 חיצים כחולים לכל אחד מהכיוונים הרלוונטיים. על הנקודה האדומה הונחה מכונית צעצוע. בכל צעד הנסייך סובב את המכונית לכיוון מסויים, והמשתתף התבקש לנקוב בשמו.

**מטלה 36. צורות, צבעים ומספרים** (50 פריטים): מטלה זו דרשה הפקה של מילים מכמה שדות סמנטיים במשולב: צורות, צבעים וספרות. בכל צעד הוצגו למשתתף בין 1 ל-4 צורות זהות, שצבעות באותו צבע, והמשתתף התבקש לתאר אותן – למשל "שלושה ריבועים כחולים". כל הפריטים במטלה היו באחת מ-6 צורות (עיגול, משולש, ריבוע, מלבן, משושה ואליפסה) ונצבעו באחד מ-10 צבעים (אדום, אפור, ורוד, ירוק, כחול, כתום, לבן, סגול, צהוב, שחור). הפריטים במטלה הוצגו למשתתפים על דף, עד 5 פריטים בכל עמוד. כל פריט (שכלל בין 1 ל-4 צורות) נתחם בתוך מלבן בגודל 4x6.5 ס"מ, ומלבנים אלה הופיעו זה תחת זה. בתוך המלבן הגדול הופיעו הצורות עצמן. גדלה של כל צורה היתה בין 1x1 ל-1x2 ס"מ, עם קו תוחם שחור.

האימון למטלה זו כלל מספר שלבים: (1) הצגת המטלה, כולל שמות הצורות והצבעים, בדומה לשאר המטלות. (2) הבנת צורות (24 פריטים) – המשתתף קיבל דף עם 6 הצורות; בכל צעד הנסייך נקב בשם של צורה והמשתתף התבקש להצביע עליה. (3) הבנת צבעים (20 פריטים) – הועבר באופן דומה, כאשר למשתתף הוצגו 10 הצבעים. (4) אימון הפקה (10 פריטים) – הועבר באופן זהה למטלה עצמה, אך בכל פריט שהוצג בשלב זה היתה צורה אחת בלבד – כלומר המשתתף היה צריך לומר צורה וצבע אך לא מספר.

יצחק, שדיווח שהוא עיוור צבעים, נקב רק בשם הצורה והמספר. שושנה התקשתה מאד במטלה בגירסתה המלאה, ולכן אמרה רק את שמות הצבעים (ללא צורה ומספר). ראוי לציין שכל המשתתפים שביצעו את המטלה מצאו אותה אחת מהמטלות הקשות ביותר, אם לא הקשה ביותר, שביצעו במסגרת המחקר.

בספירת הטעויות הפונולוגיות לא הכללנו טעויות של חוסר התאמה בנטייה (למשל אם המשתתף אמר "שלוש ריבועים כחול").

כל המטלות לעיל סובלות מהבעיה המתודולוגית הבאה: נניח שבהעברתן יתגלה שתופעת סטפ"ס מתקיימת לגבי השדות הסמנטיים, במלואה או באופן חלקי (כפי שנראה מייד, כך אכן התגלה). ניתן יהיה לטעון שהסיבה לדפוס התוצאות הזו היא מספר התגובות הקטן בכל מטלה, והעובדה שהן ברורות ומוגדרות מראש, ולא העובדה שמילות התגובה שייכות לשדה סמנטי. טענה אלטרנטיבית זו תיקרא להלן *השערת שדה התגובות המצומצם*. לכאורה, השערת שדה התגובות המצומצם כבר נבדקה במובן מסויים ע"י תופעת סטפ"ס, אבל לא בדקו זאת במצב בו שדה התגובות היה ידוע והוגדר למשתתף מראש. (2003) Bachoud-Lévi and Dupoux, אבל לא בדקו: הם אמנם הראו שגודל השדה הסמנטי לא משפיע על תופעת סטפ"ס, אבל לא בדקו זאת במצב בו שדה התגובות היה ידוע והוגדר למשתתף מראש.

כדי לפתור את הבעיה הזו הועברו שתי מטלות ביקורת: במטלת **קבוצת מילים מצומצמת** המשתתפים התבקשו לשיים בכל צעד אחת מ-5 מילים שאינן מהוות שדה סמנטי (כגון ספר, כסא, מסרק). השערת השדה הסמנטי החד-ממדי מנבאת שתוצאות מטלה זו יהיו דומות להפקת מילים רגילות. השערת שדה התגובות המצומצם מנבאת שהתוצאות כאן יהיו דומות לתוצאות מטלות השדות הסמנטיים.

המטלה השנייה היא **שדות סמנטיים מעורבים** – מטלה זו כללה פריטים מאותם שדות סמנטיים שהוצגו לעיל, מעורבים (למשל: הפריט הראשון במטלה היה כיוון, השני היה טעם, השלישי שם של אצבע וכו'). בסך הכל המשתתפים נדרשו להפיק במסגרת מטלה זו 64 מילים שונות. השערת השדה הסמנטי החד-ממדי מנבאת שתוצאות מטלה זו יהיו דומות לשאר המטלות של שדות סמנטיים, כיוון שהמילים – גם כאשר הן מופיעות בערבוביה – עדיין שייכות לשדה הסמנטי שלהן. לעומת זאת, השערת שדה התגובות המצומצם מנבאת שהתוצאות יהיו דומות להפקת מילים רגילות, כיוון ששדה של 64 מילים כבר אינו מצומצם.

**מטלה 37. קבוצת מילים מצומצמת:** במטלה זו הוצגו למשתתפים 50 תמונות והם התבקשו לנקוב בשם החפץ שבתמונה. מילות המטרה לא היו שייכות לשדה סמנטי מסויים אלא היו עצמים שלא קשורים זה לזה – מפתח, שעון, מסרק, כסא או ספר. לצורך כך השתמשנו במטלת RAN (Denckla & Rudel, 1974). שמואל ביצע גירסה שונה מעט של המטלה – הוצגו לו 30 פריטים בלבד, והם לא הוצגו כתמונות אלא כחפצים שהונחו לפניו: שעון, עפרון, מכונת וטייפ.

**מטלה 38. שדות סמנטיים מעורבים** (159 פריטים): הפריטים במטלה זו היו פריטים מהשדות הסמנטיים שתוארו לעיל. בנוסף להם הופיעו במטלה זו אותיות וספרות בודדות. הפריטים היו מעורבים כך שלא היה אף מקרה של שני פריטים רצופים מאותו שדה סמנטי. המטלה כללה 18 כיוונים, 20 צבעים, 15 טעמים, 12 עונות, 15 אצבעות, 27 ספרות (ללא הספרה 0) ו-22 אותיות בעברית. בנוסף כללה הרשימה 30 מילים מתוך קבוצת המילים המצומצמת של מטלה 37. כל פריט במטלה הועבר באותו אופן בו הוצג במטלה הספציפית שלו, פרט לצבעים: אלה לא הוצגו כאן כמו במטלת צורות, צבעים ומספרים (36) אלא בעזרת 10 עפרונות צבעוניים בצבעים המתאימים, שהוצגו למשתתף. ספרות ואותיות הוצגו על מחשב. מטלה זו הועברה תמיד אחרי שהועברו המטלות של שדות סמנטיים ספציפיים, כך שהמשתתפים כבר הכירו את הפריטים, ובכל זאת נערך שלב אימון שכלל את כל הפריטים במטלה, להוציא האותיות והספרות.

הבדיקה הראשונה שערכנו היתה להשוות את דפוס הטעויות של המשתתפים במטלות השדות הסמנטיים השונים לדפוס הטעויות במטלת הביקורת **שדות סמנטיים מעורבים** (מטלה 38), כדי לברר אם אמנם החששות שמטלה זו מנסה לבדוק היו מוצדקים – האמנם הממצאים נובעים מהעובדה שמספר התגובות בכל מטלה היה מצומצם. בהשוואה זו הכללנו רק את אותם שדות סמנטיים שהועברו גם כמטלה נפרדת וגם במסגרת מטלת שדות סמנטיים מעורבים. השווינו את שיעור הטעויות הסמנטיות והפונולוגיות בין המטלות ה"נפרדות" למטלה ה"מעורבת". השוואה זו העלתה כי אין הבדלים בין שני אופני ההעברה ( $p > .05$  בכל השוואות  $\chi^2$  או פישר), פרט להבדל בכמות הטעויות הפונולוגיות אצל שושנה, שאכן היו מעטות יותר במטלות ה"נפרדות" ( $Fisher's p = .03$ ). גם ברמת הקבוצה כולה לא היו הבדלים בין שני אופני ההעברה – לא בכמות הטעויות הפונולוגיות ( $\chi^2 = 2.2, p = .07$ ) ולא בכמות הטעויות הסמנטיות ( $\chi^2 = .9, p = .18$ ). לפיכך נראה שהחשש לא היה מוצדק, ולצורך הניתוח הוספנו את נתוני מטלת שדות סמנטיים מעורבים לנתוני שאר המטלות.

אחרי הבדיקה הזו, ניגשנו לבדוק את השערת השדה הסמנטי החד-ממדי. ההשערה מנבאת ריבוי טעויות סמנטיות במטלות השדות הסמנטיים, ולכן השוונו את כמות הטעויות מסוג זה לטעויות במטלת שמ"ש: גם במטלה זו, כמו בכל המטלות של שדות סמנטיים, המילה המופקת מגיעה מהלקסיקון הסמנטי.

בניתוח השתמשנו בנתוני כל מטלות השדות הסמנטיים, להוציא מספר מקרים ספציפיים: במטלת רוחות השמים השתמשנו רק באותם פריטים שהתגובה עליהם היתה מילה אחת (על מנת לא ליצור הטיה כתוצאה מהשוואת תגובה רב-מילית כאן עם תגובה חד-מילית בשמ"ש). במטלת צורות וצבעים (מטלה 36) השתמשנו רק בנתונים של צבעים, ולא של צורות. הוצאנו את הצורות מהניתוח כיוון שנראה היה שדפוס הטעויות בשדה סמנטי זה היה שונה לעומת שאר השדות<sup>3</sup>. כמו כן, ספרות, אותיות וכמובן גם מטלת הביקורת (מטלה 37) לא הוכללו בניתוח. כיוון שיצחק וז'ניה לא ביצעו את רוב המטלות של שדות סמנטיים (כל אחד מהם הפיק רק 8 פריטים מהרשימה לעיל), הם לא נכללו בהשוואות.

**טבלה 27.** טעויות סמנטיות במטלות שדות סמנטיים לעומת שיום מילים

מטלת ביקורת		שמ"ש		שדות סמנטיים	
טעויות	לעומת שדות	טעויות	לעומת שדות	טעויות	לעומת שדות
6.5%	Fisher's $p = .26$	4%	Fisher's $p = .04$	10.5%	שמואל
1.5%	Fisher's $p = .32$	2%	Fisher's $p = .43$	3%	נירה
10%	Fisher's $p = .02$	18%	$\chi^2 = .3, p = .29$	21%	חביב
4%	Fisher's $p = .01$	11.5%	$\chi^2 = .1, p = .37$	13%	שושנה

עמודת "מטלת הביקורת" כוללת את נתוני הטעויות בשדה "קבוצת מילים מצומצמת" ממטלות 37 ו-38. ההשוואות המובהקות מסומנות באפור.

התוצאות בטבלה 27 מראות שבניגוד להשערה, אצל שני המשתתפים שיעור הטעויות הסמנטיות בהפקת שדות סמנטיים אינו גדול משיעורן בהפקת מילים רגילות. רק אצל שמואל ההבדל היה מובהק. אצל שאר המשתתפים, ההבדל היה אמנם במגמה שמתאימה להשערה, אך לא היה מובהק. אפילו אם נניח שההבדל הלא-מובהק משקף תופעה אמיתית, עדיין ברור מאד שהוא לא משמעותי מספיק כדי להסביר את סטפ"ס.

טבלה 27 כוללת את נתוני כל השדות הסמנטיים מאוחדים יחד. האם ייתכן שרק חלק מהשדות הסמנטיים הם חד-ממדיים? אם כך הוא המצב, ההשערה אמורה להתקיים רק לגביהם, וייתכן שאיחוד התוצאות של שדות חד-ממדיים עם כאלה שאינם חד-ממדיים "מלכלך" את התוצאות ולא מאפשר לנו לראות את האפקט. כדי לבדוק זאת, ערכנו שוב את אותה השוואה – טעויות סמנטיות בשדות סמנטיים לעומת שמ"ש – הפעם, לגבי כל שדה לחוד. השוואות אלה מופיעות בטבלה 28. כפי שניתן לראות בטבלה, השדות הסמנטיים השונים דומים למדי זה לזה: מבחינת שיעור הטעויות הסמנטיות, אין אף שדה ששונה במובהק ובאופן עקבי ממטלת השיום. השדה היחיד בו אנו רואים הבדלים מובהקים לעומת שיום אצל יותר ממשתתף אחד הוא במטלת הכיוונים; אבל אפילו אם נניח שמדובר במגמה אמיתית לגבי שדה זה, עדיין סביר יותר לייחס אותה לעובדה

<sup>3</sup> בדקנו זאת באופן הבא: לכל שדה סמנטי חישבנו את "אפקט סטפ"ס" – ההפרש בין כמות הטעויות הסמנטיות לכמות הטעויות הפונולוגיות. ככל שגודל האפקט נוטה לטובת הטעויות הסמנטיות, הוא מתאים להשערה ומחזק מצד אחד את ההשערה, ומצד שני את ההנחה שהשדה המדובר הוא אכן שדה סמנטי חד-ממדי. גודל האפקט נע בין 21% לטובת הטעויות הסמנטיות לבין 10% לטובת הטעויות הפונולוגיות, ואילו בשדה צורות גודל האפקט היה 27% לטובת הטעויות הפונולוגיות – ערך ששונה במובהק מגודל האפקט בשדות הסמנטיים השדות האחרים ( $z = 3.6, p < .001$ ).

שהכיוונים הם מילות פונקציה. כפי שראינו לעיל, בניתוח השערת הגודל לא קובע, מילות פונקציה מתנהגות כמו מספרים מבחינת תופעת סטפ"ס.

**טבלה 28.** טעויות סמנטיות בכל שדה סמנטי לעומת שיום מילים במטלת שמ"ש

	ש"ש	טעמים	עונות	שפות	צורות	צבעים	אצבעות	כיוונים	
פריטים:	100	45	42	30	50	45	48		
שמואל	טעויות	10.5%	13%	7%	0%	8%	16%	10%	Fisher's $p$
			.05	.35	הפוך	.26	.02	.13	
נירה	טעויות	3%	2%	5%	0%	6%	2%	2%	Fisher's $p$
			.68	.34	הפוך	.21	.68	.70	
יצחק	טעויות	5%	–	–	–	4%	–	–	Fisher's $p$
			–	–	–	.58	–	–	
חביב	טעויות	21%	11%	5%	13%	17%	–	50%	Fisher / $\chi^2$
			.24	הפוך	.41	.50	.15 (.25)	14 (<.01)	
שושנה	טעויות	13%	2%	12%	10%	–	–	25%	Fisher / $\chi^2$
			הפוך	הפוך	הפוך	–	.07 (.4)	4.4 (.04)	

מתחת לשיעור הטעויות מופיעה תוצאות ההשוואה עם שיעור הטעויות הסמנטיות במטלת שמ"ש – ערכי Fisher's  $p$  בלבד, או תוצאות  $\chi^2$  עם ערך  $p$  בסוגריים. • המילה "הפוך" מציינת מקומות בהם שיעור הטעויות בשדות הסמנטיים היה נמוך משיעורן בשיום מילים. • ההשוואות המובהקות, שבהן בשדה הסמנטי היו יותר טעויות מבשמ"ש, מסומנות באפור.

טבלה 27 מראה גם את ניתוח התוצאות של מטלת הביקורת השניה (מטלה 37), שנועדה להשוות ישירות בין השערת שדה התגובות מצומצם לבין השערת השדה הסמנטי החד-ממדי. התוצאות כאן לא משחקות בכיורר לטובת אחת משתי ההשערות: אצל חביב ושושנה שיעור הטעויות הסמנטיות במטלת הביקורת היה נמוך משיעורן בהפקת שדות סמנטיים, ממצא שמתאים להשערת השדה הסמנטי החד-ממדי. אצל שמואל ונירה, לעומת זאת, ההבדלים לא היו מובהקים – ממצא שמתאים להשערת שדה התגובות המצומצם. עם זאת, חוסר האחידות פה הוא דווקא אינפורמטיבי: העובדה שהממצאים אינם חד-משמעיים אומרת למעשה שהשערת שדה-התגובות המצומצם היא לא פחות טובה מהשערת השדה הסמנטי החד-ממדי.

הממצא המפתיע ביותר בכל סדרת הניתוחים שערכנו לגבי מטלות השדות הסמנטיים היה קשור דווקא לטעויות הפונולוגיות. כזכור, השערת השדה הסמנטי החד-ממדי נמנית על ההשערות הדרו-גורמיות, והיא מנסה להסביר רק את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות. ההשערה לא מתייחסת כלל לסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות. באופן מפתיע גילינו שדווקא לגבי טעויות אלה התגלו הבדלים מובהקים ועקביים מאד בין מטלות השדות הסמנטיים לבין הפקת מילים רגילות, כפי שמוצג בטבלה 29.

**טבלה 29.** טעויות פונולוגיות במטלות שדות סמנטיים לעומת הפקת מילים

	קבוצת מילים מצומצמת		שמ"ש		שדות סמנטיים
	לעומת שדות	טעויות	לעומת שדות	טעויות	
שמואל	Fisher's $p = .08$	5%	$\chi^2 = 45, p < .001$	46%	14%
נירה	Fisher's $p = 1$	4%	$\chi^2 = 74, p < .001$	22%	5%
חביב	Fisher's $p = .64$	6%	$\chi^2 = 108, p < .001$	34%	8%
שושנה	$\chi^2 = 4.4, p = .04$	13%	$\chi^2 = 66, p < .001$	42%	6%

עמודת "קבוצת מילים מצומצמת" כוללת את נתוני הטעויות בשדה זה במטלות 37 ו-38. • בהשוואה עם שמ"ש ערכי  $p$  חד-זנביים, בהשוואה עם מטלת הביקורת ערך  $p$  דו-זנבי.

שיעור הטעויות הפונולוגיות בשדות הסמנטיים היה קטן במובהק משיעורן במטלת שמ"ש. מעניין לראות שגם במטלת הביקורת (קבוצת מילים מצומצמת) שיעור הטעויות הפונולוגיות היה נמוך ביותר – למעשה, פרט לשושנה הוא היה נמוך אפילו יותר מאשר בשאר השדות הסמנטיים. אצל שושנה שיעור הטעויות

הפונולוגיות בקבוצת המילים המצומצמת היה גבוה משיעורן בשדות הסמנטיים, אך עדיין נמוך בהרבה משיעורן במטלת שמ"ש ( $\chi^2 = 18, p < .001$ ).

מיעוט הטעויות הפונולוגיות היה ממצא מפתיע: אף אחת מההשערות שהעלינו במסגרת המחקר לא מסוגלת להסביר מדוע טעויות פונולוגיות ייעלמו דווקא מהשדות הסמנטיים, ואנו נשוב לדון בנקודה זו בהמשך. עם זאת, ממצא זה אינו מחליש את השערת השדה הסמנטי החד-ממדי (וכמובן שגם אינו מחזק אותה).

### השערת התדירות

השערת התדירות מסבירה את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות בכך שמילות מספר הן שכיחות יותר ממילים רגילות, ובגלל שכיחותן הגבוהה אין בהן טעויות. השערת התדירות לא מסוגלת להסביר את סטפ"ס אצל מי שפגוע רק בבאפר הפלט הפונולוגי, רכיב שלא מושפע ע"י תדירות: ההשערה לא תסביר את התופעה אצל שמואל ונירה, כלומר היא לא יכולה להיות ההסבר היחיד לסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות.

מחקרים קודמים פסלו את השערת התדירות בשתי דרכים: Cohen, Verstichel, and Dehaene (1997) הראו כי רמת הטעויות של החולה שלהם לא מושפעת מתדירות המילים. גם אצלנו זהו המקרה אצל פגועי הבאפר, שמואל ונירה. Bachoud-Lévi and Dupoux (2003) השוו טעויות בין מספרים לבין מילים בעלות תדירות דומה, וגילו כי סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות עדיין קיימת, בניגוד לניבוי של השערת התדירות.

בדקנו כאן את השערת התדירות בדרך נוספת – ע"י ניתוח טעויות בהפקת מספרים בשפה זרה. אנו מניחים שתדירות המילים בשפה זרה, שהמשתתף לא משתמש בה באופן יומיומי, תהיה נמוכה באופן משמעותי מתדירותן בשפת האם. רוב המשתתפים במחקר קראו מספרים רק בשפת-האם שלהם, או שהיו כמעט דו-לשוניים (כמו יצחק וז'ניה); אולם חביב, שרמת העברית שלו גבוהה בבירור מרמת האנגלית, קרא גם מספרים ספרתיים באנגלית.

**מטלה 39. קריאת מספרים ספרתיים בשפה זרה:** לחביב הוצגו 80 מספרים בני 1-5 ספרות (16-15 מספרים בכל אורך), שנכתבו בספרות והוצגו על דף, והוא התבקש לקרוא אותם בקול באנגלית. 48 מהמספרים כללו את הספרה אפס.

חביב אינו, ולא היה, דובר אנגלית. טרום הארוע הוא דיבר אנגלית סבירה ברמת תיכון, ורמת האנגלית שלו היתה ונתרה נמוכה משמעותית מרמת העברית שלו. כעדות לכך נביא את העובדה שכאשר חביב התבקש לשיים באנגלית 50 מהתמונות הקלות-יותר במטלת שמ"ש, הוא ידע רק 17 מהמילים – לעומת 48 בעברית. כזכור, חביב פגוע גם בלקסיקון הפלט הפונולוגי ולא רק בבאפר, כך שלהשערת התדירות דווקא יש לכאורה סיכוי להסביר את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות אצלו. למרות זאת, בקריאת המספרים באנגלית היו לו רק 7.5% טעויות פונולוגיות, לעומת 34% במטלת שמ"ש בעברית, 55% בקריאת מילים רגילות בעברית, ו-2% בקריאת מספרים בעברית – כלומר, בסך הכל שיעור הטעויות הפונולוגיות שלו בקריאת מספרים באנגלית היה נמוך למדי. עפ"י השערת התדירות, העובדה שבמספרים באנגלית יש פחות טעויות פונולוגיות ממילים בעברית נובעת מתדירותן הגבוהה של המילים באנגלית; אך האמנם תדירות מילות המספר באנגלית בלקסיקון של חביב גבוהה יותר מתדירותן בעברית של המילים ממטלת שמ"ש, מילים פשוטות-יחסית

שאמורות להיות מופרות לכל דובר עברית? כדי להבליט את העניין עוד יותר השוונו בין שיעור הטעויות הפונולוגיות של חביב בהפקת מספרים באנגלית לבין שיעור הטעויות הפונולוגיות ב-40 המילים השכיחות יותר שהפיק במטלת שמ"ש בעברית: שיעור הטעויות הפונולוגיות באותן 40 מילים היה 25% – גבוה במובהק משיעורן בקריאת מספרים באנגלית ( $\chi^2 = 7.1, p = .004$ ). לסיום נציין כי שיעור הטעויות הסמנטיות של חביב בקריאת המספרים באנגלית היה 60%, כלומר תופעת סטפ"ס התקיימה אצלו גם באנגלית.

נראה, אם כך, שהשערת התדירות אינה הסבר מוצלח לסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות.

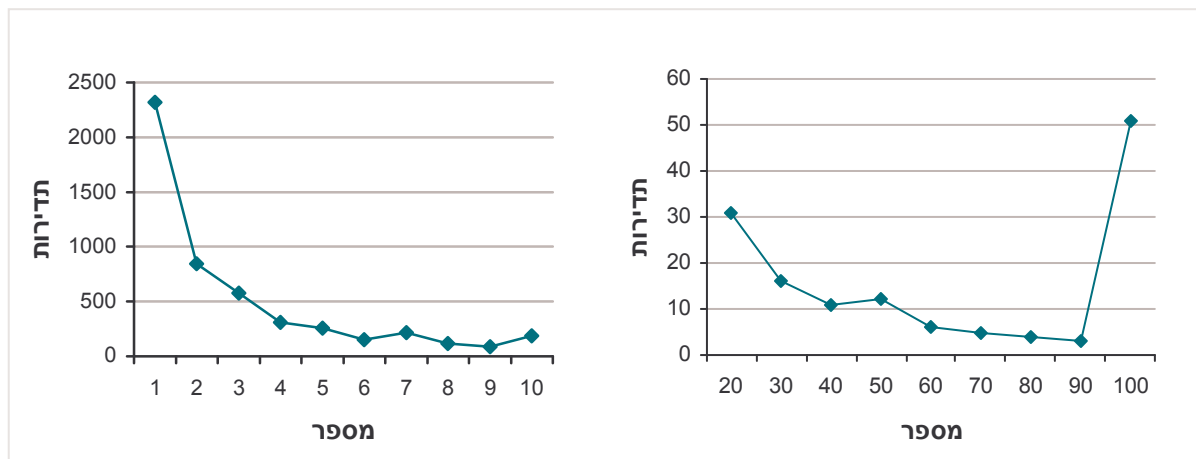
### א פ ק ט ת ד י ר ו ת ה מ ס פ ר

בדיקה נוספת שערכנו היתה האם תדירות מילת המספר משפיעה על שיעור הטעויות הפונולוגיות בה. בדיקה זו לא יכולה לאשש או להפריך את השערת התדירות, שמתייחסת לפערי התדירות בין מילים רגילות לבין מילות מספר, ולא לפערים בין המספרים לבין עצמם. ערכנו אותה כבדיקת-רקע בלבד.

הערכת התדירות של מילות מספר היא בעייתית. נתוני התדירות בעברית שמצויים בידינו (Frost & Plaut, 2005) מתבססים על מדגם של טקסט כתוב, ולכן סובלים משתי בעיות בהקשר של מילות מספר: ראשית, הם לא כוללים נתונים של מספרים שהופיעו בטקסט המדגם כאשר הם רשומים בספרות. מן הסתם, רבים מהמספרים הם כאלה, וייתכן מאד שההתייחסות רק למספרים הרשומים במילים יוצרת הטיה מבחינת התדירות (מקובל לכתוב במילים מספרים קטנים, והדבר פחות מקובל לגבי מספרים גדולים). שנית, בסיס הנתונים של Frost and Plaut לא יבחין בין המילה "שתים" כאשר היא מופיעה בתור 2 או בצירוף "שתים עשרה". משני טעמים אלה, לא רצינו להתייחס ל-Frost and Plaut כאל נתוני תדירות מדויקים לגבי מספרים.

לפיכך, לא הערכנו את התדירות של כל מילת מספר בנפרד, אלא הסתמכנו על ממצאים כלליים שהתגלו לגבי תדירותן של מילות מספר במספר שפות: Dehaene and Mehler (1992) בדקו כמה שפות והראו כי התדירות של מילת מספר יורדת ככל שערך המספר עולה, עם "קפיצות" נקודתיות בתדירות במספרים כגון 10, 15, 20. בניתוח התדירות לא הסתמכנו על התדירות המדויקת של כל מילת מספר אלא על המגמה הכללית הזו: אפקט התדירות נבדק ע"י השוואה בין מספרים בתדירות גבוהה למספרים בעלי תדירות נמוכה. השוונו בין 4 המספרים הגדולים ל-4 מספרים הקטנים בכל קבוצת מספרים: 9-1, 19-11, 90-20 וכו'. לא עירבבנו בין הקבוצות כדי לא להניח דבר לגבי ייצוג המספרים הרב-ספרתיים (למשל: האם המילה "שתים" ב-2 וב-12 היא אותה מילה מבחינת מערכת הדיבור או לא).

כדי לוודא שהטענה של Dehaene and Mehler (1992) לגבי תדירות המספרים תקפה גם בעברית, בדקנו בכל זאת את תדירות מילות המספר אצל Frost and Plaut (2005). נראה כי גם בעברית, תדירות המילים יורדת ככל שערך המספר עולה:



נתוני התדירות הם מתוך Frost and Plaut (2005), ומתייחסים למספר המופעים בבסיס נתונים של כ-620,000,000 מילים.

**תרשים 12: תדירות מילות מספר בעברית**

כיוון שלכל המשתתפים היו מעט מאוד טעויות פונולוגיות בהפקת מספרים, כדי לבדוק את אפקט תדירות המספר לגבי טעויות פונולוגיות נאלצנו לאחד את נתוני כל המשתתפים יחד, ממטלות קריאת מספרים וחזרה על מספרים. שייכנו כל טעות פונולוגית למספר שאותו ניסה המשתתף לומר, ולאז דווקא למספר שהוצג לו. לדוגמה, אם למשתתף הוצג המספר 23 והוא ענה "עשרים ואֶלֶבֶע", ספרנו זאת כטעות בהפקת הספרה 4, לא בספרה 3. טבלה 30 מציגה את תוצאות השוואה הזו, וניתן לראות כי קיים אפקט תדירות בספרות 1-9 אך לא בעשרות:

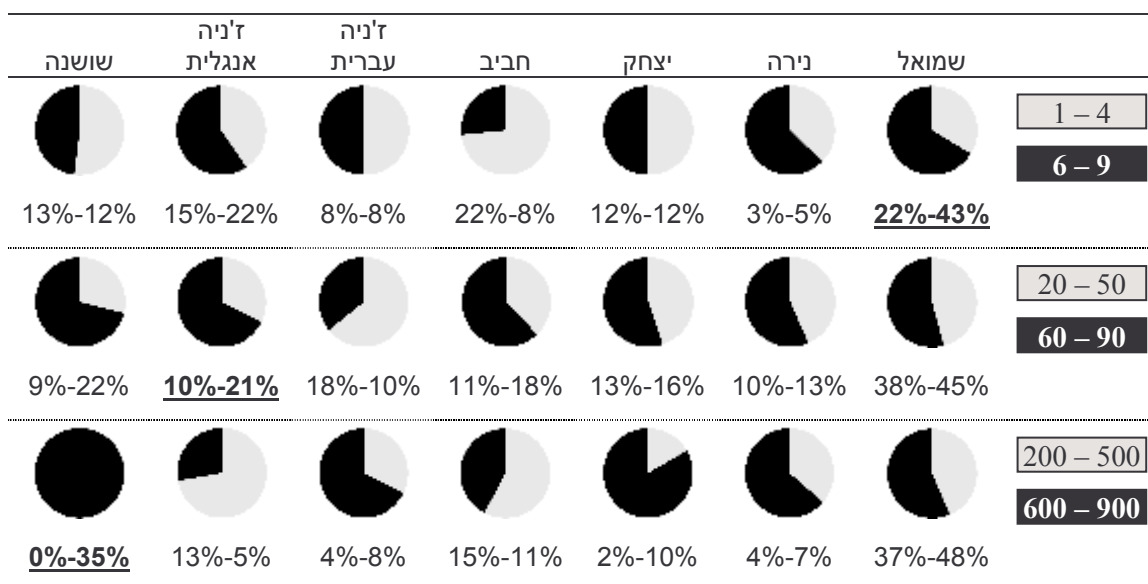
**טבלה 30. השפעת תדירות מילות מספר על טעויות פונולוגיות**

השוואה	מספרים נדירים		מספרים שכיחים		קבוצה
	טעויות	טווח	טעויות	טווח	
Fisher's $p = .01$	3%	6-9	1%	1-4	1-9
—	2%	60-90	2%	20-50	20-90

ההשוואה מתייחסת לנתוני כל המשתתפים, מאוחדים.

האם תדירותן של מילות המספר משפיעה גם על שיעור הטעויות הסמנטיות? ערכנו השוואה דומה לגבי הטעויות הסמנטיות. כיוון שהיו יותר טעויות מסוג זה, לא היה צורך לאחד את נתוני המשתתפים. כמו כן, הפעם ההשוואה נערכה לא רק לגבי הספרות 1-9 והעשרות 20-90, אלא גם לגבי המאות 200-900. בקבוצת העשרות (11-19) והאלפים (2000-9000) היו מעט פריטים מכדי לבצע את ההשוואה.

תרשים 13 מציג את ההשוואה בין שיעורי הטעויות במספרים הגדולים לקטנים. כל "עוגה" בתרשים מחולקת לפי אחוזי הטעויות, למשל: כאשר ז'ניה הפיקה במספרים בטווח 200-900 בעברית, היו לה 4% טעויות במספרים הקטנים (200-500) ו-8% טעויות בגדולים. יחס האחוזים הוא 1:2, ובהתאם לכך ה"עוגה" המתאימה תחולק לפי יחס 1:2.



כל עוגה מציינת את היחס בין אחוז הטעויות בקבוצת המספרים הגדולים לקטנים. האחוזים שמתחת לכל עוגה מציינים את שיעורי הטעויות עצמם, כאשר שיעור הטעויות במספרים הקטנים יותר מופיע תמיד בצד שמאל. השוואות מובהקות מסומנות ע"י הדגשה וקו תחתון.

### תרשים 13: טעויות סמנטיות בהפקת מספרים, לפי תדירות המספר

מהתרשים נראה שיש מגמה מסויימת לריבוי טעויות במספרים הגדולים יותר. עם זאת, ערכנו מספר ניתוחים כדי לנסות לאפיין אותה, והמגמה לא מובהקת באף אחד מהם. מתוך 21 ההשוואות שמופיעות בתרשים 13, ב-14 מקרים היו יותר טעויות בקבוצת המספרים השכיחה לעומת הנדירה, ובשבעה מקרים הכיוון היה הפוך. מתוך 14 המקרים שהתאימו לכיוון ההשערה, רק בשלושה ההבדל היה מובהק ( $p < .05$ ). אפילו כאשר איחדנו את נתוני כל המשתתפים יחד (טבלה 31) ההבדלים היו מובהקים רק בקבוצת היחידות (1-9), אם כי הם היו מובהקים באופן שולי גם בקבוצת העשרות והמאות.

טבלה 31. השפעת תדירות מילות מספר על טעויות סמנטיות

השוואה	מספרים נדירים		מספרים שכיחים		קבוצה
	טעויות	טווח	טעויות	טווח	
$\chi^2 = 4.8, p = .01$	16%	6-9	13%	1-4	1-9
$\chi^2 = .4, p = .25$	20%	16-19	17%	11-14	11-19
$\chi^2 = 2.6, p = .05$	21%	60-90	17%	20-50	20-90
$\chi^2 = 2.2, p = .07$	16%	600-900	12%	200-500	200-900

ההשוואה מתייחסת לנתוני כל המשתתפים, מאוחדים.

לסיכום, גם אם תדירות המספר משפיעה על שיעור הטעויות הפונולוגיות או הסמנטיות, נראה שהשפעה זו אינה חזקה ביותר.

## עקרון הרצף

עקרון הרצף מנסה להסביר את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות בלבד, ומציע שמיעוט הטעויות במספרים קשור לעובדה שמילות מספר שייכות לרצף ונלמדות ככאלה. כדי לבדוק את ההשערה, ביקשנו מהמשתתפים להפיק מילים ששייכות לרצפים מסוגים אחרים: ימים וחודשי השנה הם רצפים מסוג זה, ואף נבדקו בעבר

כדוגמאות למילים ששייכות לרצף ומגלות מבחינה זו תכונות דומות לתכונות של מספרים (Cipolotti, Butterworth, & Denes, 1991). בנוסף, ביקשנו מהמשתתפים להפיק מילים מתוך **טקסטים משוננים**: שירי ילדים, שיר עממי ו"התקווה" – טקסטים שהנחנו שהמשתתפים מכירים היטב. גם מילים של טקסט כזה עשויות להוות רצף, כפי שהציעו (Cohen, Verstichel, and Dehaene, 1997).

**מטלה 40. ימות השבוע** (30 פריטים): המשתתפים התבקשו להפיק את שמות ימות השבוע. שם היום הוצג למשתתף בתור האות המתאימה – הגרויים שהוצגו היו "יום א", "יום ב" וכו'. יום שבת צויין באות ש'. המילים הוצגו על דף או על מחשב.

**מטלה 41. חודשים לועזיים** (30 פריטים): למשתתפים הוצגו 30 תאריכים על דף או על מחשב. התאריכים היו בפורמט מלא – יום, חודש (בספרות) ושנה (ב-4 ספרות), שהיתה תמיד שנת 2000. המשתתפים התבקשו לומר את התאריך, לא כולל השנה (למשל "שבעה עשר באוקטובר").

**מטלה 42. טקסטים משוננים** (עפ"י Cohen et al., 1997): למשתתפים הוצגו ארבעה טקסטים שהנחנו שהם מכירים (והם עצמם אישרו זאת): שני שירי ילדים ("יונתן הקטן" ו"עוגה עוגה"), "התקווה", ושיר מהתפילה ("אדון עולם"). כל הטקסטים הוצגו על דף. לגבי כל טקסט כזה, המטלה הועברה בשני שלבים: ראשית, המשתתף התבקש לקרוא את הטקסט כולו, מתחילתו עד סופו. מייד לאחר מכן המשתתף קיבל את אותו טקסט, כאשר חלק מהמילים בו צבועות ומודגשות בקו תחתון, והתבקש לקרוא רק את המילים המודגשות. בנייתו התוצאות של המטלה התייחסו רק לקריאת המילים המודגשות, לא לקריאה הראשונה של הטקסט כולו.

חשוב לשים לב ששמות הימים ושמות החודשים הם לא רק רצף אלא מהווים גם שדה סמנטי חד-ממדי. המטלות של הפקת ימים וחודשים היו אמורות לתמוך בעקרון הרצף רק אם היינו רואים שבשדות הרצף יש מעט טעויות פונולוגיות, אך שיעורן בשדות הסמנטיים ה"רגילים" הוא גבוה. כיוון שכבר ראינו לעיל שבשדות הסמנטיים ה"רגילים" יש מעט מאד טעויות פונולוגיות, לא נפתע לגלות את אותה תופעה גם כאן, ובכל מקרה התוצאות של שתי המטלות האלה כבר לא יוכלו לתמוך בעקרון הרצף. לגבי הפקת מילים מהטקסטים המשוננים, מילים אלה אינן מהוות שדה סמנטי ולכן המטלה עדיין תקפה. בכל זאת מובאות כאן התוצאות של כל 3 המטלות, בטבלה 32. הטקסטים המשוננים נקראו מהכתב ולכן הושוו עם מטלת קריאת מילים. לגבי הפקת שמות הימים והחודשים, אנו נוטים להניח שהם הופקו מתוך הלקסיקון הסמנטי ולכן הושוו עם מטלת שמ"ש.

**טבלה 32. טעויות פונולוגיות וסמנטיות במטלות רצף לעומת הפקת מילים רגילות**

	ימות השבוע		חודשים		טקסטים		פונ' במילים		קריאת מספרים	
	פונ'	סמנטי	פונ'	סמנטי	פונ'	סמנטי	שמ"ש	קריאה	פונ'	סמנטי
שמואל	10%***	33%	30%*	22%	33%**	46%	67%	4%	69%	
נירה	0%***	3%	17%	13%	13%	22%	18%	3%	18%	
יצחק	–	–	23%	17%	–	22%	21%	5%	18%	
חביב	7%***	7%	14%**	31%	26%**	34%	55%	2%	33%	
ז'ניה	13%***	17%	13%***	3%	–	40%	–	8%	39%	
שושנה	3%***	27%	–	–	–	42%	–	–	–	

\*\*\*  $p < .01$  \*\*  $p < .05$  \*  $p < .1$

טעויות פונולוגיות בימים/חודשים הושוו עם שמ"ש. • טעויות פונולוגיות בקריאת טקסטים הושוו עם קריאת מילים. • נתוני המספרים הם ממטלת קריאת מספרים ספרתיים. • נתוני המילים של ז'ניה הם מקריאת טקסט באנגלית. • ההשוואות המובהקות מסומנות באפור.

במטלת קריאת טקסטים משוננים, המטלה היחידה המהימנה לבדיקת ההשערה, הניבוי התקיים לגבי שמואל וחביב אך לא לגבי נירה. יש לשים לב שאפילו אצל שמואל וחביב, שיעור הטעויות הפונולוגיות בהפקת

מילים מתוך טקסט היה אמנם נמוך משיעורן בשיום ובקריאה, אך עדיין מדובר בשיעור טעויות גבוה מאד, ובודאי גבוה משיעור הטעויות הפונולוגיות בהפקת מספרים: בקריאת מספרים ספרתיים היו לשמואל 4% טעויות פונולוגיות (בהשוואה למילים מתוך טקסט:  $\chi^2 = 30, p < .001$ ), ולחביב רק 2% טעויות פונולוגיות (בהשוואה למילים מתוך טקסט:  $Fisher's p < .001$ ). במטלות של הפקת ימים וחודשים אנו רואים שיעור טעויות פונולוגיות נמוך משיעורן בשמ"ש – אך לא בכל המקרים.

כיוון שימים וחודשים הם שדות סמנטיים, השוונו את הטעויות הפונולוגיות בהם לטעויות שהיו בהפקת שדות סמנטיים "רגילים", שאינם רצופים. אם יתגלה ששיעור טעויות פונולוגיות בימים וחודשים הוא נמוך יותר, נקבל בכל זאת תמיכה כלשהיא בעקרון הרצף. טבלה 33 מראה שהדבר אינו כך: ניבוי זה מתקיים רק אצל שושנה. למעשה, אצל שלושת המשתתפים האחרים המגמה היתה הפוכה: היו יותר טעויות בהפקת ימים וחודשים מאשר בשדות הסמנטיים ה"רגילים" (אם כי הבדל זה לא היה מובהק).

טבלה 33. טעויות פונולוגיות בשדות סמנטיים ובשדות רצופים

השוואה	ימים / חודשים	שדות סמנטיים	שדות רצופים
$\chi^2 = 1.4, p = .23$	20%	14%	שמואל
$\chi^2 = 1.5, p = .23$	8%	5%	נירה
$\chi^2 = .2, p = .65$	10%	8%	חביב
$Fisher's p < .001$	3%	6%	שושנה

ערכי p דו-זנביים.

לסיכום פרק זה, נראה כי הניסויים שערכנו לא תומכים בהשערת עקרון הרצף. הניבוי לגבי קריאת טקסטים משוננים התקיים רק לגבי שנים מתוך שלושה משתתפים, וגם לשני אלה היו טעויות פונולוגיות רבות באותם טקסטים. לגבי ימים וחודשים, ההפחתה בשיעור הטעויות הפונולוגיות בהם היתה כמו בשדות הסמנטיים הרגילים, הלא-רצופים, ואף פחות מכך.

## השערת הלקסיקון הנפרד

השערה זו מסבירה את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות בכך שקיים לקסיקון פלט פונולוגי נפרד, ייחודי למספרים: אם יש פגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי של מילים רגילות, ייתכן עדיין שלקסיקון המספרים נותר תקין.

אנו סבורים שהשערה זו נפסלת משלושה טעמים. ראשית, היא לא מסבירה את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות אצל פגועי באפר פלט פונולוגי, כמו שמואל ונירה. שנית, היא לא מסבירה את היעדר הטעויות הפונולוגיות בסוגים אחרים של מילים, שאינם מספרים, כפי שראינו קודם לכן (מוספיות מורפולוגיות, מילות פונקציה, מילים משדות סמנטיים). קשה להניח שלכל סוג כזה של מילים יש לקסיקון נפרד (במיוחד למילים מהשדות הסמנטיים). הנימוק השלישי הוא סטטיסטי יותר: המשתתפים במחקר זה נבחרו באופן אקראי רק על סמך ביצועיהם בהפקת מילים רגילות, ללא התייחסות להפקת מספרים. ההנחה לפיה צירוף

מקרים גרם לכך שלכולם פגיעה סלקטיבית בלקסיקון הפלט הפונולוגי של מילים, בעוד ללקסיקון המספרים תקין אצל כולם, היא אפשרית כמובן – אך נשמעת לא סבירה.

בפרק הבא, שעוסק בהשפעת ההקשר, נראה ממצאים ששופכים אור נוסף על השערת הלקסיקון הנפרד.

### **סיכום ביניים: ממצאים צפויים וצפויים-פחות**

מבין ההשערות שבדקנו, הניבויים של השערת הגודל לא קובע אוששו כמעט במדויק. שאר ההשערות נפסלו, או שזכו לתמיכה חלקית ביותר.

עם זאת, במהלך בדיקת השערת השדה הסמנטי החד-ממדי גילינו ממצא שהיה לחלוטין בלתי-צפוי מראש: למשתתפים כמעט שלא היו טעויות פונולוגיות בהפקת מילים מהשדות הסמנטיים. ממצא זה היה מפתיע שכן השערת השדה הסמנטי החד-ממדי ניסתה בכלל להסביר את סלקטיביות הטעויות הסמנטיות, וכלל לא התייחסה לטעויות פונולוגיות. מפתיעה מכל היתה העובדה שגם במטלת הביקורת "קבוצת מילים מצומצמת" (מטלה 37) לא היו למשתתפים טעויות פונולוגיות. המילים במטלה זו (מפתח, שעון, מסרק, כסא, ספר) לא היו קשורות זו לזו בשום אופן ולא היה להן כל ייחוד, פרט לעובדה שהן הוגדרו בתור קבוצת התגובות האפשריות במטלה. נראה שדי היה בהגדרה כזו כדי לגרום לכך שהמשתתפים יצליחו להפיק את המילים ללא טעויות פונולוגיות. השאלה המתבקשת בעקבות ממצא זה היא האם ההקשר שבו מופקת המילה הוא בעל השפעה מכרעת עד כדי כך על שיעור הטעויות הפונולוגיות בהפקתה. הפרק הבא מנסה לענות עליה.

## סטפ"ס: חשיבותו של ההקשר

העובדה שלא היו טעויות במטלות השדות הסמנטיים היתה מפתיעה ביותר. השערת הגודל לא קובע, ניחידה שנתמכת באופן משמעותי ע"י הממצאים, מניחה שמילים מסוימות (מילות מספר, מילות פונקציה וכו') נשמרות בלקסיקון הפלט הפונולוגי כאשר הן כבר מורכבות ליחידות פונולוגיות שלמות, ולא מפורקות למידע מטרי וסגמנטלי. לפי אותו הגיון, היעדרן של טעויות פונולוגיות מהמילים ששייכות לשדות הסמנטיים נובע מכך שגם מילים אלה שמורות בלקסיקון הפלט הפונולוגי כיחידות שלמות. טענה זו נשמעה לנו כבר פחות סבירה מהטענה לגבי מילות מספר ומילות פונקציה. אם נמשיך הלאה וננסה להסביר את היעדרות הטעויות הפונולוגיות ממטלת "קבוצת מילים מצומצמת" בכך שגם המילים באותה מטלה (ספר, מסרק, מפתח, שעון, כסא) שמורות כיחידות פונולוגיות שלמות – הטענה כבר הופכת להיות כמעט מגוחכת. האמנם המילה "ספר" מטופלת כיחידה פונולוגית אטומית, ותופק ללא טעויות פונולוגיות גם כאשר אינה מופיעה במסגרת מטלת "קבוצת מילים מצומצמת"?

הבעיה הזו הובילה אותנו להעלות את השערת ההקשר: לפי השערה זו, תופעת סטפ"ס – או לפחות סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות – היא תופעה תלויה-הקשר: המשתתפים יצליחו להפיק את המילים "ספר" ו"מסרק" ללא טעויות פונולוגיות רק כאשר הן מופיעות בהקשר של מטלת "קבוצת מילים מצומצמת", שבה ידוע להם מראש כי רשימת התגובות האפשרית כוללת את המילים האלה; היעדר הטעויות הפונולוגיות במילות מספר תלוי בכך שהן מופקות בהקשר של הפקת מספרים; ובאופן דומה תלויים בהקשר גם סוגי המילים הנוספים שמקיימים את תופעת סטפ"ס.

במהלך העבודה זיהינו מספר סוגי מילים כאלה, שמקיימים את תופעת סטפ"ס: מילות מספר, מילות פונקציה פרודות וחבורות, מוספיות מורפולוגיות ואותיות. כמו כן ראינו את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות בשדות הסמנטיים ובמטלת "מספר מילים מצומצם". כדי לבדוק את השפעת ההקשר, ביקשנו כעת לגרום למשתתפים להפיק את אותן מילים בלי ההקשר שלהן: מילות מספר ללא הקשר מספרי, מילות פונקציה ללא הקשר תחבירי, וכו'.

ביטול ההקשר נעשה בדרך שונה לגבי כל סוג מילים. לגבי מילות פונקציה, הנחנו שההקשר שלהן הוא הופעתן במסגרת תחביר של משפט. כדי להפיק אותן מחוץ להקשר, בדקנו הפקה של מילות פונקציה בתור מילים בודדות, ולא כחלק ממשפטים. לגבי שדות סמנטיים, במקום להפיק את המילים כתגובה להגדרות סמנטיות ביקשנו מהמשתתפים לקרוא אותן ברשימה, מעורבות, ושילבנו ברשימה גם מילים שאינן שייכות לשדה סמנטי זה או אחר. לגבי מספרים, ביקשנו מהמשתתפים להפיק משפטים עם ביטויים וצירופי-מילים שכללו מילות-מספר נטולות משמעות נומרית (כגון "באר שבע", "רכב ארבע על ארבע"). לגבי מורפמות ואותיות, לא מצאנו דרך להפיק אותן ללא הקשר ולכן לא בדקנו את השערת ההקשר לגביהן.

**מטלה 43. מילים ללא הקשר:** למשתתפים הוצגה רשימה של 160 מילים בודדות והם התבקשו לקרוא אותן בקול. רשימה זו כללה את אותן 59 מילות הפונקציה הפרודות שהופיעו במטלת הפקת משפטים (מטלה 22), 10 מילים ממטלת "קבוצת מילים מצומצמת" (מטלה 37), 38 מילים ממטלות השדות הסמנטיים, ו-53 מילים רגילות ממטלת קריאת מילים (מטלה 3). ההוראות

שניתנו למשתתפים היו לקרוא את רשימת המילים. לא נאמר להם שום דבר לגבי תוכן הרשימה, כך שאם המילים היו נתונות בהקשר מסויים מבחינתם – היה זה רק הקשר שהם הסיקו בעצמם. שמואל, נירה וחביב ביצעו את המטלה כמטלת קריאה. שושנה ביצעה אותה כמטלת חזרה.

## מילות פונקציה

טבלה 34 מראה את שיעור הטעויות הפונולוגיות בהפקת מילות פונקציה במטלת "מילים ללא הקשר" (מטלה 43), את שיעור הטעויות בהפקת מילים רגילות באותה מטלה, ואת שיעורן בהפקת מילות פונקציה בהקשר, במסגרת מטלת הפקת משפטים (מטלה 22). אם שיעור הטעויות הנמוך במילות פונקציה בהפקת משפטים היה תוצאה של ההקשר, אנו מצפים שמילות הפונקציה במטלת "מילים ללא הקשר" יתנהגו בדומה למילים רגילות: נצפה ששיעור הטעויות במילות הפונקציה במטלה 43 יהיה גבוה משיעורן בהפקת משפטים ודומה לשיעורן בהפקת מילים רגילות.

טבלה 34. טעויות פונולוגיות במילות פונקציה – בהקשר ומחוץ להקשר

4-6 פונמות		השוואות		מילות פונקציה			
פונק' ללא מילים רגילות	הקשר	בלי הקשר לעומת מילים רגילות	עם הקשר לעומת בלי הקשר	מילים רגילות	ללא הקשר	עם הקשר	
19%	27%	$\chi^2 = 2.9, p = .04$	Fisher's $p < .001$	26%	14%	0%	שמואל
17%	18%	$\chi^2 = 4.3, p = .02$	Fisher's $p = .21$	23%	8%	3%	נירה
67%	36%	$\chi^2 = 14, p < .001$	$\chi^2 = 6.2, p = .006$	60%	25%	8%	חביב
42%	45%	$\chi^2 = 3.2, p = .04$	Fisher's $p < .001$	45%	29%	5%	שושנה

[a] מילות הפונקציה נלקחו ממטלת הפקת משפטים המתאימה לאופן בו הועברה מטלה 43: אצל שושנה ממטלת חזרה על משפטים, ואצל שאר המשתתפים – ממטלת קריאת משפטים.

- עמודת "עם הקשר" מציינת את שיעור הטעויות במטלת הפקת משפטים (מטלה 22). אצל שושנה הנתונים המוצגים כאן הם ממטלת החזרה על משפטים, אצל שאר המשתתפים הנתונים הם ממטלת הקריאה.
- עמודת "מילים רגילות" מציינת את שיעור הטעויות ב-53 מילים רגילות ממטלת "מילים ללא הקשר" (מטלה 43).
- עמודת "4-6 פונמות" מציינת את שיעור הטעויות במילים באורך זה במטלת "מילים ללא הקשר". נתונים אלה מבוססים על הפקת 36 מילים רגילות ו-11 מילות פונקציה.

מהטבלה עולה כי בהתאם להשערת ההקשר, שיעור הטעויות במילות פונקציה אכן מושפע מההקשר בו הן מופקות: לכל המשתתפים היו פחות טעויות פונולוגיות במילות הפונקציה כאשר אלה שובצו בתוך משפטים, ואצל כולם פרט לנירה ההבדל היה מובהק. נדגיש שוב כי מילות הפונקציה שהמשתתפים התבקשו להפיק ללא להקשר היו אותן מילים ממש שהופקו קודם לכן בתוך הקשר של משפט.

לעומת זאת, בניגוד להשערה, שיעור הטעויות במילות הפונקציה לא היה דומה לשיעורן במילים רגילות אלא נמוך ממנו, גם כאשר מילות הפונקציה הופקו ללא הקשר. העלינו את האפשרות כי תופעה זו לא נובעת מכך שהשערת ההקשר אינה נכונה, אלא מהעובדה שמילות הפונקציה במטלה זו היו קצרות מאד לעומת המילים הרגילות: האורך הממוצע של מילות הפונקציה היה 2.9 פונמות, לעומת 5.7 פונמות במילים הרגילות; 81% ממילות הפונקציה היו בנות 3 פונמות או פחות, לעומת 4% בלבד מהמילים הרגילות. כדי לבדוק את השפעת האורך, ערכנו השוואה נוספת בין מילות פונקציה לבין מילים רגילות, תוך הכללת המילים שארכן 4-6 פונמות בלבד משתי הקבוצות. השוואה זו מופיעה בטורים השמאליים בטבלה 34, ותוצאותיה אכן מתאימות להשערת ההקשר: פרט לחביב, לא רק שהפער בין הקבוצות נעלם אלא שהמגמה התהפכה – במילות הפונקציה היו יותר טעויות פונולוגיות מאשר במילים הרגילות (זאת למרות שאפילו

בהשוואה הזו מילות הפונקציה היו עדיין קצרות יותר, 4.7 פונמות בממוצע לעומת 5.1 פונמות במילים הרגילות).

כבדיקה נוספת, ערכנו עוד השוואה בין מילות פונקציה לבין מילים רגילות. במטלת קריאת המילים שהועברה למשתתפים (מטלה 3) נכללו, כפי שנאמר בתיאור המטלה, 128 מילים מבטריית "תלתן" (פרידמן וגביעון, 2003). מתוך 128 מילים אלה, 100 הן מילים רגילות ו-28 הן מילות פונקציה. השווינו, לפיכך, בין המילים הרגילות לבין מילות הפונקציה במטלת הקריאה. תוצאות ההשוואה מופיעות בטבלה 35, וגם כאן ניתן לראות כי שיעור הטעויות הפונולוגיות במילות הפונקציה ובמילים הרגילות הוא דומה.

**טבלה 35. טעויות פונולוגיות במטלת קריאת מילים (מטלה 3)**

שמואל	מילים רגילות	מילות פונקציה	השוואה
70%	54%	$\chi^2 = 2.6, p = .05$	
18%	18%	–	
21%	18%	$\chi^2 = .1, p = .36$	
55%	43%	$\chi^2 = 1.3, p = .13$	

### ש דות ס מ נ ט י י ם

מטלה 43 כללה גם מילים ששייכות לשדות סמנטיים חד-ממדיים – המילים שהועברו במסגרת המטלות השונות של שדות סמנטיים (להלן "מילים סמנטיות"). בדומה למילות פונקציה, גם כאן השערת ההקשר מייחסת את הטעויות הפונולוגיות ב"מילים הסמנטיות" לעובדה שהן הופקו במסגרת ההקשר הסמנטי שלהן. השערת ההקשר מנבאת ששיעור הטעויות הפונולוגיות ב"מילים הסמנטיות" יהיה גבוה יותר כאשר הן יופקו ללא הקשר, במטלה 43, ויהיה דומה לשיעור הטעויות הפונולוגיות במילים רגילות. ניתוח זה מוצג בטבלה 36. כיוון שבמטלות הסמנטיות ראינו ששיעור הטעויות הפונולוגיות היה נמוך לא רק בשדות הסמנטיים עצמם אלא גם ב"קבוצת מילים מצומצמת" (במטלות 37 ו-38), הכללנו גם את המילים האלה בקבוצת "המילים הסמנטיות".

**טבלה 36. טעויות פונולוגיות במילים משדות סמנטיים – בהקשר ומחוץ להקשר**

	מילים סמנטיות		השוואות		מילים רגילות	עם הקשר	ללא הקשר	
	עם הקשר	ללא הקשר	עם הקשר לעומת מילים רגילות	בלי הקשר לעומת מילים רגילות				
שמואל	12%	23%	$\chi^2 = 4, p = .02$	$\chi^2 = .2, p = .34$	26%	23%	12%	
נירה	4%	10%	$\chi^2 = 3.2, p = .04$	$\chi^2 = 2.7, p = .05$	23%	10%	4%	$\chi^2 = .4, p = .27$
חביב	8%	27%	$\chi^2 = 17, p < .001$	$\chi^2 = 11, p < .001$	60%	27%	8%	$\chi^2 = 13, p < .001$
שושנה	10%	17%	$\chi^2 = 4.6, p = .02$	$\chi^2 = 9.5, p = .001$	45%	17%	10%	$\chi^2 = 4.8, p = .01$

- עמודת "עם הקשר" מציינת את שיעור הטעויות במטלת הפקת משפטים (מטלה 22). אצל שושנה הנתונים המוצגים כאן הם ממטלת החזרה על משפטים, אצל שאר המשתתפים הנתונים הם ממטלת הקריאה.
- עמודת "מילים רגילות" מציינת את שיעור הטעויות ב-53 מילים הרגילות ממטלת "מילים ללא הקשר" (מטלה 43).
- עמודת "4-6 פונמות" מציינת את שיעור הטעויות במילים באורך זה במטלת "מילים ללא הקשר". נתונים אלה מבוססים על הפקת 36 מילים רגילות ו-42 מילים משדות סמנטיים / קבוצת מילים מצומצמת.

התוצאות של ניתוח זה היו מקבילות כמעט לחלוטין לממצאים לגבי מילות הפונקציה: בהתאם להשערת ההקשר, במילים הסמנטיות היו יותר טעויות כאשר הופקו ללא ההקשר הסמנטי שלהן לעומת המצב בו הופקו עם ההקשר הסמנטי.

כמו במילות הפונקציה, גם כאן גילינו שבניגוד להשערת ההקשר, במילים הסמנטיות יש פחות טעויות מאשר במילים הרגילות. כמו במילות הפונקציה, שיערנו שגם כאן הדבר עשוי לנבוע מהעובדה שהמילים הסמנטיות קצרות יותר מהמילים הרגילות (4.8 פונמות בממוצע לעומת 5.7 פונמות), ולכן השוונו בין שתי קבוצות המילים תוך הכללת הפריטים בני 4-6 פונמות בלבד. אך הפעם נכונה לנו הפתעה: אצל שמואל ונירה אנו רואים אמנם שכאשר מפקחים על אורך המילה, שיעור הטעויות הפונולוגיות במילים הסמנטיות דומה לשיעורן במילים רגילות (בהתאם להשערת ההקשר); אך אצל חביב ושושנה, שיעור הטעויות במילים הסמנטיות היה עדיין נמוך מאד.

למעשה, שיעור הטעויות הפונולוגיות במילים הסמנטיות אצל חביב ושושנה היה נמוך אפילו יותר ממה שמתואר בטבלה 36: כפי שנאמר לעיל, בהשוואה שערכנו כללנו בקבוצת המילים הסמנטיות גם את המילים מ"קבוצת מילים מצומצמת". כעת ניסינו לבדוק רק את המילים שבאמת יש להן משמעות מסוימת, כלומר את המילים ששייכות לשדות סמנטיים אמיתיים, ללא קבוצת המילים המצומצמת. כיוון שחביב ושושנה סבלו שניהם מאגנוזיה לאצבעות, הוצאנו גם את שמות האצבעות מהספירה הנוכחית, מאחר שהיה ספק לגבי משמעות המילים האלה מבחינתם. בשדות הסמנטיים שנותרו היו 26 מילים בנות 4-6 פונמות. במילים אלה היו לחביב 3 טעויות בלבד (12%), ולשושנה 4 טעויות (15%).

לא מצאנו הסבר מניח את הדעת לתופעה זו. אנו משערים כי ייתכן שמה שקרה הוא שאותן מילים ששייכות לשדות סמנטיים היו בעלות משמעות סמנטית בולטת מאד, ושגם כאשר הן הוצגו כחלק מרשימת המילים (במטלה 43), מעורבות עם מילים אחרות, לא הצלחנו לבטל את ההקשר הסמנטי שלהן. כתוצאה מכך, אותם מנגנונים שגרמו למיעוט הטעויות כאשר המילים הופקו בהקשרן הסמנטי, פעלו גם כאן.

## מספרים

כדי לגרום למשתתפים להפיק מילות-מספר מחוץ להקשר, השתמשנו במילות מספר שלא הופיעו בתוך מספר בעל משמעות כמותית, אלא כחלק מצירוף-מילים מוכר, שם וכיו"ב. השערת ההקשר מנבאת שכאשר מילות המספר יופקו באופן כזה, ללא ההקשר הנומרי שלהן, הן יתנהגו כמו מילים רגילות ויפיעו בהן טעויות פונולוגיות.

**מטלה 44. מילות מספר ללא הקשר (באר שבע):** כדי לבדוק הפקת מילות מספר ללא הקשר, המשתתפים התבקשו להפיק 21 מילות מספר ששובצו בשמות, צירופים וביטויים ידועים שמוציאים מהן את המשמעות המספרית שלהן, כגון "באר שבע", "שש-בש", "רכב ארבע על ארבע" וכו'. מילים אלה שובצו בתוך משפטים במסגרת מטלת הפקת משפטים שכבר תוארה לעיל (מטלה 22): מתוך 68 המשפטים שבמטלה, 18 כללו מילות "באר שבע".

נבהיר כי לצורך מטלת "באר שבע" לא ביקשנו מהמשתתפים להפיק שוב את המשפטים של מטלה 22, אלא בנינו את המשפטים מראש כך שהם כוללים את מילות "באר שבע". הניתוחים שיופיעו להלן מתייחסים למעשה לתוצאות של מטלה 22.

תוצאות ההפקה של מילות "באר שבע" מתוארות בטבלה 37. כיוון שכל מילות "באר שבע" היו מילים שמתארות ספרות בודדות, בהשוואתן עם הפקת מספרים כללנו גם כן את הספרות הבודדות.

תוצאות ההשוואה כאן אינן חד-משמעיות. אצל כל המשתתפים היו יותר טעויות פונולוגיות במילות "באר שבע" מאשר בספרות, בהתאם להשערת ההקשר, אך בחלק מהמקרים ההבדל לא היה מובהק. בהשוואה בין מילות "באר שבע" לבין המילים הרגילות מצאנו בחלק מהמקרים הבדלים מובהקים ובחלקם לא. עם זאת, מבחינה מספרית המגמה היא עקבית: אצל כל המשתתפים, שיעור הטעויות הפונולוגיות במילות "באר שבע" היה גבוה משיעורן בהפקת ספרות, בהתאם להשערת ההקשר, ונמוך משיעורן בהפקת מילים רגילות. ניתוח נתוני כל המשתתפים מעלה כי ברמת הקבוצה, מגמה זו היא מובהקת: מילות באר שבע נבדלות באופן מובהק גם מהספרות הבודדות וגם מהמילים הרגילות (ולמעשה, מבחינת אחוז הטעויות נראה כאילו הן בדיוק באמצע הדרך בין ספרות למילים...). ממצא זה מתאים להשערת ההקשר: שיעור הטעויות הפונולוגיות אכן גבוה יותר כאשר מילת-המספר מופיעה בהקשר לא-נומרי. העובדה ששיעורן עדיין נמוך ממילים רגילות אינה מטרידה שכן הדבר עשוי לנבוע מכך שמטלת "באר שבע" לא הצליחה לבטל את ההקשר הנומרי לחלוטין אלא רק באופן חלקי.

**טבלה 37.** שיעור הטעויות הפונולוגיות במילות מספר ללא הקשר (באר שבע)

השוואות		תוצאות				
באר שבע – מילים	באר שבע – ספרות	מילים	באר שבע	ספרות		
Fisher's $p = .16$	Fisher's $p = .16$	20%	10%	0%	קריאה	שמואל
$\chi^2 = 3.2, p = .04$	Fisher's $p = .04$	44%	24%	0%	חזרה	
Fisher's $p = .05$	Fisher's $p = .41$	20%	5%	0%	קריאה	נירה
Fisher's $p = .06$	Fisher's $p = .54$	21%	5%	0%	חזרה	
Fisher's $p = .14$	Fisher's $p = .66$	14%	5%	3%	קריאה	יצחק
$\chi^2 = 2.8, p = .05$	Fisher's $p = .02$	43%	29%	0%	קריאה	
$\chi^2 = 1.5, p = .11$	Fisher's $p = .04$	47%	33%	6%	חזרה	קבוצה
Wilcoxon $T = 0, p = .008$	Wilcoxon $T = 0, p = .008$	32%	16%	1%		

עמודת "מילים" מתייחסת למילים הרגילות מתוך כל המשפטים שהועברו במסגרת מטלה 22 (הפקת משפטים).  
עמודת "ספרות" מתייחסת לספרות הבודדות מתוך מטלת קריאת מספרים (מטלה 18) או מטלת חזרה על מספרים (מטלה 8).  
ההשוואות המובהקות מסומנות באפור.  
ערכי  $p$  חד-זנביים

ההקשר של מילות המספר במטלת "באר שבע" שונה מהקשרן במטלות ההפקה של מספרים בשני מובנים. האחד הוא המובן הסמנטי – זה שתיארנו לעיל: בהפקת מספרים יש למילים משמעות מספרית, ולמילות "באר שבע" אין משמעות כזו. ההבדל השני הוא שבמטלת "באר שבע" המשתתפים הפיקו מילת מספר בודדת בתוך משפט שלם, כלומר תוך כדי הפקת מילים רגילות; לעומת זאת, במטלות הקריאה והחזרה על מספרים, המשתתפים הפיקו מילות מספר בזו אחר זו במשך זמן רב.

מדוע, אם כן, היו יותר טעויות פונולוגיות במטלת "באר שבע" לעומת הפקת המספרים? האם הסיבה היא שלמילות באר-שבע אין משמעות נומרית, או שמא הסיבה היא שמטלת באר-שבע דרשה הפקה של מילת מספר בודדות בתוך רצף של מילים רגילות, וע"כ לא נתנה ל"מנגנון הפלא", זה שמפחית את שיעור הטעויות הפונולוגיות במספרים, מספיק שהות כדי "להתעורר"?

כדי להבחין בין שתי האפשרויות העברנו למשתתפים מטלה נוספת: במטלה זו הם התבקשו לקרוא מספרים בעלי הקשר מספרי, ששובצו בתוך משפטים. אם ריבוי הטעויות הפונולוגיות במספרים במטלת באר-שבע נבע מכך שאין להם משמעות נומרית, נצפה שבמטלה הנוכחית, שבה יש למספרים משמעות נומרית, לא

יהיו בהם טעויות פונולוגיות. לעומת זאת, אם ריבוי הטעויות הפונולוגיות במספרים במטלת באר-שבע נבע מכך שהם שובצו במשפטים, נצפה שגם במטלה זו יהיו בהם טעויות פונולוגיות.

**מטלה 45. מספרים נומריים במשפטים:** המשתתפים התבקשו להפיק 29 משפטים שכללו 31 מילות מספר בעלות הקשר מספרי. למספרים במטלה זו היה הקשר מספרי בשלושה מובנים: ראשית, כולם הופיעו במשמעות מספרית, ולא כחלק מביטוי כמו במטלת באר-שבע. שנית, כל המספרים הופיעו בתור משלימים מוצרכים של פועל, ובמקום כזה במשפט שבו סביר שתופיע מילת מספר ולא מילה אחרת ("נפגשנו בשעה שתיים", "שילמתי לו שלושה דולר", וכו'). שלישית, בניגוד למטלת הפקת משפטים, בה רק כל משפט שלישי או רביעי כלל מילת מספר, במטלה זו כל המשפטים כללו מילות מספר. בנוסף למילות המספר, המשפטים כללו 69 מילים רגילות ו-14 מילות פונקציה, ובסך הכל 114 מילים. כמו במטלת "באר שבע", גם במטלה זו כל המספרים נכתבו במילים ולא בספרות, וכולם היו מילה בודדת.

תוצאות המטלה הזו מפורטות בטבלה 38 להלן. הטבלה מציגה את שיעור הטעויות הפונולוגיות בהפקת "המספרים הנומריים" במשפטים, ומשווה אותו לשיעור הטעויות בשלושה סוגי מילים: להפקת ספרות בודדות במסגרת מטלות קריאה וחזרה על מספרים, להפקת מילות מספר במטלת באר-שבע, ולהפקת המילים הרגילות באותם משפטים של מטלה 45.

**טבלה 38. שיעור הטעויות הפונולוגיות בהפקת "מספרים נומריים" בתוך משפטים**

	השוואת מספרים נומריים לעומת...			תוצאות			
	מספרי באר שבע	ספרות	מילים רגילות	מילים	ב"ש	נומריים	ספרות
נירה	Fisher's $p = .4$	–	Fisher's $p = .002$	22%	5%	0%	0%
חביב	Fisher's $p = .08$	Fisher's $p = .12$	Fisher's $p = .001$	42%	29%	10%	0%
שושנה	Fisher's $p = .04$	Fisher's $p = .53$	Fisher's $p = .01$	32%	33%	10%	6%
קבוצה	$\chi^2 = 8.4, p = .002$	Fisher's $p = .09$	$\chi^2 = 23, p < .001$	32%	22%	6%	1%

שושנה ביצעה את המטלה כמטלת חזרה, שאר המשתתפים קראו את המשפטים. עמודת "ספרות" מתייחסת לספרות הבודדות מתוך מטלת קריאת מספרים (מטלה 18) או מטלת חזרה על מספרים (מטלה 8). עמודת "במשפט" מתייחסת להפקת מילות מספר בתוך משפטים (במסגרת מטלה 45). עמודת "ב"ש" מתייחסת להפקת מילות מספר במטלת "באר שבע". עמודת "מילים" מתייחסת להפקת מילים רגילות בתוך משפטים במסגרת מטלה 45.

ממצא לא מפתיע שעולה מהטבלה הוא כי אצל כל המשתתפים, במילות המספר הנומריים היו פחות טעויות פונולוגיות מאשר במילים הרגילות. שאר ההשוואות, בדומה להשוואות שערכנו במטלת "באר שבע", אינן מובהקות, אך גם כאן המגמה של ההבדלים אחידה, וההשוואות ברמת הקבוצה הן מובהקות. המגמה המסתמנת היא ששיעור הטעויות הפונולוגיות במספרים הנומריים היה נמוך משיעורן במילות "באר שבע", הבדל שהיה מובהק רק אצל שושנה וברמת הקבוצה. ממצא מעניין לא פחות הוא ששיעור הטעויות הפונולוגיות בהפקת מספרים במשפטים נומריים אינו גבוה יותר במובהק משיעורן בהפקת ספרות במסגרת מטלות הקריאה והחזרה על מספרים, אפילו כאשר ערכנו את ההשוואה ברמת הקבוצה.

כל הממצאים האלה יחד מראים שהמספרים הנומריים (במטלה 45) התנהגו ממש כמו המספרים במטלות קריאה וחזרה על מספרים. המסקנה מכך היא שהסיבה למיעוט הטעויות הפונולוגיות במילות "באר שבע" לא היתה העובדה שהמילים שובצו במשפטים, אלא העובדה שלמילות המספר במטלת "באר שבע" לא היתה משמעות נומרית.

לסיום, יש לשים לב כי אמנם אנו מתארים כאן את תוצאות מטלת "באר שבע" בתור אפקט של ההקשר בו מוצג המספר, אך קיים גם פירוש נוסף לתוצאות אלה: ייתכן כי ההבדל בין מילות באר-שבע למילים רגילות אינו ההקשר השונה שלהן, אלא שהמילה "שבע" בתוך הצירוף "באר שבע" נחשבת במערכת הדיבור למילה שונה מהמילה "שבע" שמייצגת מספר – כלומר, היא ממש ערך אחר בלקסיקון הפלט הפונולוגי. לדעתנו אפשרות זו היא פחות סבירה, משני טעמים: ראשית, השערה זו תתקשה להסביר מדוע יש במילות "באר שבע" פחות טעויות פונולוגיות מאשר במילים רגילות. שנית, ההסבר הזה עשוי אולי להוות אלטרנטיבה להשערה ההקשר לגבי מטלת "באר שבע", אך לא יכול להוות אלטרנטיבה להשערת ההקשר לגבי הפקת מילות פונקציה או מילים משדות סמנטיים: במטלת "באר שבע" אפשר להניח כי המילה "שבע" מופיעה פעמיים בלקסיקון כיוון שמדובר בשתי משמעותות שונות לגמרי שלה. לעומת זאת, למילות הפונקציה ולמילים מהשדות הסמנטיים יש רק משמעות אחת, ולכן לא סביר להניח שיש להן ייצוג כפול בלקסיקון הפלט הפונולוגי.

### ה ש פ ע ת ה ה ק ש ר : ס י כ ו מ

הניסויים לעיל מראים בבירור כי בכל המקרים שבדקנו של יחידות פונולוגיות גדולות – מספרים, מילות פונקציה, ושדות סמנטיים – יש להקשר השפעה משמעותית. עם זאת אנו רואים כי בחלק מהמקרים תופעת סטפ"ס המשיכה להתקיים גם כאשר ניסינו לבטל את ההקשר. ניתן לשער שתי סיבות אפשריות לכך: או שתופעת סטפ"ס אינה תלויה לחלוטין בהקשר, או שלא הצלחנו לבטל את ההקשר לגמרי. לדעתנו ההבדל בין שתי האפשרויות האלה אינו משמעותי מבחינה תיאורטית, כל עוד ביססנו את העובדה שההקשר אמנם משפיע.

הממצאים לגבי השפעתו של ההקשר מעניינים במיוחד מבחינת משמעותם לגבי השערת הלקסיקון הנפרד. לכאורה, העובדה שתופעת סטפ"ס היא תלוית-הקשר פוסלת באופן מוחלט את ההשערה הזו. השערת הלקסיקון הנפרד מציעה שקיימים שני לקסיקוני פלט פונולוגיים (לפחות): הלקסיקון הראשי כולל את רוב המילים; בנוסף לו קיים לקסיקון משני, שכולל מילות מספר, מילות פונקציה, אותיות, מורפמות ואולי גם מילים נוספות. סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות נובעת מכך שהלקסיקון הראשי פגוע בעוד הלקסיקון המשני תקין. אם כל מילה נמצאת רק בלקסיקון אחד, מודל כזה לא מסוגל להסביר מדוע במילה מסוימת יהיו טעויות פונולוגיות בהקשר אחד, ולא יהיו בה טעויות בהקשר אחר. כדי להסביר את השפעת ההקשר, השערת הלקסיקון הנפרד תהיה חייבת להניח שאותן מילים נמצאות בשני הלקסיקונים, וההקשר משפיע על הלקסיקון ממנו אנו לוקחים את המילה: כאשר ההקשר קיים, לוקחים את המילה (מילת המספר, למשל) מהלקסיקון המשני, ה"מיוחד"; כאשר אין הקשר – לוקחים אותה מהלקסיקון הראשי. מצב כזה כבר נראה לא סביר – קשה לשער מדוע מילה תישמר בשני מאגרים פונולוגיים שונים שתפקידם זהה לחלוטין. לעומת זאת, המצב הזה אינו בהכרח מופרך אם אותם שני מאגרים פונולוגיים אינם זהים, אלא לכל אחד מהם יש תפקיד שונה. כפי שנראה מייד, זהו בדיוק המודל שאנו רוצים להציע.

## דיון

מחקר זה בדק את תופעת סטפ"ס, סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות והסמנטיות – מצב בו אפאזים, שמפיקים מילים עם טעויות פונולוגיות, מפיקים מילות-מספר ללא טעויות כאלה אלא עם טעויות סמנטיות. תופעת סטפ"ס התקיימה לגבי כל המשתתפים במחקר, כולם פגועים בבאפר הפלט הפונולוגי וחלקם גם בלקסיקון הפלט הפונולוגי.

במהלך המחקר בדקנו מספר השערות אפשריות שמנסות להסביר את תופעת סטפ"ס. הראשונה היתה השערת הגודל לא קובע, שהניחה שבאפר הפלט הפונולוגי מטפל ביחידות פונולוגיות גדולות יותר מפונמה בודדת, זאת כאשר אותן יחידות פונולוגיות – מילים או חלקי-מילים – משתתפות בתהליך פרודוקטיבי. בהתבסס על "קריטריון הפרודוקטיביות", ההשערה ניבאה שתופעת סטפ"ס תתקיים לגבי מספר סוגים נוספים של מילים, וניבויים אלה אכן אוששו: ראינו כי תופעת סטפ"ס מתקיימת במלואה בהפקת מוספיות מורפולוגיות – כמעט לא היו בהן טעויות פונולוגיות, ובמקומן הופיעו טעויות של החלפת מוספית באחרת, בדומה לטעויות הלקסיקליות בהפקת מספרים. בהפקת מילות פונקציה התקיימה סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות בלבד, כלומר מילות הפונקציה הופקו ללא טעויות בכלל – לא פונולוגיות ולא סמנטיות. ניתן לראות בכך הקבלה להפקת ספרות בודדות, שגם בהן אין טעויות כמעט בכלל. גם לגבי אותיות, ההבדל בדפוסי ההפקה בין עברית לאנגלית התאים לניבוי של ההשערה: דפוס הטעויות באותיות באנגלית, שמשותפות בתהליך הפרודוקטיבי של יצירת ראשי-תיבות, היה דומה לזה של מספרים, והופיעו בהן בעיקר טעויות סמנטיות; לעומתן אותיות בעברית, בה התהליך הפרודוקטיבי הזה פחות רלוונטי, התנהגו באופן דומה יותר למילים רגילות, והיה בהן שיעור גדול יותר של טעויות פונולוגיות.

בניגוד להצלחה של השערת הגודל לא קובע, הניבויים של שאר ההשערות לא התקיימו: השערת התדירות תלתה את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות בתדירותן הגבוהה של מילות מספר, אך מצאנו כי תדירות המילים אינה משפיעה על שיעור הטעויות הפונולוגיות בהן אצל מי שפגוע רק בבאפר הפלט הפונולוגי, ואפילו אצל פגועי לקסיקון אפקט התדירות לא מסביר את תופעת סטפ"ס. השערת הרכיב התבניתי הציעה פגיעה בקישור בין הסמנטיקה לבין רכיב תבניתי, וגם היא הופרכה: ראשית, היא מסבירה את תופעת סטפ"ס רק אצל מי שלקסיקון הפלט הפונולוגי שלו פגוע, וראינו שלא כל המשתתפים הם כאלה. שנית, אפילו לגבי אותם משתתפים, הניבויים של ההשערה לא התקיימו: כאשר ניסינו "לבטל" את השימוש ברכיב תבניתי, שיעור הטעויות הפונולוגיות לא עלה. עקרון הרצף ניבא שסלקטיביות הטעויות הפונולוגיות (סט"פ) תתקיים לגבי סוגים נוספים של מילים שמהווים רצף כמו מספרים (ורק לגביהן), וראינו שהמצב לא היה כך: סט"פ התקיימה רק לגבי חלק מהמקרים שנבדקו, ולעומת זאת התקיימה גם לגבי מספר שדות סמנטיים לא-רצופים. השערת הלקסיקון הנפרד גם היא הופרכה כיוון שאינה מסבירה את סט"פ אצל מי שלקסיקון הפלט הפונולוגי שלו תקין.

השערה נוספת ייחסה את הטעויות הסמנטיות לכך שמילות מספר הן שדה סמנטי חד-ממדי. בהתאם להשערה, מצאנו כי גם בשדות סמנטיים חד-ממדיים אחרים שיעור הטעויות הסמנטיות גבוה משיעורן במילים רגילות. אך ממצא זה היווה תמיכה חלקית בלבד בהשערה: ראשית, ההבדל בשיעורי הטעויות

הסמנטיות בין מילים רגילות לשדות סמנטיים היא אמנם עקבי אצל כל המשתתפים, אך היא מובהקת רק אצל שמואל. שנית, ראינו כי קיימת השערה אלטרנטיבית שמסבירה את הממצאים לא פחות טוב – השערת שדה התגובות המצומצם, לפיה ריבוי הטעויות הסמנטיות נובע מהעובדה שמספר התגובות הנדרשות במטלה הוא קטן. נראה שהשערת השדה הסמנטי החד-ממדי חייבת לעבור שינויים לאור הממצאים.

לבסוף, גילינו כי תופעת סטפ"ס היא תלויה-הקשר: גם בסוגי המילים בהם היא מתקיימת, הדבר תלוי בכך שהמילה מופקת בהקשר ה"מתאים" שלה: מילות מספר בהקשר של משמעותן הנומריית, מילות פונקציה בהקשר של הפקת משפטים, מילים משדה סמנטי כאשר נתון ההקשר שלו, ומילים משדה מצומצם וברור כאשר ההקשר מוגדר באופן זה. אם המילים מופקות מחוץ להקשר שלהן, שיעור הטעויות הפונולוגיות בהן עולה וחוזר להיות כמו במילים רגילות, או לפחות מתקרב לכך.

ניתן להסיק מהממצאים במחקר זה מספר מסקנות מרכזיות. תרשים 14 מתאר מודל להפקת דיבור שמיישם את המסקנות האלה.

המסקנה הראשונה היא שקיים מאגר פונולוגי שמכיל מילות מספר, מילות פונקציה ומורפמות בתור יחידות פונולוגיות מורכבות, שלמות ואטומיות, וזאת לצד הפונמות והמידע המטרי שמגיעים מלקסיקון הפלט הפונולוגי. להלן נתייחס לאותן יחידות הפונולוגיות השמורות במאגר זה בתור "מילות סטפ"ס". יחידות פונולוגיות אלה הן גדולות מרמת פונמה בודדת, ויכולות להיות הברה או רצף הברות (כמו במקרה של מורפמות ומילות פונקציה חבורות), ואפילו מילה שלמה (כמו במקרה של מילות מספר ומילות פונקציה פרודות). היחידות הפונולוגיות האלה הן אטומיות במובן זה שאינן "נשברות" באמצע: הטעויות בהפקתן הן רק מסוג של החלפת יחידה פונולוגית באחרת (mis-selection) או ערבוב סדר היחידות, ולא טעויות פונולוגיות בתוך היחידה עצמה. מסקנה זו היא בעצם ניסוח שונה מעט של השערת הגודל לא קובע, והיא נובעת מהממצאים בניסויים שערכנו לבדיקת השערה זו.

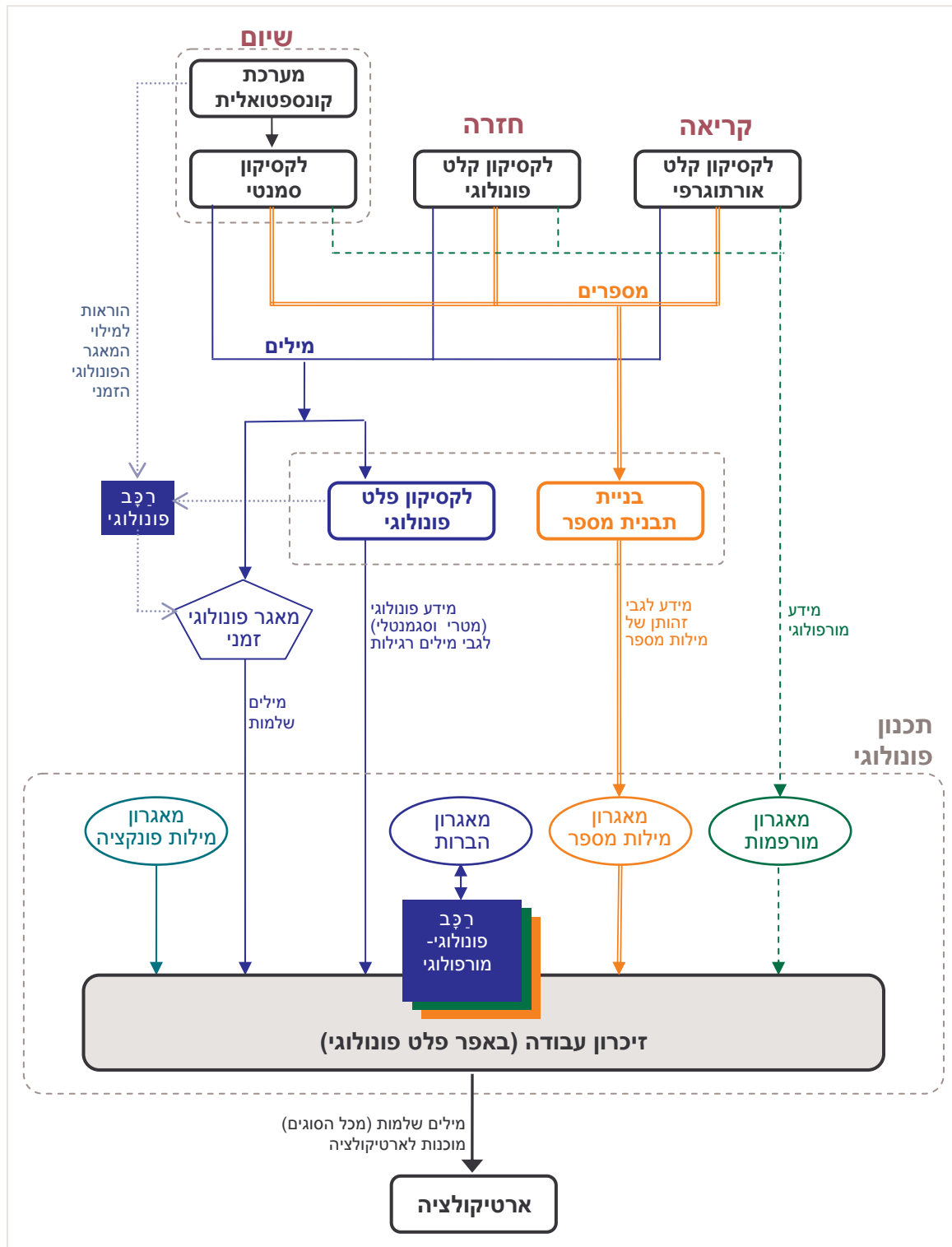
למעשה, סביר יותר להניח שלא מדובר במאגר פונולוגי אחד אלא בשורה של "מאגרונים פונולוגיים" נפרדים – אחד לכל קטגוריה של מילים. לאפשרות זו יש יתרון על הנחת מאגר יחיד, כיוון שהיא מסבירה טוב יותר מדוע באף מקרה לא ראינו טעויות סמנטיות מסוג החלפה של מילה במילה מקטגוריה אחרת (למשל החלפת מילת מספר במילת פונקציה).

כאשר אנו נדרשים להפיק מילים רגילות (שאינן מילות סטפ"ס), אנו משתמשים במסלול הסטנדרטי: אחרי הגישה מהלקסיקון הסמנטי אל לקסיקון הפלט הפונולוגי, המידע הפונולוגי של המילה מועבר אל באפר הפלט הפונולוגי בתור יחידות נפרדות – מידע מטרי ופונמות (כולל, כמובן, מידע לגבי סדר הפונמות במילה). בשלב זה, רִכָּב פונולוגי מרכיב את הסגמנטים ויוצר בבאפר את המילה השלמה, מוכנה לארטיקולציה. פגיעה בתהליך זה תגרום לטעויות פונולוגיות במילה.

כאשר אנו נדרשים להפיק מילות סטפ"ס, מילות מספר למשל, מסלול ההפקה הוא מעט שונה: המידע המועבר לבאפר אינו ייצוג של פונמות, אלא ייצוג של המילה כולה כיחידה אחת. במקרה זה, הרִכָּב הפונולוגי לא מחבר את הפונמות למילה שלמה: הצורה המלאה של המילה נלקחת מהמאגרון המתאים, שם

היא כבר קיימת בתור מילה מחוברת ומוכנה לארטיקולציה. פגיעה בתהליך זה תיצור טעות של החלפת מילת-מספר באחרת, או ערבוב סדרן.

המאגרונים הפונולוגיים הם חלק משלב התכנון הפונולוגי: ניתן להסיק זאת מהעובדה שתופעת סטפ"ס מתקיימת גם אצל מי שפגוע בבאפר הפלט הפונולוגי בלבד, ושלקסיקון הפלט הפונולוגי שלו תקין, כמו שמואל ונירה.



תרשים 14: מודל להפקת דיבור

המאגרונים הפונולוגיים אינם חלק מלקסיקון הפלט הפונולוגי, ואינם תחליף שלו: אמנם מילות סטפ"ס שמורות במאגרונים בתור יחידות פונולוגיות מורכבות, אך הן עדיין שמורות גם בלקסיקון הפלט הפונולוגי בצורתן המפורקת, בתור מידע מטרי וסגמנטלי, כמו כל מילה אחרת. אנו מסיקים זאת מהממצאים לגבי השפעת ההקשר, שם ראינו כי כאשר מוציאים את המילה מההקשר שלה, היא מופקת עם טעויות פונולוגיות. הסיבה לכך היא כנראה שבמצב זה המילה מטופלת במסלול העיבוד הרגיל, ונלקחת מלקסיקון הפלט הפונולוגי ולא מהמאגרונים הפונולוגיים: הרכיבים שניגשים אל המאגרונים הפונולוגיים פועלים באופן תלוי-הקשר.

Levelt, Roelofs, and Meyers (1999) הציעו כי שלב התכנון הפונולוגי כולל מאגר פונולוגי של הברות, שמשמש בתהליך ההרכבה הפונולוגית. הם סבורים כי "מאגרון הברות" הזה אמנם לא כולל את כל הברות שהדובר עשוי להיזקק להן, אך הוא כולל את רובן. הרפב הפונולוגי של Levelt et al. יודע לבנות כל הברה שיזדקק לה מתוך המידע הסגמנטלי שהועבר אליו מלקסיקון הפלט הפונולוגי, אך העובדה שחלק מהברות כבר מוכנות מראש ב"מאגרון הברות" מאפשרת לו כנראה לעבוד במהירות רבה יותר. Laganaro (2005) מחזיקה בדעה דומה: היא מצאה אפקט תדירות-הברות שקשור לשלב התכנון הפונולוגי, ורואה בממצא זה עדות לכך שבמקום מסויים בשלב זה מאוחסנות הברות מוכנות להפקה.

המאגרונים הפונולוגיים שהצענו כאן הם בעצם הרחבה של רעיון "מאגרון הברות": כפי ש-Levelt et al. אמרו, רכיבי התכנון הפונולוגי כוללים יחידות פונולוגיות מוכנות להפקה, גדולות יותר מפונמה בודדות. אך בעוד Levelt et al. דיברו על מאגרון הברות בלבד, אנו מציעים כאן קיומם של מאגרונים נוספים, דומים לו, שמכילים סוגים נוספים של מידע פונולוגי, שחלקו גדול יותר מהברות בודדות: מילות מספר, מילות פונקציה, אותיות ומורפמות (או לפחות מוספיות מורפולוגיות, שלגביהן ערכנו את הבדיקות במחקר זה).

המסקנה השניה מהמחקר היא כי באפר הפלט הפונולוגי הוא שאחראי על חיבור המוספיות המורפולוגיות לבסיס המילה במילים רב-מורפמיות: בסיס המילה עובר מלקסיקון הפלט הפונולוגי אל באפר הפלט כמידע סגמנטלי ומטרי. המידע על כל מורפמה, לעומת זאת, לא מגיע אל באפר הפלט בתור רצף פונמות אלא בתור יחידת-מידע אחת, מורפולוגית. הצורה הפונולוגית של המורפמה כבר מורכבת ושמורה במאגרון המורפמות, ותפקידו של הרפב הפונולוגי במקרה זה אינו ליצור את הצורה הזו מתוך פונמות אלא רק לקבל אותה ממאגרון המורפמות ולצרף אותה אל בסיס המילה. הרפב הוא למעשה רכב פונולוגי-מורפולוגי.

הטענה שחיבור המורפמה לבסיס המילה מתבצע בשלב התכנון המורפולוגי מבוססת על שני נימוקים: ראשית, אם מאגרון המורפמות אמנם נמצא בשלב התכנון הפונולוגי, לא סביר שהרכיב שמקבל ממנו את המידע לגבי המורפמות (ומחבר אותן אל בסיס המילה) יהיה בשלב מוקדם יותר. נימוק נוסף הוא העובדה שראינו החלפות מורפולוגיות גם במטלת צלקיות (מטלה 24), הפקת מילות תפל עם נטייה מורפולוגית: המידע לגבי מילות התפל לא מגיע מלקסיקון הפלט הפונולוגי, ולכן לא סביר שהחיבור שלהן עם המוספית המורפולוגית יהיה בלקסיקון אלא רק בשלב מאוחר יותר – כלומר בבאפר הפלט הפונולוגי.

הרעיון לפיו ההרכבה המורפולוגית מתבצעת כחלק משלב התכנון הפונולוגי כבר הוצע בעבר באופן מפורש (Kohn & Melvold, 2000). הצעה זו תואמת גם את המודל של Levelt, Roelofs, and Meyer (1999): אמנם החוקרים לא מדברים שם בפירוט על תהליך הרכבה מורפולוגית בשלב התכנון הפונולוגי, אך

מהמודל שלהם משתמע בביורור שזה הוא המצב. גם Job and Sartori (1984) טוענים שהמורפמה מעוברת בנפרד מבסיס המילה ומחוברת אליו בשלב מאוחר יותר – אם כי הם לא מפרטים מה הוא אותו שלב.

מעניין לראות שמודל דומה מאד הוצע גם לגבי כתיבה: שם נטען כי לקסיקון הפלט האורתוגרפי, שמאחסן את צורתן הכתובה של המילים, מכיל אותן ללא הנטייה המורפולוגית שלהן. הצורה הכתובה של המורפמות נשמרת בנפרד, ומוצמדת אל בסיס המילה רק מאוחר יותר, ע"י באפר הפלט הגראפמי (Badecker, Hillis, & Caramazza, 1990 ; Badecker, Rapp, & Caramazza, 1996).

אם באפר הפלט הפונולוגי מעבד את המילים גם ברמה מורפולוגית, הרי שלצורך פעולתו התקינה הוא זקוק למידע לגבי המבנה המורפולוגי של המילה – מידע שיאפשר לו להשתמש במורפמה הרלוונטית ממאגרן המורפמות ולבצע את ההרכבה כראוי. אנו מניחים שהבאפר מקבל את המידע הזה ישירות מהשלבים המוקדמים יותר (למשל מהסמנטיקה או ממערכת הקריאה), ולא מלקסיקון הפלט הפונולוגי. באופן דומה, גם בהפקת מספרים המידע יועבר שלא דרך לקסיקון הפלט הפונולוגי (ומייד נפרט כיצד). לגבי מילות פונקציה, הרכיבים והתהליכים שניגשים אל המאגרן ושולפים ממנו את מילות הפונקציה המתאימות לא נדונו כאן. אנו סבורים כי אלה ראויים להתייחסות מקיפה בעבודה נפרדת, כולל השאלה אם מדובר בתהליכים שנושאים אופי לקסיקלי או תחבירי.

שאלה שהעלינו והותרנו ללא תשובה היא מהי תכולתו של מאגרן המורפמות. במחקר זה בדקנו את תופעת סטפ"ס לגבי מוספיות מורפולוגיות בלבד, וקיומה מראה שהמאגרן מכיל מוספיות כאלה. האם המאגרן מכיל גם מורפמות שאינן מוספיות, ואולי גם צורות של גזירה ולא רק נטייה מורפולוגית – זוהי שאלה שראויה להיבדק במחקר נפרד.

המסקנה השלישית מהמחקר היא כי בנוסף למאגרונים הפונולוגיים הספציפיים-לקטגוריה קיים גם מאגר פונולוגי זמני (מעין "זכרון מטמון", Cache memory). מאגר זה פועל באותו אופן כמו המאגרונים הספציפיים-לקטגוריה, אך הוא יכול להכיל כל מילה שהיא. זה המאגר שאיפשר להפיק את המילים מהשדות הסמנטיים והמילים ממטלת "קבוצת מילים מצומצמת" ללא טעויות פונולוגיות. מאגר זה מתמלא מתוך לקסיקון הפלט הפונולוגי באופן תלוי-הקשר: כאשר נוצר הקשר מסויים בו מערכת הדיבור "יודעת" שהיא עתידה להפיק מילה, או מילים, מתוך קבוצת מילים מוגדרת וידועה מראש – היא ממלאת את המאגר הפונולוגי הזמני בכל אותן מילים. אנו מניחים שגם מאגר זה הוא תהליך אופטימיזציה, שמאפשר להפיק אחר-כך את המילים בקלות רבה יותר. נזכיר כאן כי מאגר זה הצליח לתפקד גם במטלה בה הוצגו בערבוב מילים משדות סמנטיים שונים (מטלה 38) – מטלה בה היו 64 תגובות אפשריות. הצלחתו במטלה שדורשת הפקת מילים רבות ושונות, השייכות לשדות סמנטיים שונים, יכולה להתפרש באחת משתי צורות: או שהמאגר הוא די גדול (והצליח לכלול את כל 64 התגובות במטלה), או שהוא מתמלא מהר למדי (וכך הספיק להתמלא, בכל צעד במטלה, במספר קטן-יחסית של מילים – משדה סמנטי אחר בכל פעם).

לצורך מילוי המילים במאגר הפונולוגי הזמני יש לחבר את המידע המטרי והסמנטי מהלקסיקון למילים שלמות, באופן דומה להרכבה שמתרחשת בשלב התכנון הפונולוגי. הרכבה זו לא מתבצעת ע"י הרפב

הפונולוגי של באפר הפלט הפונולוגי, אלא ע"י רֶכָּב מקביל לו. ניתן להסיק זאת מכך שגם במקרים בהם ראינו פגיעה בבאפר הפלט הפונולוגי, מילוי המאגר הזמני עדיין היה תקין. בנוסף לכך, סביר להניח שלרֶכָּב זה אין גישה אל המאגרונים של "מילות סטפ"ס", ייתכן שהוא לא מטפל במידע מורפולוגי, וייתכן גם שהוא מסוגל להתמודד עם כמות מידע גדולה יותר – הרי לצורך מילוי המאגר הזמני עליו לייצר את הצורה הפונולוגית של כמה וכמה מילים, באופן די מהיר ואולי אפילו במקביל.

כל גישה אל לקסיקון הפלט הפונולוגי לצורך שליפת הצורה הפונולוגית של מילה מלִוּנָה בגישה מקבילה אל המאגר הפונולוגי הזמני. למאגר הזמני יש עדיפות על לקסיקון הפלט הפונולוגי, כך שאם מילה מסויימת נמצאת בו – מערכת ההפקה תשתמש במידע הפונולוגי מהמאגר ולא מהלקסיקון. השליפה המקבילה (מהלקסיקון ומהמאגר) נכונה לגבי כל מסלולי ההפקה: גם כאשר המידע מגיע מהלקסיקון הסמנטי, גם כאשר הוא מגיע מלקסיקון הקלט האורתוגרפי (בקריאה במסלול הלקסיקלי), וגם כאשר הוא מגיע מלקסיקון הקלט הפונולוגי (במטלות חזרה).

לא גילינו ממצאים שיעזרו לנו למקם את המאגר הפונולוגי הזמני במדוייק. ייתכן שגם הוא חלק משלב התכנון הפונולוגי, כמו שאר המאגרונים, וייתכן שהוא דווקא קרוב יותר ללקסיקון הפלט הפונולוגי. בתרשים 14 תיארנו אותו כרכיב נפרד, אך בחירה זו נעשתה ככרירת-מחדל ולא מתוך נימוק מסויים.

כיצד מתמלאים כל המאגרונים הפונולוגיים? כל המידע שבהם – גם במאגר הפונולוגי הזמני וגם במאגרונים של מילות סטפ"ס – הגיע אליהם מלקסיקון הפלט הפונולוגי. עם זאת, המאגר הזמני נבדל מהמאגרונים מבחינת הרגע בו הוא מתמלא: המאגר הפונולוגי הזמני מכיל כל פעם מילים אחרות, ולכן הנחנו שהוא מתמלא מהלקסיקון לפי הצורך ובהתאם להקשר. בניגוד לו, המאגרונים הפונולוגיים מכילים תמיד את אותן מילים, ולכן אנו משערים שהם "נצרכים" במהלך חייו, ואינם מתרוקנים ומתמלאים לחליפין.

המסקנה האחרונה מהמחקר היא שקיים רכיב תבניתי שמייצר את תבנית המספר, בנוסף זה שהציע מקלוסקי (McCloskey, Sokol, & Goodman, 1986; McCloskey, 1992). הרכיב התבניתי מייצר את רצף המילים שמרכיבות מספר מסויים, ומעביר אותן אל באפר הפלט הפונולוגי. הרכיב לא מייצר את הצורה הפונולוגית של המילים – זו תילקח ממאגרון המספרים; הוא מעביר אל הבאפר מידע לגבי זהות המילים שיש להפיק, כולל מידע לגבי סדר המילים ויחידות נוספות שיידרשו לצורך הפקת המספר (למשל ו' החיבור).

קיומו של רכיב זה אינו מסקנה ייחודית למחקר הנוכחי ואינו נובע דווקא מהממצאים שלנו – מקלוסקי עצמו כבר הראה את קיומו של הרכיב הזה, ולמעשה כמעט ברור א-פריורית שרכיב מסוג זה קיים (הרי מישהו צריך לבנות את תבנית המספר). מה שעולה מהממצאים במחקר הנוכחי הוא האופן בו הרכיב משתלב עם שאר החלקים של מערכת ההפקה, והעובדה שאותו רכיב תבניתי לא שייך לשלב התכנון הפונולוגי אלא ממוקם לפניו. אנו למדים על כך מהעובדה שהטעויות התבניות-בהכרח, אותן אנו מייחסים לרכיב התבניתי, לא קיימות אצל שמואל ונירה, שפגועים בשלב התכנון הפונולוגי אך לקסיקון הפלט הפונולוגי שלהם תקין. ממצא מעניין נוסף בהקשר זה קשור להשפעה של אורך המספר על שיעור הטעויות: ראינו (בטבלה 16) כי אצל יצחק וחביב, שזוהו כבירור כפגועים גם בלקסיקון הפלט הפונולוגי, אורך המספר בספרות הוא זה שמשפיע על הטעויות. לעומתם אצל שמואל ונירה, שלקסיקון הפלט הפונולוגי שלהם תקין,

אורך המספר במילים הוא זה הרלוונטי. ניתן להסביר ממצא זה בכך שטעויות סמנטיות אצל יצחק וחיבי נובעות גם מהרכיב התבניתי, שהקלט שלו הוא בספרות, ולכן שיעורן תלוי בכמות הספרות במספר. לעומת זאת, הטעויות הסמנטיות של שמואל ונירה נובעות רק מהגישה למאגרון המספרים הנמצא בשלב התכנון הפונולוגי, גישה שמתבצעת עבור כל מילת-מספר – ולכן כמות המילים במספר הוא שמשפיע על שיעור הטעויות.

מעניין להזכיר כאן גם את העובדה ששיעור הטעויות התבניות-בהכרח היה גבוה רק במטלת קריאת מספרים, אך לא במטלת החזרה על מספרים. תופעה זו עשויה לנבוע מכך שבמטלת החזרה, מערכת הקלט "שומעת" את תבנית המספר ומעבירה אותה אל הרכיב לייצור תבנית המספר, מה שמקל עליו להפיק את תבנית המספר הנכונה. בקריאת מספרים ספרתיים, רכיב ייצור תבנית המספר נאלץ לבצע את כל העבודה בעצמו, ללא עזרה מבחוץ, ולכן עולה שיעור הטעויות (התחביריות) שהוא מבצע.

נקודה אחרונה שיש להבהיר היא לגבי האופן בו הרכב הפונולוגי-מורפולוגי מחבר את היחידות הפונולוגיות יחד. תיארונו כאן איך באפר הפלט הפונולוגי מקבל את המידע הפונולוגי מהסוגים השונים: פונמות ומידע מטרי לגבי מילים רגילות (מלקסיקון הפלט הפונולוגי), ולגבי מילות מספר, מילות פונקציה ומוספיות מורפולוגיות (מהמאגרונים). הרכב הפונולוגי-מורפולוגי מחבר פונמות למילים, מחבר אליהן מורפמות, ואף מחבר מילים יחד (ולפחות, במקרה של הפקת מספרים כגון "שלושים וארבע", עליו להצמיד את ו' החיבור למילה "ארבע"). לשם כך הוא זקוק למידע לגבי הסדר בו היחידות הפונולוגיות אמורות להופיע.

כיצד יודע הרכב הפונולוגי למקם את ו' החיבור לפני "ארבע", את "שלושים" לפני שתיהן, ואת "ילד" לפני הסיומת "ים"? אנו משערים שתי אפשרויות לגבי האופן בו מועבר מידע זה: ייתכן שבאפר הפלט הפונולוגי עצמו מסוגל לאחסן מידע סדור, כך שהוא שומר לא רק את היחידות הפונולוגיות אלא גם את סדרן. לחליפין, ייתכן שהרכב מקבל מידע לגבי הסדר באופן ישיר מהרכיבים שמחוץ לבאפר הפלט הפונולוגי – סדר הפונמות מלקסיקון הפלט הפונולוגי, סדר מילות המספר מהרכיב לייצור תבנית המספר, וסדר המורפמות ממנגנוני הקריאה והחזרה ומהסמנטיקה. בחלק מהמקרים קיימת גם אפשרות שלישית והיא שיחידה פונולוגית שמורה במאגרון כולל מידע לגבי המקום בו היא יכולה להופיע – למשל, המוספית המורפולוגית "ים" שמורה במאגרון המורפמות יחד עם העובדה שמדובר בסיומת שיכולה להופיע רק בסוף מילה, ו-ו' החיבור שמורה יחד עם המידע שהיא תחילית.

כיצר מסביר המודל שתיארונו את התופעות שראינו במחקר זה, ואת אלה שדווחו בעבר? תופעת סטפ"ס, לפי מודל זה, נובעת מפגיעה בשלב התכנון הפונולוגי – לא מפגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי (גם אם יש פגיעה כזו). התופעה מתרחשת במצב בו המידע שבמאגרונים הפונולוגיים נותר תקין, אך בחירת הפריטים מהמאגרון היא שגויה מסיבה כלשהיא. במילים רגילות, הרכב הפונולוגי-מורפולוגי טועה בהרכבת הפונמות, או שהברה לא נכונה נלקחת מתוך מאגרון ההברות, ובכל מקרה התוצאה היא טעות פונולוגית. במקרה של מורפמות, בחירה שגויה ממאגרון המורפמות גורמות לטעות מסוג החלפת מורפמה באחרת, ודבר דומה קורה לגבי מילות פונקציה. הטעויות במילים ששייכות לשדות סמנטיים מוגדרים (כאשר ההקשר שלהן נתון) נובעות מבחירת פריטים לא נכונה מתוך המאגר הפונולוגי הזמני. בהפקת מספרים, יש בחירה

לא נכונה של מילה מתוך מאגרון המספרים, דבר שמתבטא בטעות החלפת מילה. תקלות בפעולתו של רכיב ייצור תבנית המספר גם הן גורמות לטעויות סמנטיות – גם תחביריות וגם לקסיקליות.

תופעה שלא ראינו אצל המשתתפים במחקר הנוכחי, אך דווחה בספרות, היא מקרים של סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות בלבד: חולים שעשו טעויות פונולוגיות בהפקת מילים רגילות, אך הפיקו מספרים באופן תקין לחלוטין וללא שגיאות – גם לא סמנטיות. כך היה אצל DPI (Bachoud-Lévi & Dupoux, 2003) ואצל TM (Lochy, Domahs, Bartha, & Delazer, 2004). על פי המודל שתיארנו כאן, מצב זה מתרחש כאשר מאגרון המספרים תקין וגם הגישה אליו תקינה, ולמעשה מסלול העיבוד של מספרים נותן תקין כולו. הטעויות הפונולוגיות אצלם נובעות מפגיעה בלקסיקון הפלט הפונולוגי, או מפגיעה ספציפית בפונקציית חיבור הפונמות של הרֶכֶּב הפונולוגי.

סלקטיביות הטעויות הסמנטיות בלבד – מצב בו מילים רגילות מופקות ללא שגיאות, אך קיימות טעויות סמנטיות במספרים – מתרחש, עפ"י המודל שלנו, כאשר הרֶכֶּב הפונולוגי תקין אך יש פגיעה בגישה אל המאגרונים או בהעברת המידע מרכיב ייצור תבנית המספר אל באפר הפלט הפונולוגי. זה היה כנראה המצב אצל החולים FA (Marangolo, Nasti, & Zorzi, 2004) ו-RA (Marangolo, Piras, & Fias, 2005). מעניין לראות שבמקרה של RA דווח שלא היו לו טעויות פונולוגיות בהפקת מילים, אך היו טעויות במילות פונקציה ובפעלים. אם הטעויות במילות פונקציה היו סמנטיות, והטעויות בפעלים היו החלפות מורפמה – הדבר מהווה תמיכה נוספת במודל שמוצע כאן. בהקשר זה ניתן להעלות את השאלה, האם המאגרונים השונים יגלו תמיד התנהגות אחידה או לא – כלומר, האם ייתכן שנראה טעויות סמנטיות במילות מספר אך לא במילות פונקציה וכיו"ב.

ניתן לגזור מהמודל שהצענו כאן מספר ניבויים. ראשית, המודל מנבא כי אצל מי שיש לו פגיעה סלקטיבית בלקסיקון הפלט הפונולוגי, בעוד התכנון הפונולוגי נותר תקין – אנו עשויים לראות את סלקטיביות הטעויות הפונולוגיות בלבד, בעוד מספרים יופקו ללא טעויות פונולוגיות או סמנטיות. כזה יהיה המצב אם לקסיקון הפלט הפונולוגי נפגע, אך רכיב ייצור תבנית המספר נותר תקין – מצב שמשאיר את מסלול ההפקה של מספרים תקין מתחילתו עד סופו. מבין כל המקרים שסקרנו במבוא, החולה DPI (Bachoud-Lévi & Dupoux, 2003) הוא היחיד עם פגיעה סלקטיבית בלקסיקון הפלט הפונולוגי. כאמור, הוא אכן הפיק מספרים ללא טעויות סמנטיות.

לעומת זאת, מי שפגוע בבאפר הפלט הפונולוגי יבצע תמיד גם טעויות סמנטיות במספרים.

הניבוי השני מסתמך על ההנחה שהרכיב שמייצר את תבנית המספר צמוד ללקסיקון הפלט הפונולוגי, ולכן ברוב המקרים הם ייפגעו יחד ולא תהיה דיסוציאציה ביניהם. ניבוי זה מניח כי אצל מי שיש לו פגיעה סלקטיבית בבאפר הפלט הפונולוגי, בעוד לקסיקון הפלט הפונולוגי נותר תקין, גם רכיב ייצור תבנית המספר יישאר תקין. כתוצאה מכך, הטעויות הסמנטיות בהפקת מספרים יהיו טעויות של החלפת מילה באחרת, אבל לא יהיו טעויות תבניות. זה היה המצב אצל שמואל ונירה, שלקסיקון הפלט הפונולוגי שלהם תקין. מבין המקרים שנסקרו במבוא, הניבוי אמור להתקיים לגבי אותם שנים שנראו כבעלי לקסיקון פלט פונולוגי תקין:

FA (Marangolo, Nasti, & Zorzi, 2004) ו-RA (Marangolo, Piras, & Fias, 2005), והוא אכן מתקיים לגביהם: הטעויות הסמנטיות שלהם בהפקת מספרים היו לקסיקליות בלבד.

ניבוי שלישי הוא שאם יש פגועי באפר פלט פונולוגי, שמאגרון המספרים שלהם ריק או מחוק מסיבה כלשהי, נוכל לראות אצלם טעויות פונולוגיות גם במספרים. ייתכן שניתן יהיה להבחין במצב כזה אצל ילדים, שאולי מאגרון המספרים שלהם טרם "נצרב", או אצל מי שזה-עתה רכשו שפה חדשה.

יש לשים לב כי המודל לא מנבא סלקטיביות טעויות פונולוגיות הפוכה, כלומר מצב בו יהיו טעויות פונולוגיות במילות מספר בלבד, בעוד מילים רגילות יופקו ללא טעויות. לכאורה היה ניתן לנבא זאת בעקבות פגיעה סלקטיבית במאגרון המספרים. למעשה, נצפה שבמצב כזה מילות המספר יטופלו במסלול ההפקה של מילים רגילות, ויילקחו מלקסיקון הפלט הפונולוגי.

לסיכום, אנו סבורים כי עבודה זו מצביעה על מספר רעיונות חדשים לגבי המודל להפקת מילים ומספרים. האחד הוא העובדה ששלב התכנון הפונולוגי הוא כנראה מורכב יותר, וכולל פונקציות רבות יותר, ממה שהיה מקובל לתאר בדרך כלל. שלב זה לא כולל רק זיכרון עבודה פונולוגי (באפר הפלט). הוא כולל גם רכיבי זיכרון ארוך-טווח – מאגרון הברות (Levelt et al., 1999; Laganaro, 2005) והמאגרונים שהוצעו כאן, ובנוסף להם תהליך של הרכבה מורפולוגית (Kohn & Melvold, 2000).

הרעיון השני הוא העובדה שמערכת ההפקה פועלת באופן תלוי-הקשר. קיומו של המאגר הפונולוגי הזמני הוא ביטוי אחד לכך. העובדה שמילות מספר נלקחות מהמאגרון שלהן רק כאשר ההקשר מתאים, היא ביטוי נוסף של התלות בהקשר. גם רעיון זה מתייחס לכך שמערכת הדיבור מורכבת יותר ממה שמקובל לתאר, אך מזוית אחרת מעט – לא רק שהמנגנון מורכב יותר ממה שחשבנו, אלא הוא גם לא פועל תמיד באותו אופן ביחס לאותו אובייקט לקסיקלי.

הרעיון השלישי נוגע ליחס בין מסלול ההפקה של מילות מספר למסלול ההפקה של מילים אחרות. נראה כי מסלולים אלה אינם זהים אך גם אינם זרים זה לזה: חלק מהרכיבים משותפים למסלולים אלה (באפר הפלט הפונולוגי), אחרים הם ספציפיים לאחד המסלולים (בניית מספר, מאגרון מספרים, מאגרון הברות), ואילו לקסיקון הפלט הפונולוגי משתתף בשני המסלולים אם כי באופן שונה בכל אחד מהם – בהפקת מילים הוא חלק מהמסלול ממש, ובהפקת מספרים הוא משמש רק למילוי מאגרון המספרים. כאשר מקלוסקי הציע את מודל ההפקה שלו לראשונה (McCloskey, Sokol, & Goodman, 1986) הוא בחר – בצדק, לטעמנו – להתמקד במחקר של מנגנוני העיבוד של מספרים, ואמר שהאינטראקציה בין עיבוד מילים למספרים היא דבר שיש להשאיר לשלב מאוחר יותר. כעת, אנו סבורים שהשלב הזה הגיע.

## מקורות

- בירן, מ., ופרידמן, נ. (2007). טסט אסוציאציות ופידמיות. אוניברסיטת תל אביב.
- בירן, מ., ופרידמן, נ. (2004). שמ"ש: שיום מאה שמות עצם. אוניברסיטת תל אביב.
- פרידמן, נ. (2003). בליפ: בטריה לאבחון יכולות פונולוגיות. אוניברסיטת תל אביב.
- פרידמן, נ., וגביעון, א. (2002). פריגבי: בטריה פרידמן-גביעון להערכת זיכרון עבודה פונולוגי. אוניברסיטת תל אביב.
- פרידמן, נ., וגביעון, א. (2003). תלתן: בטריה לאבחון דיסלקסיות. אוניברסיטת תל אביב.
- לברו, א., בן-אור, ג., ופרידמן, נ. (2006). מורפולוגיה נטייתית בקרב אנשים בעלי אפזיה קונדוקטיבית. שפה, מוח, והתפתחות, 5, 46-50.
- שוקן, ב. (בהכנה). אפיון והערכה של מערכות תומכות דיבור עבור משתמשים לקויי שמיעה. אוניברסיטת תל אביב.
- Bachoud-Lévi, A. C., & Dupoux, E. (2003). An influence of syntactic and semantic variables on word form retrieval. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 163-188.
- Badecker, W., Hillis, A., & Caramazza, A. (1990). Lexical morphology and its role in the writing process: Evidence from a case of acquired dysgraphia. *Cognition*, 35, 205-243.
- Badecker, W., Rapp, B., & Caramazza, A. (1996). Lexical morphology and the two orthographic routes. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 161-175.
- Biran, M., & Friedmann, N. (2005). From phonological paraphasias to the structure of the phonological output lexicon. *Language and Cognitive Processes*, 20, 589-616.
- Brown, A. S. (1991). A review of the tip-of-the-tongue experience. *Psychological Bulletin*, 109, 204-223.
- Butterworth, B. (1992). Disorders of phonological encoding. *Cognition*, 42, 261-286.
- Caramazza, A. (1997). How many levels of processing are there in lexical access? *Cognitive Neuropsychology*, 14, 177-208.
- Caramazza, A., Chialant, D., Capasso, R., & Miceli, G. (2000). Separable processing of consonants and vowels. *Nature*, 403, 428-430.
- Caramazza, A., & Hillis, A. E. (1990). Where do semantic errors come from? *Cortex*, 26, 95-122.
- Caramazza, A., & Miozzo, M. (1997). The relation between syntactic and phonological knowledge in lexical access: Evidence from the "tip-of-the-tongue" phenomenon. *Cognition*, 64, 309-343.

- Cholin, J., Levelt, W. J. M., & Schiller, N. O. (2006). Effects of syllable frequency in speech production. *Cognition*, 99, 205-235.
- Cipolotti, L., Butterworth, B., & Denes, G. (1991). A specific deficit for numbers in a case of dense acalculia. *Brain*, 114, 2619-2637.
- Cohen, L., & Dehaene, S. (1991). Neglect dyslexia for numbers? A case report. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 39-58.
- Cohen, L., & Dehaene, S. (2000). Calculating without reading: Unsuspected residual abilities in pure alexia. *Cognitive Neuropsychology*, 17, 563-583.
- Cohen, L., Dehaene, S., Chocon, F., Lehéricy, S., & Naccache, L. (2000). Language and calculation within the parietal lobe : A combined cognitive, anatomical and fMRI study. *Neuropsychologia*, 38, 1426-1440.
- Cohen, L., Dehaene, S., & Verstichel, P. (1994). Number words and number non-words: A case of deep dyslexia extending to Arabic numerals. *Brain*, 117, 267-279.
- Cohen, L., Verstichel, P., & Dehaene, S. (1997). Neologistic jargon sparing numbers : A category-specific phonological impairment. *Cognitive Neuropsychology*, 14, 1029-1061.
- Coltheart, M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. In G. Underwood (Ed.), *Strategies of information processing* . London: Academic Press.
- Coltheart, M. (1985). Cognitive neuropsychology and the study of reading. In M. I. Posner & O. S. M. Marin (Eds.), *Attention and performance, Vol. XI*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Coltheart, M., & Funnell, E. (1987). Reading and writing: One lexicon or two? In A. Allport, D. Mackay, W. Prinz & E. Sheerer (Eds.), *Language perception and production* (pp. 313-339). London: Academic Press.
- Costa, A., Miozzo, M., & Caramazza, A. (1999). Lexical selection in bilinguals: Do words in the bilingual's two lexicons compete for selection? *Journal of Memory and Language*, 41, 365-397.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense*. NY: Oxford University Press.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional mode of number processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83-120.
- Dehaene, S., & Mehler, J. (1992). Cross-linguistic regularities in the frequency of number words. *Cognition*, 43, 1-29.

- Delazer, M., & Bartha, L. (2001). Transcoding and calculation in aphasia. *Aphasiology*, *15*, 649-679.
- Deloche, G., & Seron, X. (1982). From one to 1: An analysis of transcoding process by means of neuropsychological data. *Cognition*, *12*, 119-149.
- Denckla, M. B., & Rudel, R. G. (1974). Rapid "Automatized" Naming of pictured objects, colors, letters, and numbers by normal children. *Cortex*, *10*, 186-202.
- Denes, G., & Signorini, M. (2001). Door but not four and 4: A category specific transcoding deficit in a pure acalculic patient. *Cortex*, *37*, 267-277.
- Ellis, A. W., & Young, A. W. (1988). *Human cognitive neuropsychology*. Hove, UK: Erlbaum.
- Franklin, S., Burek, F., & Howard, D. (2002). Generalised improvement in speech production for a subject with reproduction conduction aphasia. *Aphasiology*, *16*, 1087-1114.
- Friedmann, N., & Lukov, L., (in press). Developmental surface dyslexia. *Cortex*.
- Frost, R., & Plaut, D. (2005). The word-frequency database for printed Hebrew. <http://word-freq.msc.huji.ac.il/index.html>
- Girelli, L., & Delazer, M. (1999). Differential effects of verbal paraphasias on calculation. *Brain and Language*, *69*, 361-364.
- Goldrick, M., & Rapp, B. (2007). Lexical and post-lexical phonological representations in spoken production. *Cognition*, *102*, 219-260.
- Graham, K. S., Hodges, J. R., & Patterson, K. (1994). The relationship between comprehension and oral reading in progressive fluent aphasia. *Neuropsychologia*, *32*, 299-316.
- Gvion, A., & Friedmann, N. (2001, July) Surface dyslexia in a deep-orthography language. Presented at the Israeli Association for Literacy 16th SCRIPT conference, Shfayim, Israel.
- Howard, D., & Franklin, S. (1987). Three ways for understanding written words, and their use in two contrasting cases of surface dyslexia. In A. Allport, D. MacKay, W. Prinz & E. Scheerer (Eds.), *Language perception and production: Relationships between listening, speaking, reading and writing* (pp.340-366). London: Academic Press.
- Jackson, N. E., & Coltheart, M. (2001). *Routes to reading success and failure: Toward an integrated cognitive psychology of atypical reading*. (Macquarie Monographs in Cognitive Science). Philadelphia, PA, US: Psychology Press/Taylor and Francis.
- Jescheniak, J. D., & Levelt, W. J. M. (1994). Word frequency effects in speech production: Retrieval of syntactic information and of phonological form. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *20*, 824-843.

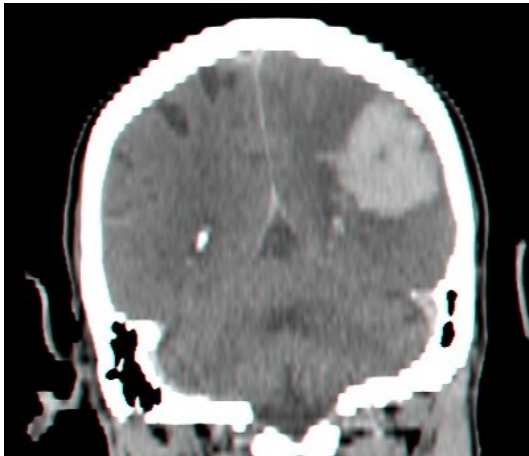
- Job, R., & Sartori, G., (1984). Morphological decomposition: Evidence from crossed phonological dyslexia. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 435-458.
- Kay, J., & Ellis, A. (1987). A cognitive neuropsychological case study of anomia: Implications for psychological models of word retrieval. *Brain*, 110, 613-629.
- Kay, J., & Patterson, K. E. (1985). Routes to meaning in surface dyslexia. In K. E. Patterson, J. C. Marshall & M. Coltheart (Eds.), *Surface dyslexia: Cognitive and neuropsychological studies of phonological reading* (pp. 79-101). London: Erlbaum.
- Kohn, S., & Melvold, J. (2000). Effects of morphological complexity on phonological output deficits in fluent and nonfluent aphasia. *Brain and Language*, 73, 323-346.
- Kucera, H., & Francis, W. (1967). *Computational analysis of present-day American English*. Providence, RI : Brown University Press.
- Laganaro, M. (2005). Syllable frequency effect in speech production: Evidence from aphasia. *Journal of Neurolinguistics*, 18, 221-235.
- Levelt, W. J. M. (1992). Accessing words in speech production: Stages, processes and representations. *Cognition*, 42, 1-22.
- Levelt, W. J. M., Roelofs, A., & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 1-75.
- Lochy, A., Domahs, F., Bartha, L., & Delazer, M. (2004). Specific order impairment in Arabic number writing: A case study. *Cognitive Neuropsychology*, 21, 555-575.
- Marangolo, P., Nasti, M., & Zorzi, M. (2004). Selective impairment for reading numbers and number words: A single case study. *Neuropsychologia*, 42, 997-1006.
- Marangolo, P., Piras, F., & Fias, W. (2005). "I can write seven but I can't say it": A case of domain-specific phonological output deficit for numbers. *Neuropsychologia*, 43, 1177-1188.
- Marshall, J. C., & Newcombe, F. (1973). Patterns of paralexia: A psycholinguistic approach. *Journal of Psycholinguistics Research*, 2, 175-199.
- Marshall, J. C. (1984). Toward a rational taxonomy of the acquired dyslexias. In R. N. Malatesha & H. A. Whitaker (Eds.), *Dyslexia: A global issue* (pp. 211-232). The Hague: Martinus Nijhoff.
- McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, 44, 107-157.
- McCloskey, M., Sokol, S. M., Caramazza, A., & Goodman-Schulman, R. A. (1990). Cognitive representations and processes in number production: Evidence from cases of acquired

- dyscalculia. In Caramazza, Alfonso (Ed), *Cognitive neuropsychology and neurolinguistics: Advances in models of cognitive function and impairment* (pp. 1-32). Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates.
- McCloskey, M., Sokol S. M., & Goodman, A. (1986). Cognitive processes in verbal-number production: Inferences from the performance of brain-damaged subjects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 307-330.
- Morton, J., & Patterson, K. E. (1980). A new attempt at an interpretation or, an attempt at a new interpretation. In M. Coltheart, K. E. Patterson, & J. C. Marshall (Eds.), *Deep dyslexia*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Nickels, L. (1997). *Spoken word production and its breakdown in aphasia*. Hove: Psychology Press.
- Nickels, L., & Howard, D. (2004). Dissociating effects of number of phonemes, number of syllables, and syllabic complexity on word production in aphasia: It's the number of phonemes that count. *Cognitive Neuropsychology*, 21, 57-78.
- Patterson, K. E., Marshall, J. C., & Coltheart, M. (1985). *Surface dyslexia*. London: Erlbaum.
- Power, R., & Dal Martello, M. F. (1990). The dictation of Italian numerals. *Language and Cognitive Processes*, 5, 237-254.
- Roelofs, A. (2003). Shared phonological encoding processes and representations of languages in bilingual speakers. *Language and Cognitive Processes*, 18, 175-204.
- Semenza, C., Bencini, G. M. L., Bertella, L., Mori, I., Pignatti, R., Ceriani, F., Cherrick, D., & Caldognetto, E. M. (2007). A dedicated neural mechanism for vowel selection: A case of relative vowel deficit sparing the number lexicon. *Neuropsychologia*, 45, 425-430.
- Shallice, T., Rumiati, R., & Zadini, A. (2000). The selective impairment of the phonological output buffer. *Cognitive Neuropsychology*, 17, 517-546.
- Shallice, T., & Warrington, E. K. (1980). Single and multiple component central dyslexic syndromes. In M. Coltheart, E. K. Patterson, & J. C. Marshall (Eds.), *Deep Dyslexia*. London: Routledge and Kegan Paul.

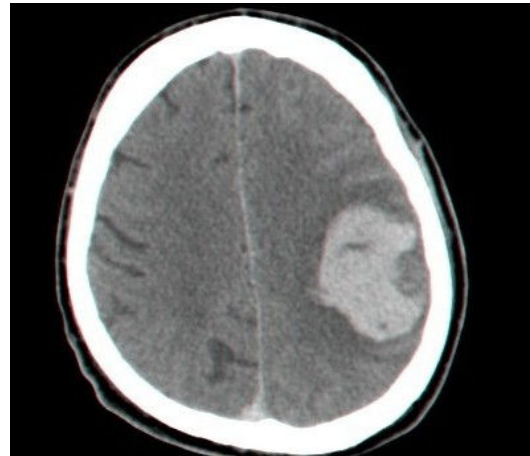
## נספח : צילומי CT

שמאל

Axial



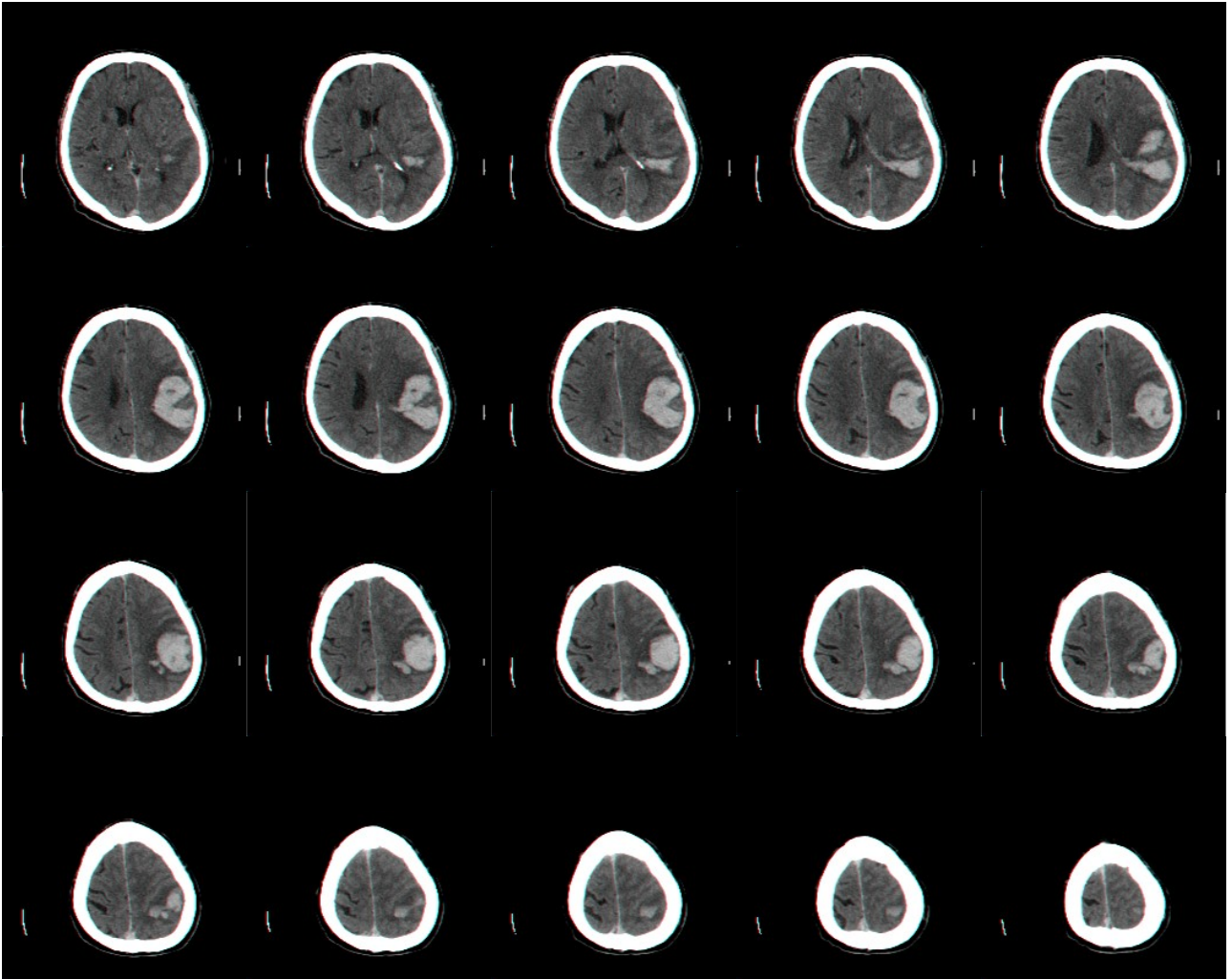
Sagittal



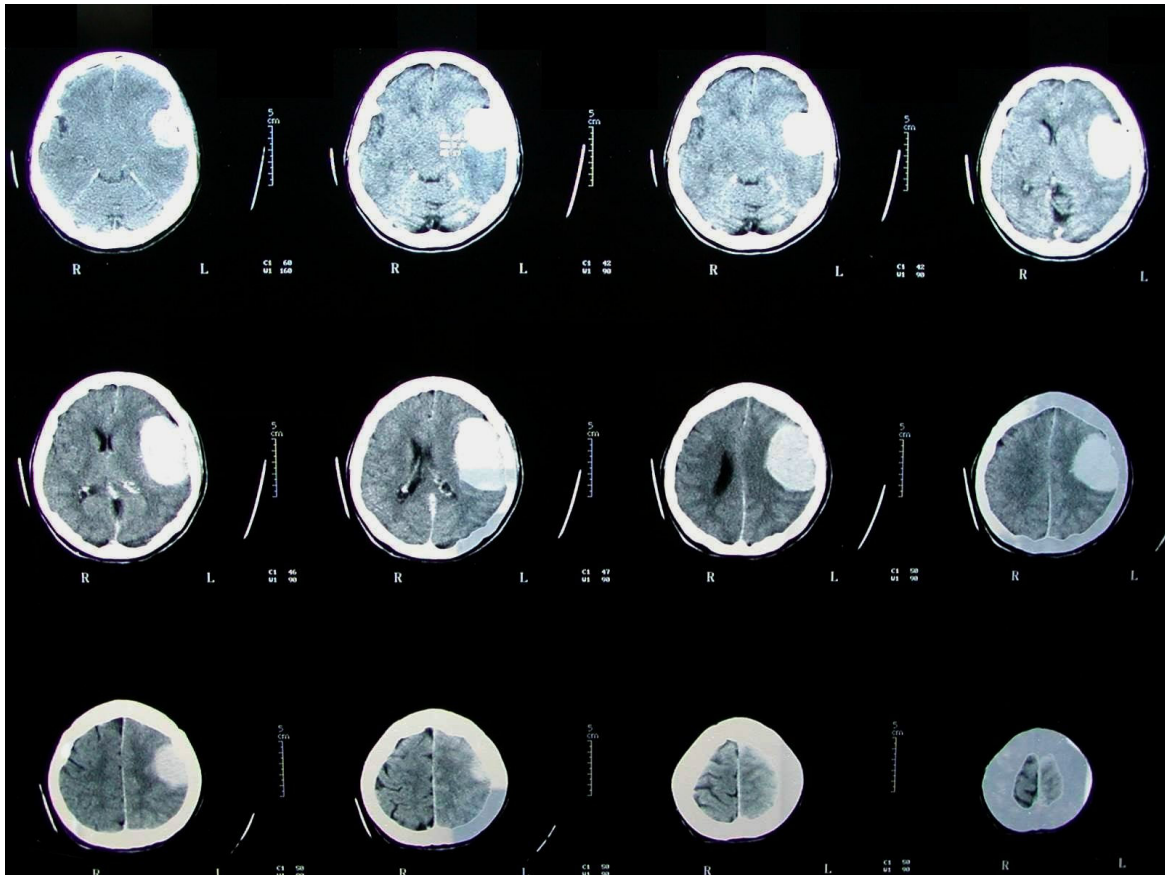
Coronal



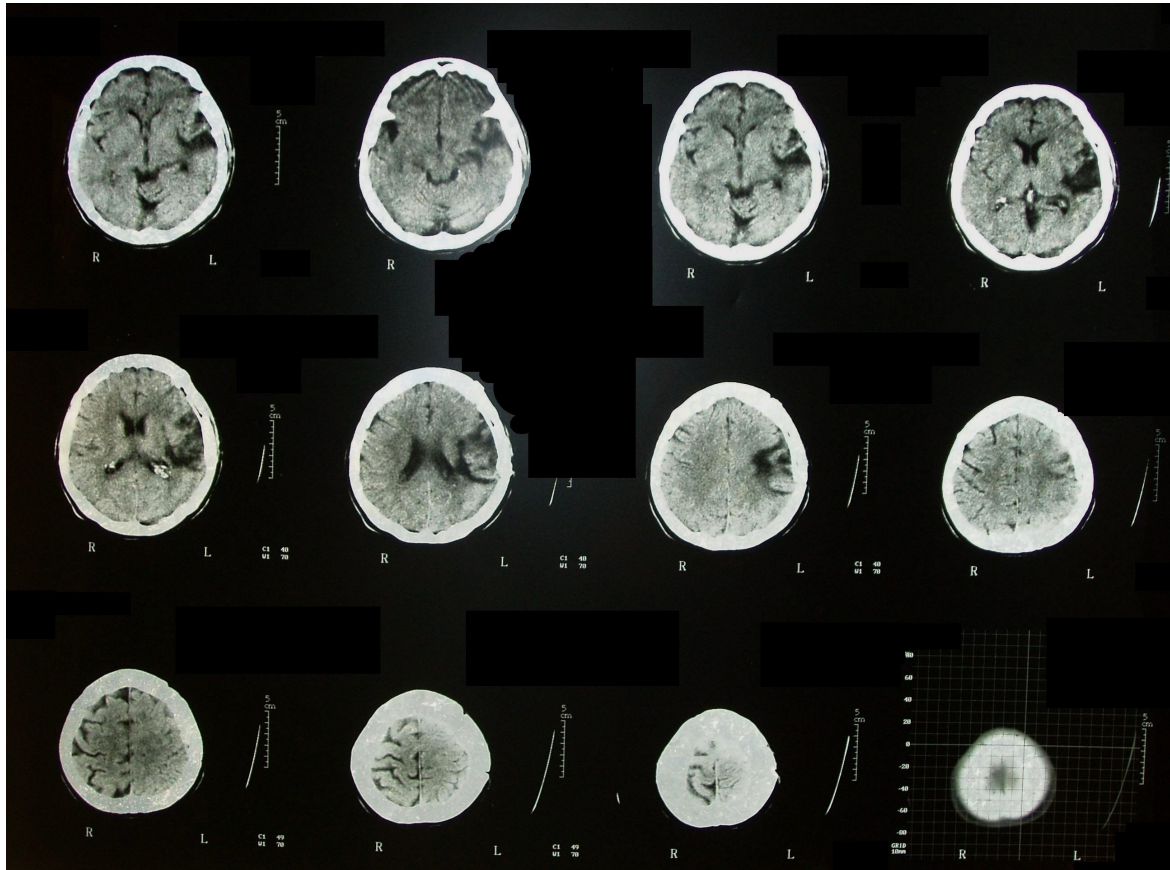
שמואל - המשך

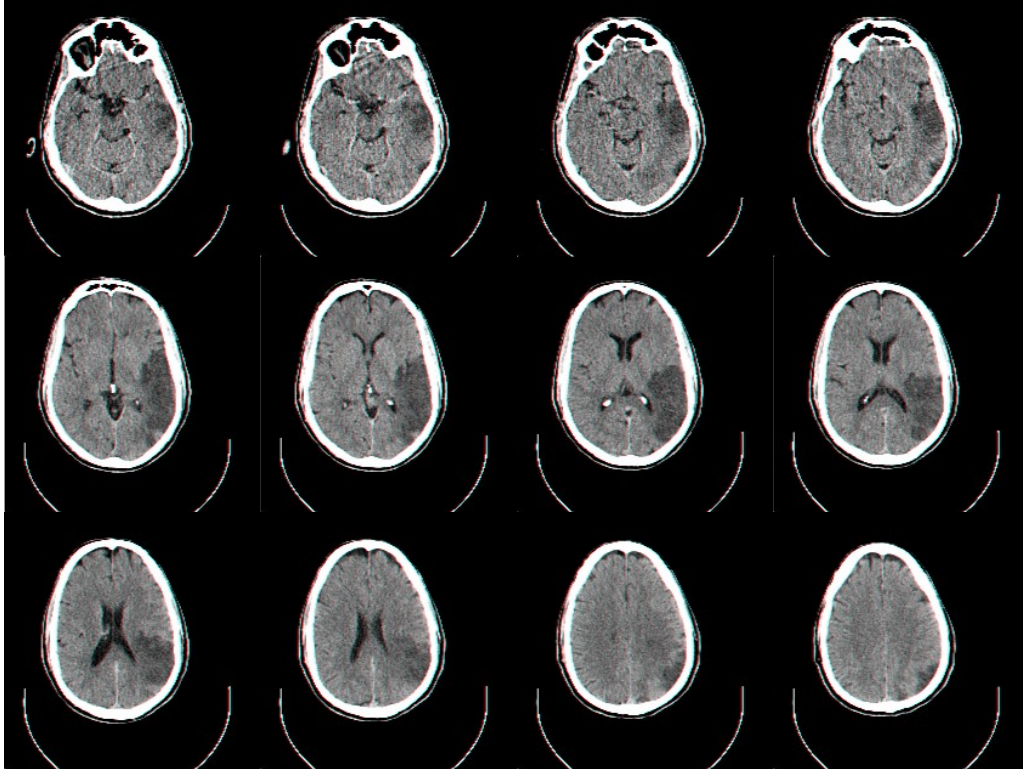


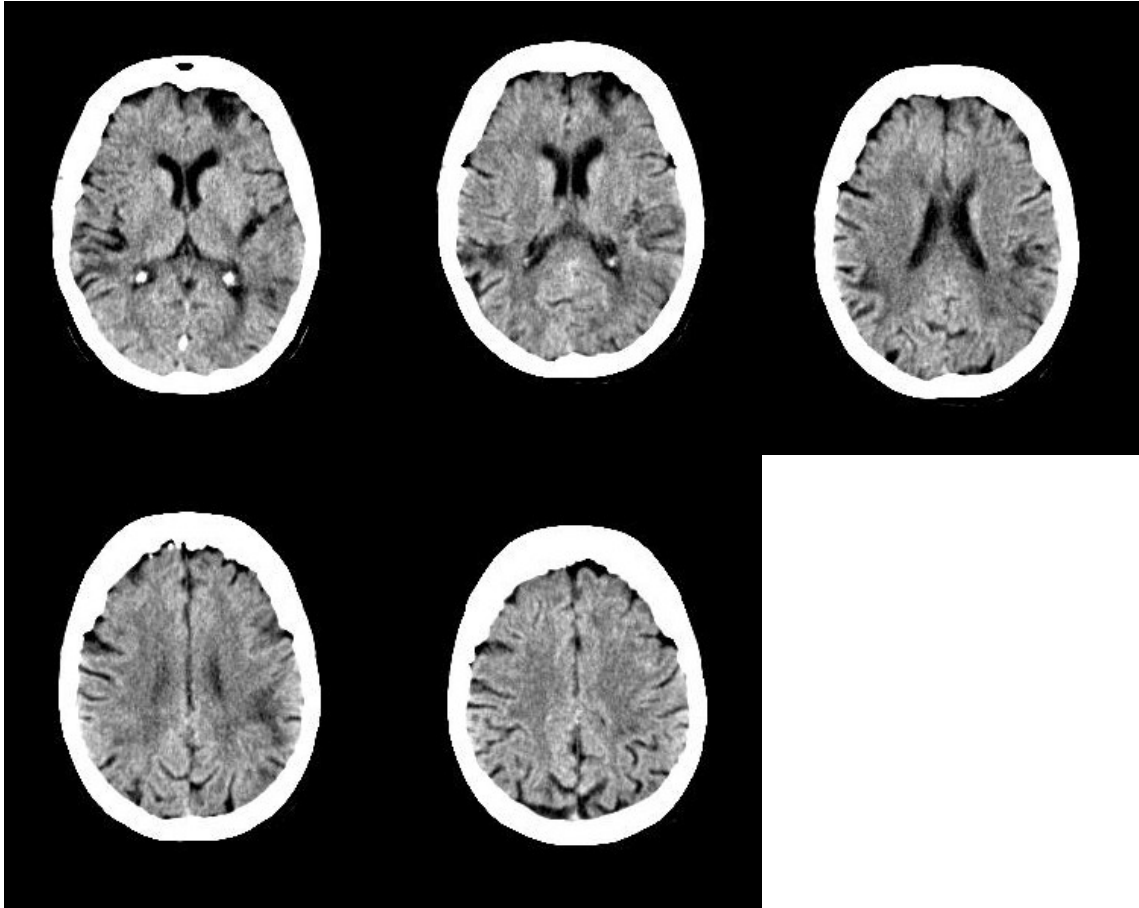
לפני הסרת הגידול



אחרי הסרת הגידול









Tel Aviv University  
The Jaime and Joan Constantiner  
School of Education  
Department of Developmental Aspects in Education

**From Seven Dwarfs to Four Wolves:  
Differences in the Processing of  
Number Words and Other Words**

Thesis Submitted for the MA Degree of Humanities  
Program in Special Education

by  
Dror Dotan

This study was conducted under the guidance of Prof. Naama Friedmann

October 18, 2007