

# רשימת מילים בעלות תדר גבוה בשפה העברית<sup>1</sup>

עבודתה של יונה יהודית (דיתה)

## הקדמה

מבחיני הדיסקרימינציה Phonetically Balanced (P.B.) הקיימים, משמשים בבדיקות השמיעה השגרתיות לאבחון שמיעתי וכן להערכת מכשירי שמיעה. מטרתם "לנבא בתנאי קליניקה את יכולתו התקשורתית של הפרט בחברה באמצעות דיבור" Goetzinger (ב-1972 Katz).

הניסיון הקליני מלמד, שבמקרים רבים, המבחנים הקיימים, אינם משקפים את היכולת התקשורתית באופן מלא.

אציין שני מקרים שכיחים:

א. בליקוי שמיעה מסוג High Tone Loss (H.T.L.) שבו הנבדקים נותנים, לעיתים, תוצאות במבחן הדיסקרימינציה בתחום הנורמה למרות תלונתם על קשיי הבנת דיבור בחיי היום יום.

ב. בהערכת מכשירי שמיעה, כאשר אין הבדל בתוצאות מבחן הדיסקרימינציה בין המכשירים השונים, למרות שבדיקות נוספות ו/או תחושה סובייקטיבית של הנבדק מעידות על קיום הבדל.

הסבר אפשרי לתופעות הללו נעוץ ביותרות גבוהה יחסית של מבחיני הדיסקרימינציה P.B.

בהערכת מכשירי שמיעה, נמצא פתרון לבעיה באמצעות הוספת רעש רקע מבוקר (כדוגמת Cafeteria Noise) בעת בדיקת הדיסקרימינציה. הרעש הנלווה, יוצר מצב שמיעה קשה יותר ומבליט את יתרונו של מכשיר השמיעה היעיל יותר לנבדק.

הצורך במבחן דיסקרימינציה נוסף, שישלים את האינפורמציה המושגת באמצעות רשימות P.B., הביא לפתוח רשימות מילים בעלות תדר גבוה High Frequency List (H.F.L.) בשפה האנגלית כגון אלו של Gardner (1971) או Pascoe (1975).

רשימת H.F.L. כוללת מילים חד הברתיות בעלות רמזים אקוסטיים המתרכזים בעיקר בספקטרום התדרים הגבוה. ממחקרם של Lawrence & Byers (1969) ו-Owens et al (1972) עולה כי הגאים המכילים אנרגיה אקוסטית גדולה בספקטרום התדרים הגבוה קשים לזיהוי ע"י נבדקים הסובלים מ-H.T.L.

Pascoe (1975) מצא, שבבחירת עקומת הגברה (Frequency Gain Response) של מכשיר שמיעה, יעילותה של רשימת תדר גבוה באנגלית שהושמעה בתנאי שקט, זהה ליעילותה של רשימת דיסקרימינציה P.B. באנגלית שהושמעה בתנאי רעש.

בעבודה זו, מוצגת רשימת מילים עבריות בעלות תדר גבוה High Frequency List (H.F.L.). שחברה על ידי כמבחן מילים בעבודת גמר<sup>2</sup> לקראת התואר מוסמך להפרעות בתקשורת שהגשתי בשנת 1983. בעבודה הגמר, רשימת המילים תוקננה באמצעות "מכשיר שמיעה ניסיוני". בעבודה זו הרשימה תוקננה תוך שימוש באוזניות, דבר הנחוץ לשימושה הקליני.

<sup>1</sup> העבודה פורסמה בכתב העת דש של אגודת קלינאי התקשורת, כרך 13, 1986.

<sup>2</sup> נושא עבודת הגמר - "השפעת יחסי ההגברה השונים בין התדרים, על תפיסת מילים מרשימת תדר גבוה בעברית, על ידי נבדקים הסובלים מליקוי בשמיעה המתרכז בספקטרום התדרים הגבוה". העבודה הוכנה בהנחייתו של פרופ' מ. ברגמן.

רשימת H.F.L. נמצאה בשימוש מספר שנים בביה"ח בילינסון. הניסיון הקליני שנצבר בתקופה זו הוכיח את יעילותה של הרשימה במקרים של ליקוי שמיעה מסוג High Tone Loss (H.T.L.) ובהתאמות מכשירי שמיעה.

### רשימת מילים בעלות תדר גבוה והקריטריונים המנחים בבחירת המילים

רשימת H.F.L. בעברית הורכבה בהסתמך על עבודותיו של מר אשר לאופר (1977 ו-1978), שערך תיאור ספקטוגרמי של כל ההגאים והתנועות בעברית כשהם נתונים במשפטים בעלי משמעות.

להלן רשימת H.F.L.:

שָׁל	שָׂיא	צָלִיל	שָׁן	צָרִיף
צָל	סִין	טִיט	תָּן	גִּיפּ <sup>(1)</sup>
זִין	זִין	תִּיק	פְּתִיל	סְקִי <sup>(1)</sup>
זִיז	צָא	טִיל	פְּתִיל	צִיק <sup>(1)</sup>
זִיק	תָּה	שָׂד	רִיס	צִיפּס <sup>(1)</sup>
צִיד	שָׂה	פִּד	כִּיס	גִּיד
שִׂיר	זֵה	חָץ	סָנָה	גִּיץ
כֶּס <sup>(2)</sup>	זֵד	קָץ	שָׂדָה <sup>(2)</sup>	יֵשׁ
סִיד	זֵר	לָץ	חִישׁ	שָׂתָה
סִיג <sup>(2)</sup>	סְלִיל	נָץ	סְטִק <sup>(1)</sup>	גָּז

1. מילים לועזיות הרווחות בשפה העברית היומיומית שנבחרו כדי לבדוק את יכולת שמיעת המכוכים (dz ts) והצירורים (st sk).

2. הנבדק ציפה למילים אלו בסמיכות כי לפני הבדיקה הוא קרא את הרשימה בקול.

הרשימה מורכבת מ-50 מילים חד הברתיות המקיימות:

א.  $F_2^3, F_3^4$  ותדירות הרעש של העיצורים והמחוכים גבוהים: עיצורים (t d s S Z) ומחוכים (dz ts ts).

ב. בעלות שתי תנועות (e i) שה-  $F_2^5$  שלהם הינו הגבוה ביותר וההפרש בין  $F_2$  ל- $F_1$  הינו הגדול ביותר בהשוואה ליתר התנועות.

השימוש בשתי תנועות בלבד נעשה על מנת להדגיש את משקל העיצורים בזיהוי הנכון של המילים. Lawrence & Byers (1969) מצאו, לגבי נבדקים הסובלים מ H.T.L., כי הרמזים האקוסטיים של מעברי  $F_2$  בתנועות (e i) מנוצלים במידה פחותה בהשוואה לתנועות (u o).

<sup>3</sup>  $F_2$  גבוה בטווח התדרים Hz 1600 – 1840 (לאופר 1978)

<sup>4</sup>  $F_3$  גבוה בטווח תדרים Hz 2550 – 2790 (לאופר 1978)

<sup>5</sup>  $F_2$  של (i) באנגלית Hz 2000 (Lieberman 1972) ובעברית Hz 2580 (לאופר 1978).

$F_2$  של (e) באנגלית Hz 1900 (Lieberman 1972)

טווחי התדירויות של  $F_2$  ו- $F_3$  המוצגים לעיל תלויים בהרכב האקוסטי של המשפט והשפה. לכן יכולים לחול שינויים בתדרים המוצגים כאן.

בכל מילה ברשימה מופיע לפחות עיצור או מחוכך אחד מהמצוין מעלה ב- א'. בנוסף נעשה שימוש בעיצורים ( x l g k ) , ( n r ) , ש- F2 או F3 שלהם – גבוהים, וכן בעיצורים ( p f ) שצוינו בעבודתו של Gardner (1971) כקשים לתפיסה לאנשים הסובלים מליקוי בשמיעה בתדרים גבוהים מ- 1000 Hz .  
שכיחות הופעתם ברשימה שהורכבה, של העיצורים הנוספים שאינם כלולים ב א', הינה נמוכה יחסית.  
70 אחוז מהמילים ברשימה הינן נוגדות ולכל אחת מהן 4 – 2 מילים דומות (כמו: חק, נק, קק, לק).

רשימת המילים שהורכבה על פי הקריטריונים שצוינו אינה יכולה להיות רשימת P.B. כיוון שאינה כוללת את כל העיצורים והתנועות בשפה העברית.

## הקלטת רשימת המילים

ההקלטה נערכה עם קול גברי וקול נשי, הקריינים ישראלים, לא מיומנים בעלי קול והיגוי תקינים. בעת ההקלטה הקריין/קריינית ישב/ישבה בחדר אטום<sup>6</sup> במרחק של 30 ס"מ מהמיקרופון<sup>7</sup> והשתדל/ה להשקיע מידה שווה של מאמץ קולי.

אדם נוסף עקב אחר משגוח (V – U – METER) רשם קול<sup>8</sup> לוודא שאין חריגות בעוצמת הקול בעת ההקלטה. המילים מרשימת תדר גבוה הוקלטו בסוף משפט ("נא לרשום...") בכדי להקל על הקריין לשלוט על עוצמת קולו. ניתנה הפסקה בת 4 שניות בין משפט למשפט, על מנת לאפשר למאזין לכתוב את המילה ששמע. תגובת הנבדק ניתנה בכתב על מנת למנוע טעויות בזיהויה ע"י הבודק.

4 קבוצות המילים הוקלטו עם קול גברי וקול נשי. ה- Dynamic Range של ההקלטה (היחס בין דיבור לרעש הרקע של המערכת) הינו 38.5 dB .

## הנבדקים

אוכלוסיית הנבדקים כללה שתי קבוצות:

בקבוצה אחת 30 נבדקים (24 נשים, 6 גברים) בעלי שמיעה תקינה בגיל 25-30 שנה. סף שמיעתם 0 – 10 dB H.L. בטווח תדרים 250 – 8000 Hz ובעלי דיסקרימינציה P.B. ממוצעת % 100 = x. לנבדקים לא הייתה היסטוריה של דלקות אוזניים. נבדקה אוזן אחת לכל נבדק (15 שמאליות, 15 ימניות).

בקבוצה השנייה 10 נבדקים (4 נשים, 6 גברים) בגיל 25 – 38 שנה, בעלי ליקוי שמיעה סנסורי נאורלי מסוג H.T.L. כולם (פרט לאחד (שהליקוי אצלו חד צדדי) התלוננו על קשיים תקשורתיים חמורים בחיי היום יום למרות שהבנת הדיבור כפי שנבדקה במבחן הדיסקרימינציה P.B. הייתה בתחום הנורמה (90% - 100%).

<sup>6</sup> I/A C 1200 – A SERIES

<sup>7</sup> Direction Mic עם Frequency Res. של 15,000 – 50 Hz.

<sup>8</sup> Sony Tc K2 A

## אופן הבדיקה

מרשימת המילים H.F.L. הכוללת, כאמור, 50 מילים, הוכנו 4 רשימות מילים. כל רשימה מכילה את כל המילים אך סדר הופעתן שונה אקראית. השימוש ב- 4 רשימות אלה באותה בדיקה, נועד לאפשר ביצוע בדיקות חוזרות תוך שמירה על אחידות ברמת הקושי.

הרשימה הוצגה לנבדק לפני הבדיקה. הצגה מוקדמת זו מבטלת את השפעת שכיחותן של המילים הללו בשפה (Pollack et al 1959). בנוסף, ההכרות של הנבדק עם המילים לפני הבדיקה, מפחיתה את השפעת הלמידה בהצגה חוזרת של הרשימה (Skinner 1980).

התקנון תחת אוזניות<sup>9</sup> נערך על הנבדקים בעלי השמיעה התקינה עם קול גברי ועם קול נשי. עוצמת הגשת רשימת המילים הייתה 35 – 40 dB S.L. בעת הבדיקה משגוח האודיומטר<sup>10</sup> כוון ל- 10 dB על מנת למנוע עיוותים. בדיקת קבוצת ליקויי השמיעה בוצעה באופן דומה אך עם קול גברי בלבד. יצוין שעוצמת הגשת רשימת H.F.L. הייתה זהה לעוצמת הגשת רשימת P.B. ושתייהן ניתנו בעוצמה הנוחה ביותר לנבדק (M.C.L.).

## תוצאות ודין

בתקנון רשימת מילים תדר גבוה על 30 נבדקים (אוזן אחת מכל נבדק) בעלי שמיעה תקינה תחת אוזניות התקבלו התוצאות הבאות:

ממוצע התגובות הנכונות בבדיקה עם קול גברי  $X_M = 96.38\%$  ובבדיקה עם קול נשי  $X_F = 96.44\%$  וסטיית התקן  $SX_M = 4.01\%$  ו-  $SX_F = 3.18\%$ , בהתאמה.

ברמת בטחון של 95% ניתן לאמוד את תוחלת האוכלוסייה בבדיקה עם קול גברי  $XM = 96.38\%$  ועם קול נשי  $XF = 97.44\%$  והשגיאה שנעשה לא תעלה על 2.1% ו- 1.6%, בהתאמה.

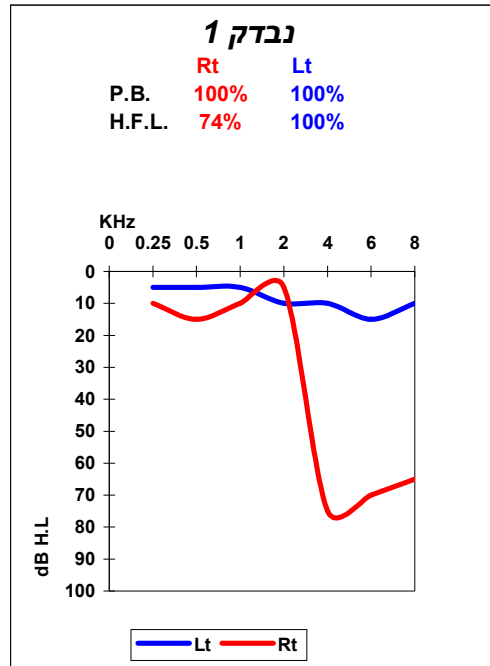
במבחן t שבוצע לא נמצא הבדל משמעותי מבחינה סטטיסטית בין תוצאות הבדיקה עם קול נשי לבין תוצאות הבדיקה עם קול גברי.

בבדיקה של 10 נבדקים (19 אוזניים), בעלי ליקוי שמיעה מסוג H.T.L. (עם קול גברי), התקבלו התוצאות הבאות:

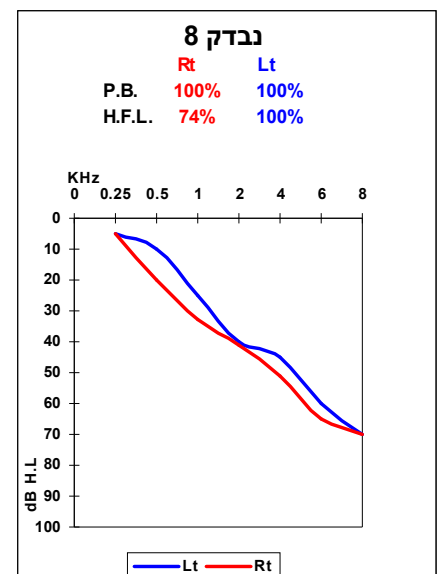
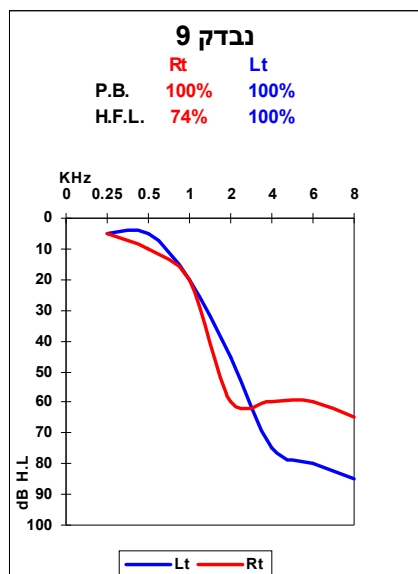
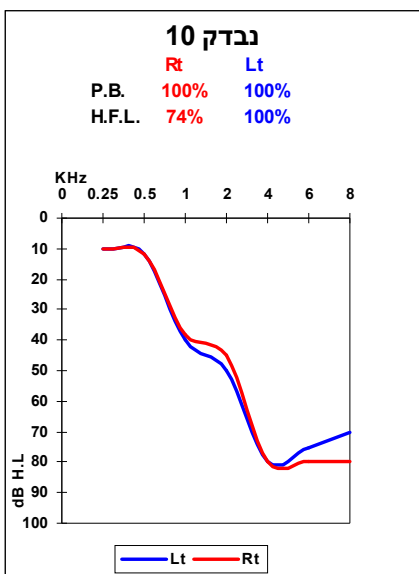
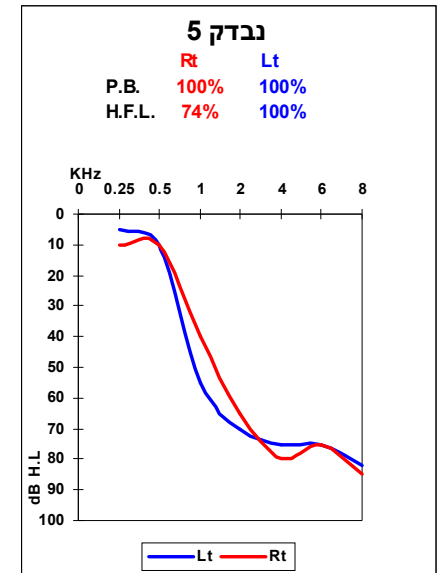
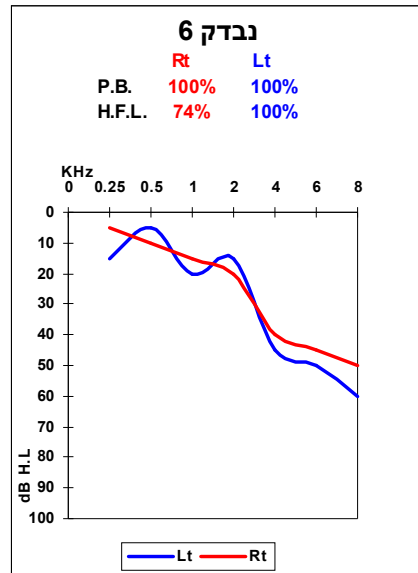
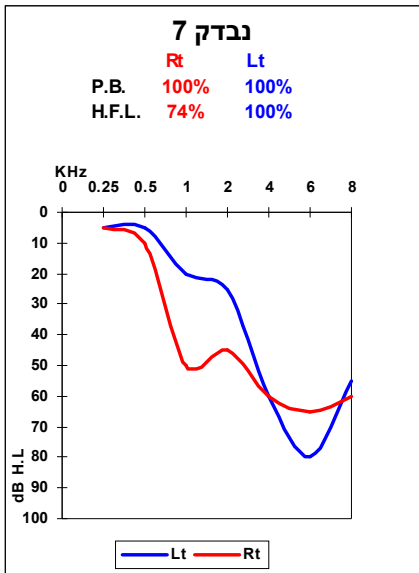
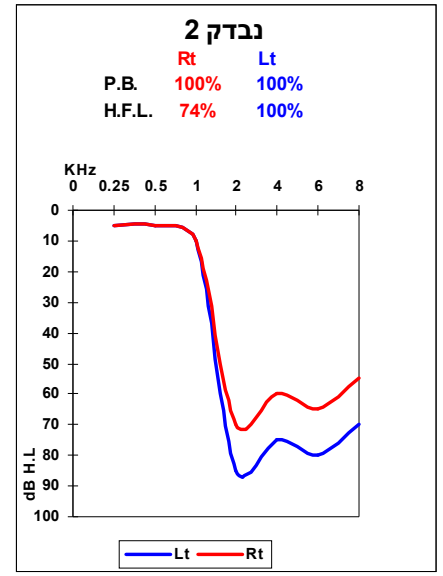
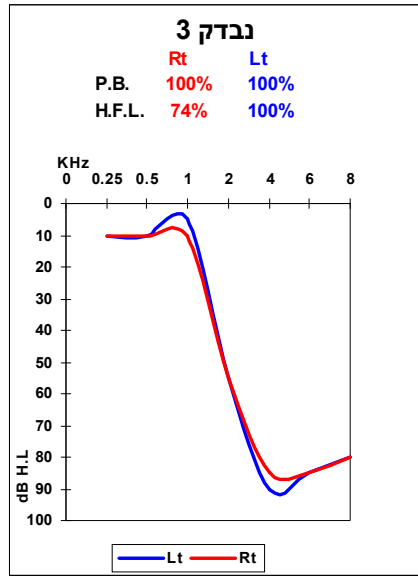
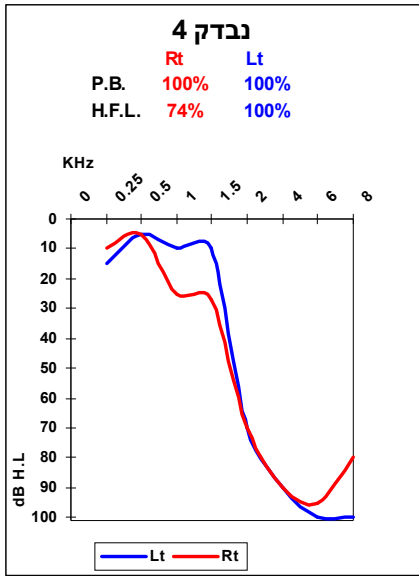
עם רשימת H.F.L. ממוצע תגובות נכונות  $XM = 66.63\%$  וסטיית התקן  $SXM = 8.81\%$  עם רשימת P.B. ממוצע תגובות נכונות  $XM = 94.40\%$  וסטיית תקן  $SXM = 3.77\%$ .

במבחן t נמצא שהתוצאה הממוצעת של קבוצת המחקר בבדיקה עם רשימת H.F.L. נמוכה באופן משמעותי ( $P < 0.01$ ) בהשוואה לתוצאה הממוצעת בבדיקה עם רשימת P.B.

בתרשים מס' 1 מוצגות עקומות השמיעה (בהולכה דרך אוויר) של כל אחד מ-10 הנבדקים בעלי ליקוי בשמיעה מסוג H.T.L. . עבור כל נבדק ולכל אופן מוצגות תוצאות הבדיקות עם רשימת מילים P.B. ורשימת H.F.L. ניתן לראות שבבדיקה עם רשימת H.F.L. התקבלו תוצאות דיסקרימינציה המעידות על קיום קשיים תקשורתיים עליהם מתלונן הנבדק. תופעה זו אינה מתרחשת בבדיקה עם רשימת P.B. התוצאות שהתקבלו מנבדק מס' 1 מבליטות את חשיבות הבדיקה עם רשימת H.F.L. שכן בבדיקה עם רשימת P.B. לא נמצא הבדל בתוצאות בין האופן התקינה לבין האופן בעלת הליקוי בשמיעה מסוג H.T.L. (100%).



אצל נבדק מס' 3 הליקוי מתחיל בתדר גבוה יחסית לנבדקים 7 ו-10 (2000 Hz לעומת 750 Hz, בהתאמה) ולמרות זאת הוא מקבל דיסקרימינציה נמוכה יחסית ברשימת H.F.L. (54% - 50% לעומת 80% - 70%, בהתאמה). הסבר אפשרי לכך נעוץ ביכולת הניצול של הרמזים האקוסטיים שאינה קשורה בהכרח לתדר בו הליקוי בשמיעה מתחיל. תוצאות הדיסקרימינציה של נבדקים 7 ו-10 טובות יותר למרות שלרשותם עומדים פחות רמזים אקוסטיים בטווח התדרים 2000 – 750, יתכן עקב יכולתם לנצל רמזים אלו בצורה יעילה יותר בהשוואה לנבדק מס' 3.

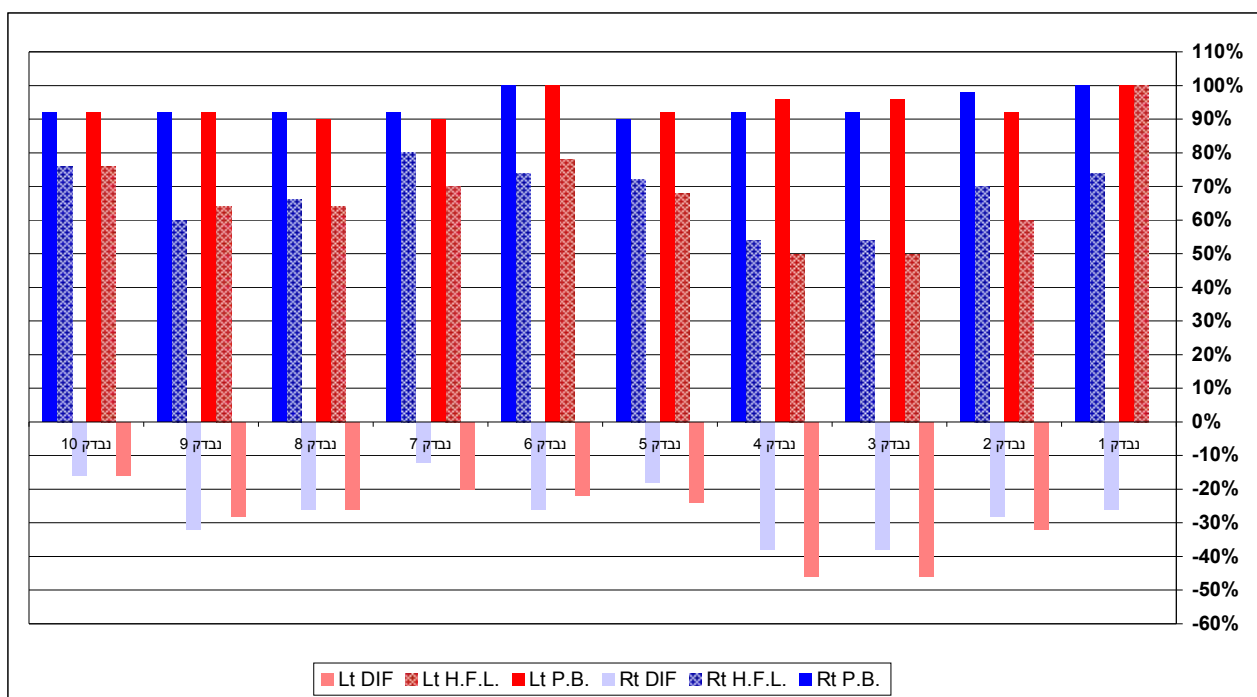


חלק עליון: מציג את תוצאות שני מבחני הדיסקרימינציה (רשימת P.B. ורשימת H.F.L.) באחוזים. לגבי כל נבדק שתי עקומות שמאליות מייצגות את תוצאות אוחן ימין ושתי עקומות ימניות מייצגות את אוחן שמאל.

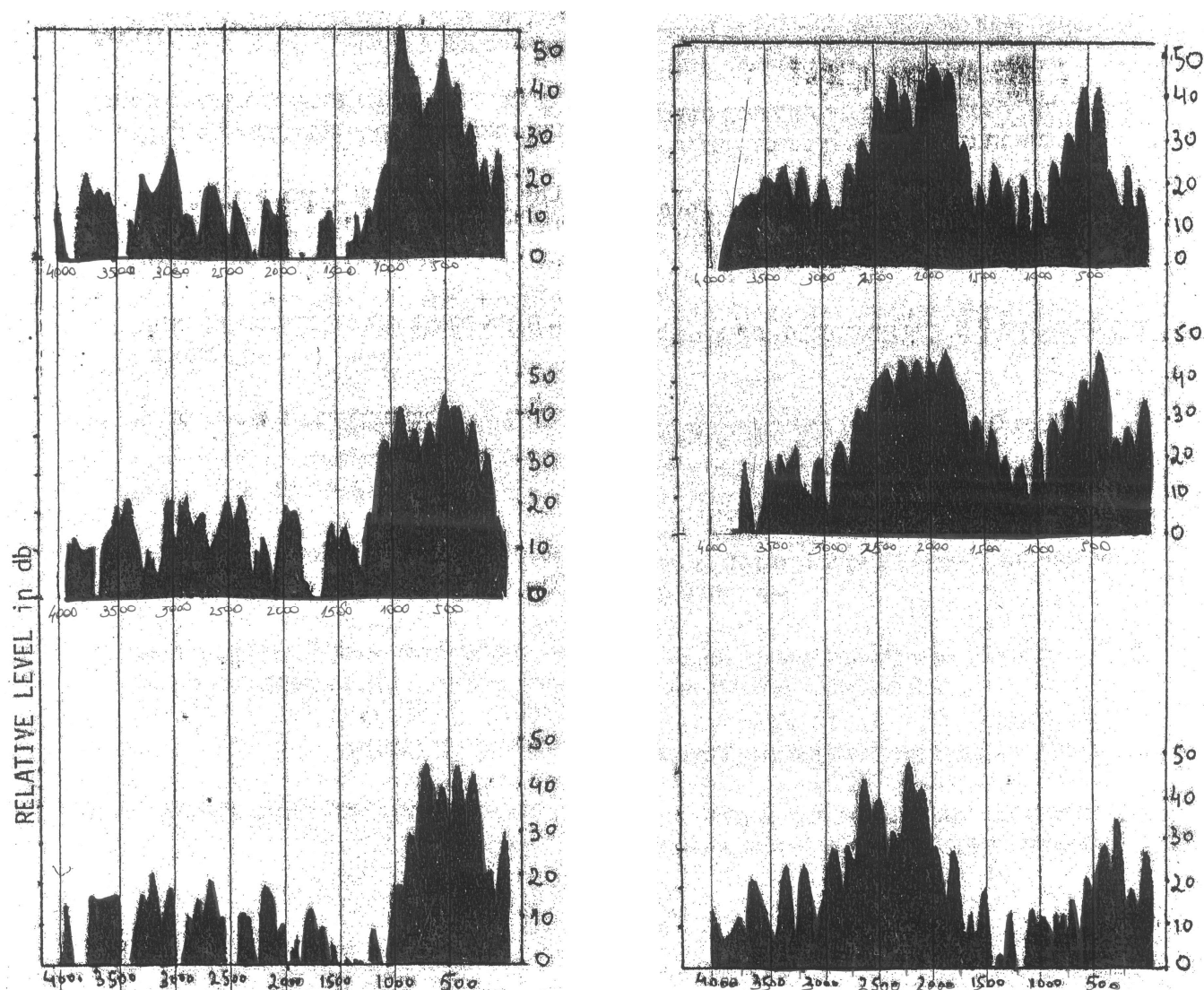
חלק תחתון: מציג את הפרשי התוצאות בין שני מבחנים אלו באחוזים לגבי כל אוחן.

מתוצאות תרשים מס' 2 עולה, שלא כצפוי, ההפרש בתוצאות שני המבחנים אינו קטן ככל שהליקוי בשמיעה מתחיל בתדר גבוה יותר. ההפרש בתוצאות שני המבחנים אצל נבדקים 7 ו-10 קטן ביחס לנבדקים 3 ו-4, למרות שאצל האחרונים הליקוי בשמיעה מתחיל בתדר גבוה יותר (750 Hz לעומת 2000 – 1500 Hz, בהתאמה).

הדיון בתרשימים 1 ו-2 הינו ספציפי לנבדקים הכלולים בקבוצת ליקויי השמיעה שבמחקר.



בתרשים מס' 3 מוצגות תוצאות ב- Power Spectrum <sup>11</sup> של שלוש מילים מקריות מרשימת H.F.L. (סין, שה, כס) ושלוש מילים מקריות מרשימת דיסקרימינציה P.B. (חום, דב, פה) שהוקלטו עם קול גברי.



מ'רשים מס' 3 ניתן להבחין בבירור שבספקטרום התדרים הגבוה 3000 – 1500 Hz, המילים הכלולות ברשימת H.F.L. מכילות אנרגיה גדולה יותר בהשוואה למילים הכלולות ברשימת דיסקרימינציה P.B. בטווח התדרים הנמוך יותר 1100 – 500 קיימת הנחתה גדולה באנרגיה האקוסטית של מילים מרשימת H.F.L. בהשוואה לזו המוצגת במילים מרשימת דיסקרימינציה P.B. ניתן להבחין כי בתדרים הנמוכים מ- 400 Hz קיימת רמת אנרגיה אקוסטית כמעט זהה בשתי הרשימות.

תוצאות כמעט זהות, לאלו המוצגות בתרשים זה, התקבלו ב- Power Spectrum כשהמילים הוקלטו עם קול נשי.

<sup>11</sup> Kay Digital Sona – Graph Model 7800 של Kay.

האנרגיה האקוסטית הגדולה, בטווח התדרים 1000 – 500 Hz במילים מרשימת דיסקרימינציה P.B. נותנות יותרות מספיק גדולה המאפשרת ככל הנראה, לנבדקים הסובלים מ-H.T.L. לזהות במקרים רבים את המילים.

Lieberman (1957) מציין כי תוצאות מחקרים עם דיבור סינטטי מעידות על קיום רמזים אקוסטיים סימולטאניים מרובים בספקטרום הדיבור המאפשרים לזהות קולות דיבור. בהתבסס על העובדה שברשימת H.F.L. קיימות רק שתי תנועות ולאור המוצג בתרשים מס' 3 ניתן להניח שזיהוי המילים ברשימה זו מתבסס ברובו על רמזים אקוסטיים המיוצגים בספקטרום התדרים הגבוה 3000 – 1500 Hz. קביעה זו אינה שוללת קיום רמזים אקוסטיים נוספים כמו: רוחב טווח, רמזים טמפורליים (כגון משך) ועוד... העשויים לסייע בזיהוי המילים. גם במידה וקיימים רמזים כאלה אפקטיביות הרשימה נשמרת.

## סיכום

- רשימת מילים H.F.L. נותנת אינפורמציה נוספת המשקפת את מצבו השמיעתי של הנבדק. מומלץ להשתמש בה לאחר קבלת תוצאות מבחן הדיסקרימינציה P.B. במקרים הבאים:
- א. ליקוי בשמיעה מסוג H.T.L. ושל נבדקים בעלי שמיעה תקינה המתלוננים על קשיים תקשורתיים בחיי היום יום. כאשר הדיסקרימינציה P.B. מתקבלת אצל שניהם בתחום הנורמה.
  - ב. בהערכת מכשירי שמיעה כאשר אין הבדל בתוצאות הדיסקרימינציה P.B. בין המכשירים השונים.
  - ג. באימוני שמיעה בשלבים של תירגול דיסקרימינציה עדינה (Fine Discrimination).
  - ד. בהערכת מועמדות לשתל קוכלארי במבוגרים פוסט לינגואלים.

בתחילת שנת 2007 התחלתי לבדוק את יעילותה של רשימת H.F.L. בהערכת תפקודם השמיעתי של נבדקים שעברו שתל קוכלארי בבית החולים שניידר ואת יעילותה בקביעת אסטרטגיית המיפוי והקצב האופטימליים למושתל.

אוכלוסיית הנבדקים, כוללת עד כה, מושתלים בעלי יכולת לבצע את בדיקת הדיסקרימינציה P.B. בשדה חופשי בעוצמה של 55 dB H.L., בטווח הגלאים 83 – 14 ומרכיבים שתל קוכלארי בטווח שבין 3 חודשים לשש שנים.

## ביבליוגרפיה

1. Gardner, H.J. Application of a high frequency consonant discrimination word list in hearing aid evaluation. **J.Speech Hear. Disord**, 36:354-355, 1971.
2. Katz,J. **Handbook of Clinical Audiology**. The Williams Wilkins co. Baltimore, 1972.
3. Lawrence,D.L., and Byers, V.W. Identification of voiceless fricative by high frequency hearing impaired listeners. **J.Speech Hear.Res.** 12.426-434,1969.
4. Lieberman, A.M. Some Results of research on speech perception. **J.Acoust. Soc.Amer.** 29.117-123,1957.
5. Lieberman, P. Speech acoustic and perception. The Bobbs-merrill studies in commuicative disorders, 1972.
6. Ownes, E., Benedict, M., and Schubert, E.D. Consonant phonemic errors associated with pure tone configuration and certain kinds of hearing impairment. **J.Speech Hear.Res.**15:308-322, 1972.
7. Pascoe, D.P. Frequency responses of hearing aids and thier effects on the speech perception of hearing impaired subjects. *An . Otol. Rhinol. Laryngology.* 84, 23 (Suppl.):3-40, 1975.
8. Pollack, L., Rubenstein, H., and Decker, C. Intelligibility of known and unknown massage sets. **J. Acous. Soc. Am.** 31. 273-279, 1959.
9. Skinner M.W. speech intelligibility in noise induce hearing loss; Effects of high frequency compensation. . **J. Acous. Soc. Am.** 67; 306-317, 1980.

10. לאופר, א.: תאור פונטי של תנועות. לשוננו מ"א 117-143 , 1977.

11. לאופר, א.: תאור פונטי של עיצורים בעברית. עבודה שנערכה מטעם האוניברסיטה העברית בירושלים, 1978 (תקשורת אישית).