



טכנולוגיות מתקדמות במכשירי השמיעה

ד"ר רפי שמש, אודיולוג (PhD)

החוג להפרעות בתקשורת, אוניברסיטת חיפה

מבוא

השמיעה מאפשרת לנו לשמור על קשר עם הסביבה על ידי ניהול שיחה, זיהוי של אדם או סכנה מתקרבת, הכרת הסביבה בה אנו נמצאים ושמירה על קשר מתמשך עם סביבתנו גם בעיניים עצומות ובזמן השינה. שמיעה לקויה היא אחד הנזקים הגופניים השכיחים ביותר בעולם של ימינו. ירידה בחוש השמיעה מתחילה במהלך הבגרות המוקדמת ונמשכת, בחומרה זו או אחרת, כחלק מההזדקנות הטבעית. ל-16% מכלל המבוגרים ולמעלה משליש מקרב האנשים מעל גיל 60 יש אובדן שמיעה קל או יותר. ומעל גיל 80 ישנם שניים מתוך שלושה עם לקות בשמיעה. השכיחות של לקויי שמיעה אצל גברים מעט גבוהה מאשר אצל נשים בעיקר בתחום התדירויות הגבוה.

הירידה בשמיעה משפיעה על היחיד ועל התפתחותו במכלול היבטים: התפתחות השפה והדיבור, איכות התקשורת, קוגניציה ולמידה, התפתחות אמוציונאלית-רגשית והתפתחות חברתית. שמיעה תקינה היא חיונית להתפתחות השפה והדיבור, כל פגיעה במערכת השמיעה, אפילו פגיעה קלה, כמו למשל הצטברות נוזלים באוזן התיכונה אצל תינוקות, לפי מחקרים, עלולה ליצור קושי בתהליך של רכישת שפה והפקת דיבור. ככל שמאחרים את ההפרעה בשמיעה מאוחר יותר - השפעותיה תהיינה קשות יותר. שנות החיים הראשונות הן קריטיות וגורליות להתפתחות תקינה של שפה ודיבור ולכן ככל שמאחרים קשיים מוקדם יותר ומתחילים מיד בטיפול ושיקום- סיכויי ההצלחה גדלים ועימם הסיכויים למניעת פערים. ישנן השלכות נוספות ללקות בשמיעה על התפקוד והאיכות התקשורתית של הפרט עם סביבתו. ישנה השפעה לרעה על פיתוחן של יכולות קוגניטיביים, יכולת של חשיבה מופשטת ומימוש הפוטנציאל הלימודי של הילד. כלומר, עלולים להופיע קשיי למידה כתוצאה מאי יכולתו של הילד לשמוע ולהבין כל מה שנאמר. לכל אלה יש גם השלכות על התפתחות האישית והרגשית- דימוי וביטחון עצמי. החסך השמיעתי גורם לתסכול רב וכתוצאה מכך גם מתעוררות התנהגויות חריגות. לבעלי שמיעה לקויה יכולים להיות קשיים בפיתוחם של כשרים ומיומנויות חברתיות, למשל, ידוע שאנשים אלו לעיתים נמנעים מלהשתתף באירועים חברתיים בגלל הקושי שלהם לתקשר עם האחרים במקום הומה אדם. וכל זה כמובן משפיע על המוטיבציה והשאיפות שלהם בתחום הקידום והקריירה המקצועית.

בכל תלונה או חשש לירידה בשמיעה – יש לפנות ראשית לרופא אף אוזן גרון או רופא המשפחה. לעיתים מדובר במיוחד אצל מבוגרים וקשישים בהצטברות של שעווה או דונג בתעלת האוזן שגורמת להפרעה בשמיעה והרחקת הפקק תפתור את הבעיה. במידה והרופא אינו מוצא ממצא כלשהו באוזן הוא מפנה את הפציינט למכון שמיעה. שם תבצע בדיקת שמיעה ובמידת הצורך בדיקות נוספות לאבחון הבעיה.

פתרונות טיפוליים ושיקומיים של לקויות שמיעה :

במידה ומאתרים בעיית שמיעה, בחלק מהליקויים בשמיעה ניתן לתת טיפול רפואי ע"י תרופות או פעולה כירורגית- ניתוחית, בעיקר אלו שמערבות את האוזן החיצונית, התיכונה וכן בחלק מהפרעות ברמת השבלול או גידולים על עצב השמיעה. אך, במרבית הליקויים הנובעים מנזק בשבלול, בעיקר נזק לתאי השערה, הפתרון הוא שיקום שמיעתי כגון: שימוש במכשירי שמיעה או באביזרי שמע אחרים ובמקרים חמורים בשתל שבלולי.

מהו שיקום שמיעתי :

השיקום השמיעתי במובן הרחב של המילה כולל מערך של פעילויות ופגישות במטרה לעזור לאדם לקוי בשמיעתו לתפקד למרות בעיית השמיעה שלו. תוכנית השיקום כוללת: הסבר על בעיית השמיעה והקשיים התקשורתיים הנובעים מכך. ישנו תהליך של בחירה והתאמת מכשיר שמיעה. וכמובן חשוב לערב את בני המשפחה בכל תהליך השיקום והתמודדות של הפציינט עם בעיית השמיעה שלו. היום מקובל בכל מכוני השמיעה לתת לפציינט את מכשיר השמיעה לתקופת ניסיון של עד חודש בכדי להחליט אם הוא מעוניין במכשיר זה או שברצונו לנסות אחר או להחזירו בכלל.

חשוב לציין, שנולדנו עם שתי אוזניים, ושמיעה תקינה היא דו אוזנית, כך שבמקרים של ליקוי בשמיעה בשתי האוזניים יש לשקול הרכבה של מכשירי שמיעה בשתי האוזניים. והיתרונות לכך רבים: שמיעה דו-אוזנית מאפשרת זיהוי של מקור הקול במרחב ומביאה לשיפור בתפיסת דיבור על רקע רעש. השמיעה היא איכותית יותר, מאוזנת וסטריאופונית, והחשוב ביותר שהיא משמרת את התפקוד השמיעתי של כל אוזן ומנצלת את מירב שרידי השמיעה להבנה טובה של צלילי הדיבור ולשיפור התקשורת עם הסביבה. מאידך, יש מקרים שאנו מתפשרים על הרכבת מכשיר באוזן אחת לפחות, מאשר לא להרכיב בכלל.

סוגי מכשירי השמיעה :

מכשירי השמיעה הקיימים כיום- נבדלים בגודלם ובסוג הטכנולוגיה עליה הם מושתתים. מבחינת הגודל, ישנם מכשירי שמיעה המורכבים על האפרכסת מאחורי האוזן, אליהם מחוברת אוזניה מחומר פלסטי קשה או רך המותאמת במדויק למבנה הקונכייה או תעלת השמע. פיתוח חדשני של מכשירים אלו הם מכשירי השמיעה הנקראים- "אוזן פתוחה" (Open Ear) – מכשירים קטנים במיוחד ונסתרים מאחורי האוזן, אליהם מחוברת אוזניה מיניאטורית שאינה אוטמת את פתח תעלת השמע ומאפשרת כניסה של צלילים מסוימים באופן חופשי לאוזן וצלילים אחרים מוגברים ע"י מכשיר השמיעה. לאלה שמתאים סוג זה של מכשירים, למשל, בעלי ליקוי קל עד בינוני ובעיקר בתדרים הגבוהים – פתרון זה הוא אידיאלי. ישנה תחושה של שמיעה טבעית יותר וללא הגברה של הקול העצמי - זו הפרעה האופיינית למכשירים שאוטמים לגמרי את האוזן. אופציית מכשירי "האוזן הפתוחה" תאפשר לכל אלה שנוזקים למכשיר שמיעה אך נמנעו עד היום מלהרכיב אותו בגלל הפרעות אלו – להתחיל ליהנות ולהפיק תועלת גדולה יותר מבעבר ממכשירי השמיעה.



מכשיר שמיעה מסוג "אוזן פתוחה":

סוגים אחרים של מכשירי השמיעה הם אלה שמותאמים למבנה האוזן ומורכבים בתוך האוזן. וגם כאן יש מכשירים שנראים יותר כלפי חוץ ואחרים קטנים מאד שנסתרים בתוך תעלת השמע.

מבחינה טכנולוגית, ישנם מכשירים מהדגם הישן שנמצאים בשימוש מועט והם המכשירים האנלוגיים בהם כל צלילי הדיבור ורעש רקע מוגברים פחות או יותר באופן אחיד ע"י המגבר של מכשיר השמיעה. המכשירים הנפוצים ביותר כיום הם מכשירי השמיעה הדיגיטאליים בעלי טכנולוגיה מתקדמת, כוללים מגבר קול דיגיטאלי המתוכנת ע"י מחשב להתאמה אישית מדויקת יותר לצורת עקומת הירידה בשמיעה. במכשיר זה מורכבים

מספר מיקרופונים לשיפור יחס אות/רעש או הגברת צלילי הדיבור והנחתת רעשי הרקע, וניתן גם לתכנת את המכשיר לפעול במספר תוכניות האזנה בהתאם לצרכיו של המשתמש, למשל, תוכנית שמיעה בתנאי רעש רחוב, תוכנית שמיעה לטלפון, תוכנית מותאמת לשמיעת מוזיקה ועוד.

השימוש בטכנולוגיה דיגיטאלית אפשרה את שדרוגם של מכשירי השמיעה והפיכתם למכשירים מתוחכמים ביותר, כל זאת בכדי להשיג איכויות שמיעה טובות בסיטואציות שמיעתיות ותקשורתיות יומיומיות מגוונות. במכשירים החדשים, ישנה אפשרות לאסוף ולאגור נתונים באופן אוטומטי על השימוש והעדפות של המשתמש ובעזרת נתונים אלו האודיולוג לומד מהם צרכיו של המשתמש ולאילו סביבה תקשורתית הוא נחשף יותר - וכך הוא יכול לשפר את ביצועי המכשיר והתאמתו המדויקת לצרכיו של המשתמש. בעתיד הקרוב נראה השמה של טכנולוגיות מחשבים של "בינה מלאכותית" גם במכשירי שמיעה, כלומר, מכשיר השמיעה ישפר באופן אוטומטי את ביצועיו מתוך למידה יומיומית מהם צרכיו של המשתמש.

טכנולוגיות עדכניות המיושמות במכשירי השמיעה הדיגיטאליים:

- **עיבוד רב-ערוצי (Multi-Channels processing)** - מאפשר "טיפול" מתאים (אפקט הגברה או דחיסה, הפחתת רעש וכו') לתחומי תדר שונים בהתאם לצורת עקומת השמיעה של הפציינט.

- **עיבוד במקביל (Parallel Processing)** - דיוק ב"מערכת קבלת החלטות" לגבי בחירת סוג העיבוד שיתבצע עבור הקלט האקוסטי הנקלט ע"י המיקרופון של מכשיר השמיעה. מכשיר השמיעה מסווג את הסביבה בה נמצא המשתמש ומחליט האם לבצע עיבוד לקלט של "דיבור ברעש", "דיבור בלבד" או "רעש בלבד"? בכל מצב מעין זה יש הפעלה של לוגריתם (פונקצית עיבוד) שונה.

- **ריבוי מיקרופונים (Multiple Microphones)** - מכשיר השמיעה החדש מורכב משני מיקרופונים או יותר, המאפשר הפעלת מנגנון של קליטה כיוונית של אותות דיבור, למשל יחס אות/רעש טוב יותר של אותות המגיעים מלפנים. מערכות אלו בד"כ אדפטיביות לתנאי הסביבה, כלומר, ישנה הפעלה אוטומטית של מיקרופון כיווני בנוכחות של דיבור ורעש סביבתי מוגבר.

- **מערכות זיהוי קול ורעש** - למכשיר השמיעה חיישנים לזיהוי קולות דיבור ורעש וכן זיהוי המיקום שלהם במרחב, על מנת להפעיל מנגנוני הגברה לקולות דיבור והנחתה של רעשי רקע סביבתי.

- **מנגנון של הפחתת רעשי רקע (Noise Reduction)** - הפעלת לוגריתמים שונים לנטרול או הפחתה של רמת הרעש הסביבתי הנקלט במכשיר השמיעה ושיפור ניכר ביחס אות/רעש של הפלט המשודר דרך מכשיר השמיעה.

- **מנגנון של ביטול פידבק אקוסטי (Feedback Cancellation)** - אחת הבעיות השכיחות בהרכבת מכשיר שמיעה היא הופעה של צפצוף טורדני הנובע מהגברת יתר של צלילים מסוימים או חוסר התאמה של המכשיר השמיעה למבנה האוזן. כיום ישנן טכניקות מתקדמות לזיהוי מידי של הפידבק ולנטרולו בזמן אמת.

- **התאמה לשימוש בטלפון ולמערכות FM** - מכשיר השמיעה, בנוסף להיותו מכשיר הגברה הוא משמש גם כאיזור תקשורת. השמה של טכנולוגיות "שן כחולה" (Bluetooth) ו"אפנון תדר" FM- (Frequency Modulation) מאפשרת לאדם המרכיב מכשיר שמיעה לשמוע הרצאות, ליהנות מתיאטרון ולקבל את שיחות הטלפון הנייד שלו ישירות לאוזן דרך מכשיר השמיעה. וכן חיבורים אלחוטיים למערכות שמע אחרות, כגון: מקלט רדיו וטלביזיה, MP3 וכדו'.

- **מאגר ואיסוף נתונים אוטומטי על השימוש והעדפות המשתמש (Datalogging)** - כלי חדיש הנותן לאודיולוג מידע לגבי סוג הסביבות האקוסטיות אליהן נחשף המשתמש בחיי היום יום. מכשיר השמיעה משמש כמשגוח (monitor) לנטר את רעשי הרקע והמאפיינים האקוסטיים של הסביבה בה נמצא המשתמש ולתת לנו נתונים סטטיסטיים על כך. בנוסף גם מספק מידע על שעות השימוש במכשיר והאם המשתמש הפעיל ובכמה את ווסת

ההגברה וכו'. מידע זה משמש את האודיולוג בכדי לשפר את ביצועי מכשיר השמיעה כך שיתאים לצרכיו של המשתמש.

- ישנה תקשורת אלחוטית בין מכשירי השמיעה המורכבים בשתי האוזניים (e2e wireless) – יש תיאום מלא בפעולת שני המכשירים בכדי להשיג שמיעה דו-אוזנית מאוזנת וסטריאופונית. מנגנון זה פועל בטכנולוגיה המבוססת על העברה אלחוטית של מידע בין מכשירי השמיעה המותאמים לשתי האוזניים. אלגוריתם מיוחד מאפשר קבלת החלטות משותפת לשני מכשירי השמיעה וסנכרון פעולות עיבוד הצליל בין המכשירים בהתאם למידע המתקבל. התאמה דו-אוזנית שיתופית (כלומר שיתוף פעולה בין המכשירים) מביאה לשיפור משמעותי של הבנת הדיבור, מפחיתה באופן מרבי את רעשי הרקע, שומרת על צליל טבעי ואיכותי ועל נוחות שימוש מקסימאלית. שיתוף המידע בין המכשירים וסנכרון פעולתם של המנגנונים השונים בשני המכשירים מאפשרים גם סנכרון של השינויים שהמשתמש עושה בווסת העוצמה ושינויים של תוכניות השמע. שינוי עוצמה במכשיר אחד יגרור שינוי עוצמה סימטרי במכשיר השני. בנוסף החלפת תוכנית שמע במכשיר אחד תגרור שינוי לתוכנית זהה במכשיר השני. מנגנון זה מאפשר גם שימוש בשלט רחוק דו-כיווני. בעזרת השלט ניתן לשנות את עוצמת המכשירים ולהחליף תוכניות שמע, וכן לקרוא את נתוני המכשירים (עוצמה, תוכנית שמע, מצב סוללות).

- טכנולוגיה של הסטה או דחיסה של תדרים (Frequency shifting/compression). זו טכנולוגיה של הסטה ליניארית של תדריות גבוהות לכיוון התדריות הנמוכות. ניתן להפעיל מערכת זו בעת הצורך, לאותם מקרים בהם הירידה בשמיעה בתדריות הגבוהות אינה מאפשרת הגברה אפקטיבית. הסטת התדרים נעשית תוך שמירה על היחסיות בין הצליל המקורי למוסט, כך שאין קולות לוואי ואין התפשרות על איכות קול טבעית.

- תוכנות האזנה לסביבות משתנות של דיבור, מוסיקה וכדו' (Program Selector) – מכשיר השמיעה מותאם באופן אוטומטי לקליטת דיבור או מוסיקה וישנה גם שליטה ובחירה של המשתמש להפעיל תוכנית האזנה זו אחרת.

לסיים, הטכנולוגיה היא כנראה התחום היחיד שבו העתיד תמיד מעניין ומלהיב יותר מהעבר. מכשירי השמיעה והשתלים עברו כברת דרך עצומה בעשורים האחרונים והם עתידים להתפתח לכיוונים מדהימים יותר בעתיד. אנו עדים כל הזמן, לשדרוגים ופיתוחים נוספים של מנגנונים ופונקציות מורכבות ומתקדמות ביותר בתחום הזה. למשל, אנו קרבים מאד להשמה של טכנולוגיות בינה מלאכותית (Artificial Intelligence) גם במכשירי השמיעה, ומצפים בכיליון עיניים ואוזניים לתקופה הבאה שתהיה קרוב לוודאי- **עידן הביו-והנאו-טכנולוגיות**.

קריאה נוספת:

Textbook of Hearing Aid Amplification / Robert E. Sandlin (2000).

Hearing Aids / Harvey Dillon (2001).

Introduction To Audiologic Rehabilitation/ Ronald L. Schow & Michael A. Nerbonne (2002)