

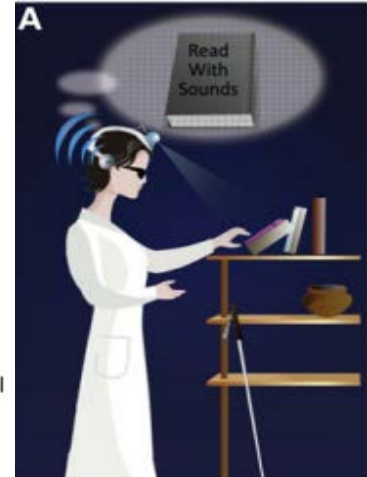
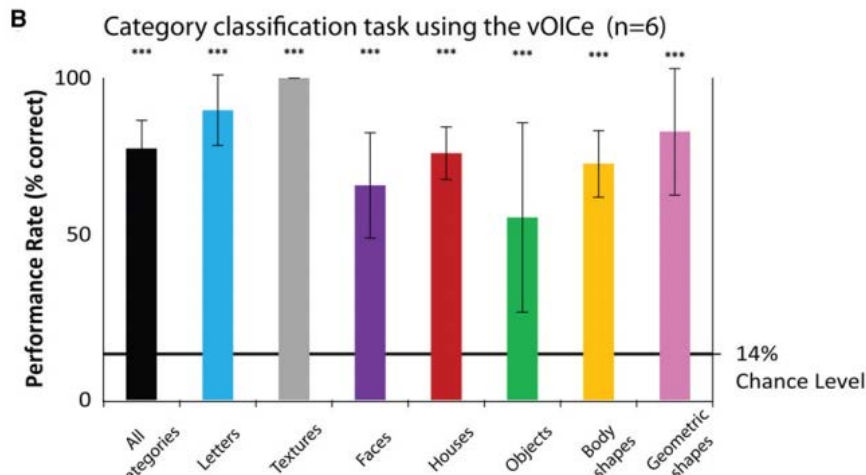
[Image credit Michael Gluhoded, Shelly Levy-Tzedek and Amir Amedi]

### ללמוד לראות באמצעות האוזניים/ מעיין חלימי, מעבדתו של פרופסור אמיר עמדי, האוניברסיטה העברית

מזה עשרות שנים ידוע שאם קליפת המוח (הקורטקס) הראייתית אינה מקבלת קלט ומידע ראייתי לאחר הלידה, היא אינה מפתחת את המבנה שלה והתמחויותיה באופן תקין, בצורה שאינה מאפשרת שחזור ראייה בהמשך החיים. חוקרים באוניברסיטה העברית בירושלים ובצרפת הראו שאנשים עיוורים שהשתמשו במכשירי התמרה חושית, עליהם נסביר בהמשך, יכולים "לראות" ולתאר חפצים ואף לזהות אותיות ומילים, ובכך להפעיל את קליפת המוח הראייתית שלהם, כאילו ראו את התמונות ממש. כך בעצם, שימוש במתודה פשוטה ולא פולשנית זו יוצרת פעילות מחדשת של אזור שהאמינו שהפך למנוון.

מחקר חדש של צוות חוקרים, בהובלתם של פרופ' אמיר עמדי מהמרכז לחקר המוח ע"ש אדמונד ולילי ספרא ומהמכון לחקר רפואי ישראל-קנדה באוניברסיטה העברית והסטודנטית לדוקטורט אלה שטרים-עמית, הראו כיצד הישג זה אפשרי באמצעות שימוש בתוכנית אימון ייחודית המשתמשת במכשיר להתמרה החושית. מכשירי התמרה חושית הם עזרים לא פולשניים המספקים מידע ראייתי לעיוורים דרך חושיהם התקינים. באמצעות מכשירים אלו, מידע המגיע מחוש אחד נקלט במכשיר ומותמר לחוש אחר. בגישה זו, עיקר עבודת העיבוד מוטלת על המוח, בעוד המכשירים רק משמשים כצינור לתרגום והעברת המידע מחוש אחד לחוש אחר. המוח מנצל את תכונת המולטי-מודליות של אזורי העיבוד על ידי העברת המידע אל אזור העיבוד הרלוונטי. שם, המוח מעבד את המידע וכך מאפשר למשתמש לתפוס את המידע המקורי. כך למשל, תוכנת ה-EyeMusic, בה משתמשים במעבדתו של פרופ' אמיר עמדי, מתמירה קלט ויזואלי לצלילים. תוכנה זו מקבלת את כלל המידע הוויזואלי מהעולם ומעבירה את כולו למשתמש העיוור, אשר תופס את המידע החזותי בעזרת שמיעתו (Figure A).

מכשיר ה-EyeMusic מעביר את התמונות לצלילים ע"י אלגוריתם קבוע, באופן שמאפשר למשתמש להאזין ולפענח את המידע הראייתי המגיע מהמכשיר. לפי מחקר קודם של אותה קבוצה, המשתמשים העיוורים שהתאמנו בשימוש במכשיר זה הגיעו לחדות ראייה שעוברת, טכנית, את סף חדות הראיה המגדיר עיוורון ע"י ארגון הבריאות העולמי.



**Figure A** - מכשיר התמרה חושית ראייתי-שמיעתי מאפשר להמיר מידע וויזואלי למידע אודיטורי שמשמש את העיוור לצורך "ראייה".

**Figure B** – הצלחת הנבדקים העיוורים בזיהוי אובייקטים שונים באמצעות מכשיר התמרה חושית.

המחקר הראה שבעקבות תכנית האימון הייחודית, שפותחה במעבדתו של פרופ' עמדי, שאורכה עשרות שעות בלבד, העיוורים מסוגלים בקלות להשתמש במכשיר ה-EyeMusic כדי לזהות תמונות כשייכות לקטגוריות של חפצים, כגון תמונות פרצופים, בתים, צורות גוף אנושי, חפצים יומיומיים וטקסטורות (Figure B). הם יכלו אף לזהות תמונות מורכבות יותר – ולמקם אנשים במרחב, לזהות את הבעות פניהם ולקרוא אותיות ומילים (הדגמה, סרטים ומידע נוסף ראו באתר [brain.huji.ac.il](http://brain.huji.ac.il)). התוצאות ההתנהגותיות חסרות התקדים הללו דווחו בעיתון המדעי היוקרתי לחקר המוח, Neuron.

מחקר קודם של הקבוצה בדק גם מה קורה במוחם של העיוורים שלמדו לראות באמצעות צלילים. במיוחד, נבדקה יכולתן של התמונות המפורטות הללו להפעיל את קליפת המוח הראייתית הרדומה של העיוורים, למרות שלמדו לעבד את התמונות הללו רק בבגרות. נמצא כי בעוד שה"ראיה" הנוצרת בשימוש ב-EyeMusic אינה פועלת באמצעות העיניים, היא בכל זאת מפעילה את האזור האוקסיפיטלי במוח שאחראי על התפיסה הראייתית.

במחקר הנוכחי, פרופ' אמיר עמדי ואלה שטרים-עמית השתמשו בהדמיה מוחית תפקודית (fMRI) על מנת למדוד את התגובה המוחית של אנשים עיוורים מלידה כשהם "ראו" – בעזרת צלילי תוכנת ההתמרה החושית – תמונות ברזולוציה גבוהה של אותיות, פרצופים, בתים, חפצי יומיום וצורות גוף. באופן מפתיע, לא רק שקליפת המוח הראייתית שלהם הופעלה בעזרת הצלילים, מוחם הראה את אותה בררנות (העדפה) לסוגי התמונות השונים שמאפיינת את קליפת המוח של אנשים רואים.

חלק מסוים במוח, המשמש לקריאה (הקרוי Visual Word Form Area, או VWFA בקיצור, ושהתגלה ע"י פרופ' לוראן כהן ופרופ' סטניסלס דהאן מפריז, חוקרים נוספים בצוות המחקר) מראה העדפה לתמונות של אותיות ומילים יחסית לתמונות של כל סוג חפץ אחר, בקרב נבדקים רואים. באופן מפתיע, אותה העדפה נצפתה באזור זה אצל נבדקים עיוורים מלידה. ה-VWFA שלהם, לאחר עשרות שעות בלבד של אימון בשימוש בהתמרה חושית, הראה יותר פעילות לאותיות מאשר לקטגוריות האחרות של תמונות שנבחנו. למעשה, האזור הזה היה גמיש עד כדי כך, שהוא הראה פעילות לאותיות המועברות בהתמרה חושית כבר לאחר אימון קצרצר שאורכו כשעתיים, בנבדק אחד בניסוי. תוצאות אלו מפתיעות במיוחד לאור העובדה שמדובר בנבדקים בוגרים, עיוורים מלידה, שלא ראו ולפיכך גם לא קראו (באופן המסורתי של המילה) מימיהם.

"המוח של אנשים מבוגרים גמיש משחשבונו" אומר פרופ' עמדי. למעשה, מחקר זה וכן מחקרים חדשניים נוספים מקבוצות שונות הראו לאחרונה שאזורים שונים במוח אינם רגישים לחוש ממנו מגיע המידע אלא דווקא למטלה או לעיבוד הספציפי אותו הם מבצעים. אזורים אלו ניתנים לגירוי באמצעות חושים שונים (סיכום הרעיונות הללו פורסם לאחרונה בכתב העת הנחשב Current Opinion In Neurology על ידי פרופ' עמדי והסטודנטים ליאור רייך ושחר מיידינבאום ממעבדה זו). גישה זו באה בסתירה לגישה הרווחת לפיה התפקוד במוח מחולק ע"פ אזורי חישה.

לדברי פרופ' עמדי, ממצאים אלו מעידים כי יתכן שמוחם של עיוורים, גם אלה שסובלים מעיוורון ממושך, יוכל "להתעורר" לעיבוד ראייה בעזרת שיקום הכולל גם פיתוחים רפואיים חדשים ועתידיים כגון שתלי רשתית (עיניים מלאכותיות), ותוך שימוש בשיטות לימוד ושיקום חדישות. שיטות אלו עשויות להעזר במכשירי התמרה חושית המסוגלים לספק מידע מקביל ברזולוציה גבוהה, ובכך ללמד את העיוורים לראות.

מלבד מחקרים מסוג זה, ממשיכים לבדוק פיתוחים שונים של מכשיר ה-EyeMusic שיביאו לשיפור יכולות ה"ראייה" של העיוורים. פיתוחים מסוג זה מקדמים אותנו צעד נוסף לעבר החזון שהוא ללמד עיוורים לראות.