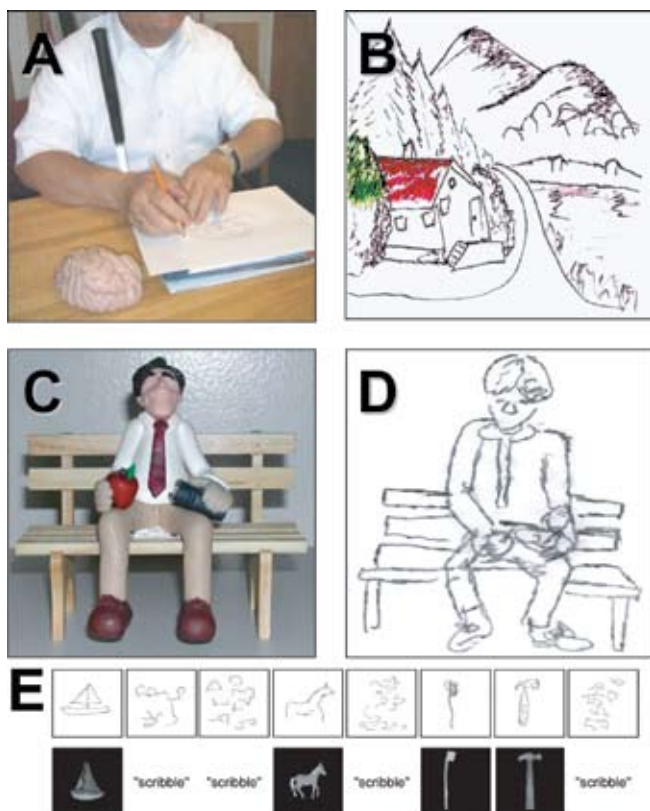


הרואים בחשכה

058

יכולת הציור המופלאה של צייר עיוור משכה אליו את קבוצת המחקר של אמיר עמדי, בניסיון להבין מהיכן ובאיזה אופן מתקבלת התמונה במוחו. אחת התוצאות היא הבנה עמוקה יותר של ארגון המוח ושל הדרך שבה מערכת חושים אחת (שמיעה, מישוש) יכולה להחליף מערכת חושים אחרת (הראייה) ולספק תמונת עולם דומה. תוצאה אחרת היא פיתוח כלים טכנולוגיים ורפואיים להתמודדות עם עיוורון





תמונה 1: דוגמאות לכישורי הציור של אסרף (A-D). ב-A הוא מצייר דגם של מוח האדם שמונח לידו בעזרת עיפרון, נייר ולוח כתיבה מצופה גומי מתוכנן במיוחד. (E) דוגמאות לחפצים שצייר ולשירבוטים שעשה בזמן ניסוי ההדמיה המגנטית התפקודית. Amedi et al. Nature Neuroscience 2007

שכולן יכולות להעביר את אותה משמעות עצמה. אפשר לראות את כל האמנים כמנגנים אותה מנגינה בכלים שונים. השאלה המתבקשת היא, האם ניתן להחיל עיקרון דומה על דרכי פעולתו של המוח. כלומר, האם למערכות החישה השונות שלנו – ראייה, שמיעה, ריח ומישוש, יש תפקידים ייחודיים ומסוימים, או שהן ניתנות להחלפה זו בזו? האינטואיציה אומרת שהחושים השונים נבדלים זה מזה, מכיוון שהם מעבירים מידע מהיבטים שונים של העולם החיצוני, תוך שימוש במערכות ובערוצים עצביים מופרדים זה מזה. עשרות שנים היה מוסכם על המדענים כי עיקרון זה, המכונה עקרון חלוקת העבודה, הוא אחד העקרונות השולטים בארגון המוח. מעיקרון זה אנו לומדים כי אזורים שונים במוח מעבדים קלט מחושים שונים, שמתמחים בתפקידים שונים. האם זהו תיאור נכון? בעשור האחרון מתחילות להצטבר עדויות שמטילות ספק רב בתיאוריה זו במתכונתה הישנה. מערכת הראייה שלנו אינה קולטת ומעבירה יסוד מיוחד של "ראייה". היא פשוט

"ציור הוא מקצוע של עיוור, מפני שעיוורים רואים את המציאות בצורה ברורה יותר". (פבלו פיקסו)

"העיוור הממוצע יודע מה טיבה של ראייה יותר משאדם רואה יודע מה טיבו של עיוורון". (ג'ורג'ינה קליג, "עיוורון ותרבות חזותית: תיאור של עד ראייה")

■ האם יש הבדל בין משורר לצייר? האם רקדנים, פסלים, זמרים וסופרים רחוקים זה מזה ת"ק פרסה, או שהם, בראש ובראשונה, פשוט אמנים? ברור שכל צורה של אמנות היא מיוחדת ושונה, כפי שכל אמן הוא ייחודי, אבל באותו אופן כל אדם הוא מיוחד, ובה־בעת כולנו בני אדם עם אותם מאפיינים – משפחה אחת שאפשר להשוות בין פרטיה.

זו הסיבה שמדענים מדברים פעמים רבות על **תגובות ממוצעות** של יחידים רבים. לפעמים נראה כי הדמיון הזה מערער את הזהות הייחודית שלנו, אבל חשוב להכיר בכך שהוא המפתח להתפתחות החברתית, המוסרית ואפילו הקוגניטיבית שלנו. כל "עצמי" שזור ב"זולת" עד כדי כך, שהשאלה מי "נוצר" ראשון מוסיפה להעסיק ולהביק את החוקרים במדעי ההתפתחות.

אנו לומדים על עצמנו באמצעות הסתכלות על אנשים אחרים. אנו מבינים אנשים אחרים על־ידי התייחסות לעצמנו. הדבר נכון אפילו בסיטואציות שבהן הזולת שונה מאוד מאיתנו בכל הנוגע להשקפות, ערכים, התנהגות, הרגלים או מצב פיזי (למשל, עיוורון או חירשות). בגלל הדמיון והמשותף אנו יכולים להבין, ואחר־כך ללמוד לזהות, אמוציות ומסרים של אנשים אחרים, גם אם הם משתמשים בערוצי תקשורת שונים מאוד מאלה שאנו מפעילים בעצמנו.

עיקרון דומה פועל באמנויות. בוויקיפדיה אמנות מתוארת, בין השאר, כ"**פעילות אנושית שעשויה במתכוון בדרך שפונה אל החושים או אל האמוציות של אנשים אחרים**". אנציקלופדיה "בריטניקה" (המקוונת) מציעה כיוון דומה – "**צורת ביטוי שמשתמשת במיומנות או בדמיון ליצירת אובייקטים אסתטיים, סביבות אסתטיות או חוויות אסתטיות שאפשר לשתף בהם אחרים**". הגדרות אלה מצביעות על תווי ההיכר העיקריים של האמנות: קיומו של מסר, רעיון או אמוציה שטעונים תקשור; שימוש בצורת ביטוי – התפוקה האמנותית הסופית שמנסה להציג את המסר; ותהליך ההפיכה של המסר לביטוי אמנותי כזה.

ברור שאפשר להעביר רעיון אחד באמצעות כמה סוגי אמנות, ולהפך – כל צורת אמנות יכולה לשמש להעברת סוגי מסרים שונים. הצבעים אינם שמורים רק לעצבות, והמוזיקה אינה מתמחה בהבאת שמחה לעולם; אפשר לבטא אושר באמצעות צבעים בהירים, באמצעות אלגרו, על־ידי בתי שיר או בתנועות מחול חזקות ומהירות. אפשר להחליף צורות שונות של אמנות זו בזו, מכיוון

מודיעה לנו על אובייקטים שנמצאים מסביבנו; על הגודל, המרחק, היופי או התועלת הפוטנציאלית שלהם. בהתבסס על מידע זה, אנו יכולים להזיז את האובייקט או להגיב עליו. אבל את אותו מידע יכולנו לקבל, ואת אותה פעולה יכולנו לבצע, על סמך מידע שנאסף מחושים אחרים. למשל, כשנוגעים באובייקט, או כששומעים מישו מספר לנו מהו האובייקט והיכן הוא נמצא. **מתברר שמערכות הישה שונות יכולות להחליף זו את זו ולייצר לנו אותה תמונה.**

אף-על-פי שהדבר נוגד במידת מה את השכל הישר, מערכת העצבים שלנו מתפקדת על בסיס חלופיות זו. בדומה לביטויים האמנותיים השונים, גם מערכות החישה ניתנות במידה רבה להחלפה זו בזו, מכיוון שהמסרים שהן מנסות להעביר משותפים לכולן. אין להבין מכך שאמנויות שונות או חושים שונים אינם מיוחדים במובנים רבים. שמים אפורים ומעוננים או צליל ענוג של כינור אינם דומים לשמיעה של רוחות סערה או לקריאה של שיר עצוב. לכל חוש יש ניחוח וייחוד משלו, שאי-אפשר להמירו בשלמות באחר, לפחות בעיני אלה שמשתמשים בו. אבל לפעמים חושים שונים מיתרים זה את זה ואפשר להחליפם. במקרים אחרים, במיוחד במקרים שבהם מערכת חישה אחת אבדה, ניתן, צריך ואפשרי להחליפה ולהשתמש במערכת חישה אחרת, כדי למלא את החסר.

אני וחברי למחקר הקדשנו זמן רב כדי לבדוק את הרעיון, שאכן ניתן לתפוס אספקטים שונים של המציאות בעזרת כל החושים בצורה דומה, שאין חשיבות אמיתית לחוש שבאמצעותו אנו תופסים את המציאות, ושאוּפן הביטוי של הרעיון אינו תלוי בחוש שבאמצעותו קלטנו אותו. בעבודתנו הצלחנו להראות שהמוח מאורגן כך, שאפשר להחליף במקרים רבים את החושים זה בזה, כל אימת שיש צורך או רצון להעביר מידע מבוקש או לבטא רעיונות.

ציירים עיוורים הם הוכחה אנקדוטלית אך נפלאה ליעילות ההמרה של מערכת חישה אחת באחרת. הסיפור של **אסרף ארמגן** (Esref Armagan) מרתק במיוחד. אסרף הוא צייר טורקי שאיבד את ראייתו בגיל צעיר מאוד. אחת מעיניו לא התפתחה מעולם, והשנייה הראתה תסמיני עיוורון מגיל צעיר. אסרף מתאר את עצמו כצייר אוטודידקט. הוא אינו קורא וכותב בכתב ברייל. בילדותו הרגיש מבודד חברתית בגלל עיוורונו, ולא פעם בילה שעות ביחידות, מצייר בחול וחוקר את דפוסי התבליט של הדמויות שצייר. מגיל שש עסק בעיקר באמנות וביצור. הוא למד גם לרשום בעיפרון על נייר, תוך שימוש בלוח כתיבה מצופה גומי מתוכנן במיוחד (ערכת ציור קו מושקע של סיוול - Sewell kit), שמאפשר לו ליצור תמונות מושקעות, ואחר-כך לאתר ולחקור אותן במישוש. נושאי הציורים שלו מגוונים וכוללים אובייקטים, שרק בחלקם ניתנים למישוש, כמו פירות ועננים. התמונות שלו מתבססות על פְּלטה ססגונית, ויש בהן משחקי אור וצל, רמזי עומק ופרספקטיבה דומים לאלה של

ציירים רואים (ראו תמונה 1 בעמוד קודם).

אסרף רכש הרבה היבטים של יצירתו – למשל, השימוש בצבעים או במשחקי אור וצל – מהנחיה של מורים רואים שצפו בציוריו, ויש גם אנקדוטה משעשעת בהקשר זה. לאחר שהוסבר לו מושג הצל באמצעות אנלוגיה של מרחק ממקור חום והסתרה של מקור חום על-ידי אובייקט, אסרף החל לצייר צללים, אלא שאלה היו צבעוניים. רק אז הובהר לו, שצל חסר צבע באופן טבעי. ועם זאת, דומה כי יכולתו לחקור ולצייר במהירות אובייקט חדש בפירוט מעודן היא מימונת שפיתח בעצמו, ללא משוב מתמיד של צופים רואים. הודות ליכולת הרישום המופלאה הזאת אסרף יכול לחשוף בפנינו את טבע המצגת הפנימית שנוצרת אצלו מאובייקטים שנתפסו על-ידי מישוש, באופן שהוא לא רק מובן לכל מסתכל, אלא גם דומה מאוד למה שאדם רואה היה מצייר בהקשר דומה (לאוסף נאה של הציורים והרישומים שלו בקרו ב: <http://www.armagan.com/paintings.asp>).

בהקשר זה הפרספקטיבה ה'ראייתית' שלו מרשימה ביותר שכן קשה מאוד להבין כיצד רכש יכולת זו ללא האפשרות לראיית עומק. במובן מסוים, בדומה לאמני הרנסנס הוא המציא את רישום הפרספקטיבה דרך החושים האחרים ועל בסיס היכולות האינטלקטואליות שלו בלבד

להחליף ראייה בשמיעה

לפני שאפרט את תוצאות המחקרים שעשינו עם אסרף, חשוב לנסות ולהבין את תהליכי ההמרה בין מערכות חושיות, כפי שהם נחשפים במחקרים ובניסויים של השנים האחרונות. הרעיון התיאורטי המרכזי מכונה "התמרה חושית". מדובר בתהליך של שינוי מידע הנקלט על-ידי מערכת חישה אחת, לאות שאפשר לשדרו למוח באמצעות מערכת חישה אחרת. היום אפשר למצוא תחליף כמעט לכל מערכת חישה, אבל בדיון כאן נתמקד בראייה, החוש הדומיננטי ביותר שלנו, המעובד באופן רגיל על-ידי חלקים גדולים של קליפת המוח הגדול. הדוגמה הפשוטה אך החשובה ביותר עד כה להמרה

כזו היא **כתב ברייל**.

לואי ברייל (1809-1852) פיתח את כתב ברייל באמצעות המרת אותיות הנקראות בצורה חזותית, בצופן של נקודות מוגבהות. שיטת ברייל התבססה על שיטת תקשורת שפותחה בפקודתו של נפוליאון, כדי ליצור צופן שיאפשר לחיילים לתקשר בלילה בלי קול ובלי אור

מכיוון שאי-אפשר להשתמש בכתב ברייל לקריאה באמצעות מחשב, פותחו בשנים האחרונות המרות קריאה מתקדמות לקריאה מקוונת. למשל, אופטקון (התקן ההופך

אותיות דפוס לאותיות מובלטות, שניתן למשש אותן), או מכונות להמרת טקסט לדיבור (כמו JAWS). כמו כן הושקע מאמץ רב



I met people who were born blind. Who had never seen. I asked them what their image of beauty was.

Sophie CALLE, "Blinds" 1986, Photography, text, frames, shelf / 120 x 110 cm (Text 40 x 80 cm, 1 portrait 41 x 31,5 cm, 2 photos 80 x 56 cm)

© Adagp, Paris 2009 / Courtesy Galerie Emmanuel Perrotin, Paris & Miami

מהו יפה בעיניך?

סופי קאל Sophie Calle (נולדה ב־1953) היא צלמת ואמנית צרפתייה. עבודותיה של קאל מנהלות דיאלוג עם מציאויות שונות ועם סוגים של מקריות. בעבודה "עיוורים", 1986, ביקשה סופי מאנשים שהם עיוורים מלידה לתאר לה את אידיאל היופי החזותי בעיניהם. בתערוכה מוצגים פורטרטים של העיוורים כשלצידם הטקסטים שלהם, ומתחת להם מונחים על מדף צילומים ממוסגרים של מה שדמיינו. הפרויקט הסתיים כשאחד העיוורים אמר לקאל: "היפה – קברתי את היפה. אני לא זקוק ליופי. אני לא צריך דימויים במוחי. מאחר שאיני יכול להעריך יופי, אני תמיד בורח ממנו".

תרגום הטקסט מתוך העבודה העליונה: "המקום שלי הוא יפה. אני עשיתי הכל בעצמי. אני בחרתי את המנורות, את השטיחים, את הציורים, את החפצים, את המראות, את העציצים. אני פתרתי את כל סידור הרהיטים, אני רציתי תקרה כחולה בחדר שלי: זה יותר אינטימי, חמים. אני התאמת את זה לשטיח. הצבעים היו הדבר היחיד שהתייעצתי לגביו. לא רציתי ליצור משהו בחוסר טעם."



I met people who were born blind. Who had never seen. I asked them what their image of beauty was.

Sophie CALLE, "Blinds" 1986, Photography, text, frames, shelf / approx. 120 x 110 cm (Text, 1 portrait, 1 photo)

© Adagp, Paris 2009 / Courtesy Galerie Emmanuel Perrotin, Paris & Miami

מהו יפה בעיניך?

סופי קאל Sophie Calle, "עיוורים" 1986 / תרגום הטקסט מתוך העבודה העליונה: "הגבר שאני חיה איתו הוא היפה ביותר שאני מכירה, אבל חסרים לו עשרה סנטימטרים. השלמות. אותה לא פגשתי. אני אוהבת גברים שבנויים טוב. זאת שאלה של צורה. של נפח. תווי הפנים לא מעניינים אותי כל כך. גוף רזה ושרירי מתאים לי אסתטית".

שמע, או שילובים חדשים של מערכות שמע ומגע, בהצלחה הולכת וגדלה. **לאחר ששמעו צלילים, עיוורים הצליחו לזהות ולתאר תמונות שהוצגו בפניהם**, ואפילו לזהות אובייקטים בסביבה הטבעית שלהם. כך, למשל, הם מצאו את הנעליים שלהם בחדר, נמנעו מהיתקלות באנשים תוך כדי הליכה בפרוזדור וזיהו מיקום של חפצים ואנשים בחדר שנכנסו אליו. זאת, לאחר כ־20 עד 40 שעות תרגול.



תמונה 2: דוגמה למערכות התמרה חושית לעיוורים. התקני ההתמרה המודרניים מספקים מידע חזותי באמצעות חוש השמע או המישוש וכוללים שלושה רכיבים עיקריים: (1) מצלמה, (2) התקן מחשב שהופך את הצילום למצג שמע (ימין) או מישוש (שמאל) תוך שימוש באלגוריתם שינוי מוגדר-מראש, (3-1) התקן פלט שמשדר את המידע הזה אל המשתמש.

הממצאים מלמדים כי התקני התמרה חושית מאפשרים לעיוורים לעבד ולפרש מידע חזותי שאינו זמין להם באופן רגיל. במובן מסוים, אמצעי ההמרה הוא העיניים החדשות של העיוור. הוא משתמש במידע שנקלט ממש באותה דרך שמשתמש בו אדם רואה. עיוור מסוגל לבצע על יסוד אות השמע הערכות תפיסיות מדויקות, כמו זיהוי אובייקטים, אומדני מרחק או עומק (למשל, ללמוד שאם חפץ אחד מסתיר חפץ שני, המשמעות היא שהשני רחוק יותר). יש בכך כדי ללמד, וכאן הפלא הגדול, שהתוצאות ההתנהגותיות שנובעות מעיבוד של קלט שמע אצל העיוור, דומות לאלה שמקורן בתפיסות חזותיות של אדם רואה, והן אף מפעילות אחרי אימון אזוריים דומים במוח. כאן גם טמון הסבר ראשוני לתופעה.

עיבוד הראייה אצל אנשים רואים מתבצע, קודם כל, בקליפת המוח העורפית. אזור מפתח בקליפת המוח הראייתית נקרא LOtv. בעזרת אזור זה אנו מזהים אובייקטים (פטיש, תרנגול, פרצוף או סצינות המורכבות ממספר רב של חפצים, כמו מכונת, כביש ובתים. ראו תמונה 3). המחקר שערכנו בשיתוף עם אלורו פסקואל לאונה (Alvaro Pascual-Leone) מהרווארד מראה, כי בשעה שאנשים רואים

<<

<< בפינת התקנים לשיפור ניידות של עיוורים.

התקני התמרה חושית מודרניים מספקים מידע חזותי באמצעות חוש השמע או המישוש וכוללים שלושה רכיבים עיקריים (ראו תמונה 2): (1) מצלמה, (2) התקן מחשב שהופך את הצילום למצג שמע או מישוש תוך שימוש באלגוריתם שינוי מוגדר מראש, (3) התקן פלט שמשדר את המידע הזה אל המשתמש. ניסויים ראשוניים מוכיחים כי ההתקנים האלה אכן מאפשרים לעיוורים "לראות", ברזולוציה שהולכת ומשתפרת עם התפתחות הטכנולוגיה. הרעיון לפתח התקנים כאלה והאב-טיפוסים הראשונים של אמצעי המרה אלה היו פרי עבודתו של פול באך-אריטה (Paul Bach-y-Rita), שבחר במישוש כתחליף מרכזי לראייה.

התקן מעניין ראשון שפותח היה מערכת המרה ראייה-מישוש (מהר"מ). ההתקן ממפה וממיר תמונות שצולמו במצלמת וידיאו למתקן מישוש רוטט הנישא על הגב. הוא מספק המרה מישושית של תמונות בשחור-לבן ומאפשר לעיוור לבצע כמה משימות חזותיות בצורה טובה למדי. למשל, לזהות אוריינטציות קוויות, אותיות או אובייקטים נפוצים. בהמשך פותחו התקנים נוספים. היום נוטים יותר להשתמש ביחידת מצג לשון – התקן מישוש חשמלי בגודל 3 סמ"ר, שכאשר מניחים אותו על לשון של אדם עיוור, הוא מספק לו

חדות ראייה התחלתית השקולה ל-6/262.

הצלחה גדולה יותר מבחינת רזולוציה מתקבלת מהתקני המרת השמע. התקן אחד כזה, שנמצא בשימוש במעבדה שלנו (בשיתוף פעולה עם פיטר מאייר Peter Meijer מהולנד), הוא מערכת vOICe – התקן נייד המורכב ממצלמת וידיאו

זוהי חדות גרועה. ראייה 6/6 פירושה שאפשר לזהות אות בגודל סטנדרטי ממרחק של שישה מטרים – יכולת ממוצעת של כל אדם בעל ראייה תקינה. ראייה של 6/60 משמעה שאדם צריך להתקרב למרחק 6 מטרים כדי לראות משהו, שאדם ממוצע רואה ממרחק של 60 מטרים, זהו כוּבד ראייה. ראייה של 2/262 פירושה עיוורון מבחינה חוקית

שמספקת את הקלט החזותי, מחשב קטן שמפעיל את תוכנית ההמרה, ואחזניות סטריאו שמעבירות למשתמש את דפוסי הקול המתקבלים (ראו תמונה 2, מימין). המערכת ממירה מידע חזותי שמגיע ממצלמה למידע שמיעתי ("sound-scapes"), בהסתמך על שלושה כללים פשוטים: הציר האנכי (למעלה/למטה. כלומר, הגובה של האובייקט) מיוצג על-ידי תדר הקול (גובה הצליל), הציר האופקי (שמאל/ימין) מיוצג על-ידי הזמן ומעבר סטריאופוני בין האוזניים, ובהירות התמונה מוצפנת על-ידי רום הקול (עוצמת הצליל).

כללי ההמרה האלה נראים פשוטים יחסית, אבל כדי לאפשר לעיוורים ללמוד אותם ולהשתמש בהם ביעילות, יש צורך בפינת שיטות אימון. דרוש גם שיתוף פעולה של העיוור והכשרה אינטנסיבית (אם כי קצרה מהזמן הנדרש לרכישת מיומנות בסיסית בשפה חדשה). במחקר שלנו אנחנו עובדים עם עיוורים באמצעות פינת חזותית מערכת

לומדים להשתמש באמצעי המרה שמיעתי לזיהוי אובייקטים, ניכרת הפעלה חזקה של אזור LOtv בקליפת המוח העורפית-רקתית. משתמע מכך שלאזור זה יש תרומה מכרעת בזיהוי אובייקטים, גם אם משתמשים באמצעים מישושיים או אפילו בשמע (קול), בתנאי שהמידע שמועבר כולל נתונים על הצורה הגיאומטרית של החפץ. למעשה, בבחינת השוואת הפעילות המוחית של נבדקים עיוורים ורואים באזור LOtv, היה קשה מאוד לקבוע אם הסריקה מאזור זה הגיעה מאדם רואה שהסתכל על חפצים, או מאדם עיוור שזיהה אותם דרך מכשיר ההמרה השמיעתי (ראו תמונה 3).



תמונה 3: הדמיה מגנטית תפקודית בזמן זיהוי חפצים מחושים שונים. (מימין) אזורים הפועלים בזמן ראייה ומישוש. אזור LOtv מופעל על ידי שניהם. (משמאל) אחרי כ-40 שעות אימון אזור זה מופעל גם בזמן המרת תמונה של חפץ לצלילים אצל עיוורים ורואים כאחד.

Amedi et al. Brain Research 2008

אם בעבר חשבו שיש הפרדה ברורה בעיבוד מידע המגיע מחושים שונים, הרי שהממצאים החדשים מלמדים, שיש השפעות הדדיות של כל עיבודי החישה. אין בכך כדי לערער על התפיסה של מערכות החושים הקלסיות, אבל יש בכך כדי ללמד בבירור על יכולתו של המוח לבצע הפשטה של קלט המגיע מחושים שונים, ולתפוס את המכנה המשותף המופשט ביותר של צירופים. למשל, את הצורה הגיאומטרית או התלת-ממדית של אובייקט.

אף שאמצעי החישה השונים אינם שווים ערך, המוח משתמש בכלם באופן עודף כדי לבטא היבטים שונים של אותו מסר עצמו. לכן אפשר להכשיר אמצעי חישה אלה להביע מידע, שמלכתחילה לא כווננו אליו או לא התמחו בו, כמו צורות במקרה של שמיעה, או צבעים במקרה של מישוש. ואף על-פי שלמידת כללי המשחק תימשך זמן כזה או אחר, הנה המוח מסוגל ללמוד להביט מעבר לשליח, להשתנות ולתפוס את המובן העמוק של המסר המובע.

מה מתרחש במוחו של צייר עיוור

ביטוי אמנותי הוא התנהגות מורכבת. ציור, ובמיוחד רישום, מייצג צורות של תקשורת חזותית, שנקשרות ליכולת לקלוט, לבנות, ובסופו של דבר לתרגם החושה, את המצגות המנטליות בראשו של הצייר. חלק מהותי בתהליך הזה הוא גיוס של דימויים מנטליים. כלומר, היכולת לברוא תמונה במוח ולהעביר תמונה זו לאחרים

באמצעות הציור.

ככל הידוע לנו, אנחנו יוצרים דימויים מנטליים במוחנו בעיקר כתמונות, ולא כסמלים או מילים. ההיגיון אומר שדימויים מנטליים חזותיים מתפתחים מראייה, והם תלויים במידה רבה בזכרונות של חוויה חזותית. אם אכן זה המצב, כל ליקוי בתפקוד המערכת החזותית צריך לשנות באופן קריטי את יכולתו של האדם ליצור מצגות חזותיות מנטליות המשמשות לכל מטרה שהיא, לרבות ביטוי אמנותי אינדיווידואלי.

האם זה מה שקורה? האם לא ניתן ליצור תמונות מנטליות באמצעות אופני חישה חלופיים ובהעדר כל חוויה ראייתית קודמת? מחקרים חשובים שבוצעו במרוצת העשור האחרון מראים, כי קליפת המוח העורפית (זו המשמשת לעיבוד ראייה) של עיוור מעורבת בעיבוד מידע חישתי לא-חזותי, כמו קריאת כתב ברייל, זיהוי אובייקטים במישוש או באמצעות קול, ואפילו במשימות לשוניות קוגניטיביות, כמו יצירת פעלים וזיכרון מילולי. מכאן שהעיוורים משתמשים בחלקים של קליפת המוח העורפית המשמשים אנשים רואים לתפיסה חזותית, כדי לעבד לתמונה אופני חישה אחרים.

הממצאים האלה מעוררים שאלות מרתקות בנוגע לדמיון בין המוח ה"חזותי" של העיוורים לזה של אנשים רואים. למשל, לא ברור אם קליפת המוח העורפית, הן של אנשים רואים והן של עיוורים, יכולה תמיד לעבד מידע מאמצעי חישה אחרים. מה טבען של המצגות המנטליות בתוך מוחו של העיוור, ואיך הן משפיעות על דרכם של העיוורים לדמיין את העולם שמסביבם? זו שאלה מכרעת לא רק בנוגע לפעילויות היומיומיות שלהם, אלא גם בנוגע לצרכים קוגניטיביים, רגשיים ואמנותיים.

כל אדם, לרבות אדם עיוור, הוא יצירתי ביסודו. לכן מעניין לדעת איך העדר של חוויה חזותית קודמת והבדלים איכותיים פוטנציאליים במצגות המנטליות הבסיסיות משפיעים על התהליכים היצירתיים, במיוחד בתחום האמנות. כל אלה הן שאלות מרתקות, שנחשבו שנים רבות לפילוסופיות וספקולטיביות לנוכח הקושי לחקור אותן באופן שיטתי. המחקרים שתיארנו קודם על התקנים להתמרה חושית, מספקים הזדמנות ייחודית לחקירה שיטתית ומפורטת יותר של שאלה זו.

ממצאים ראשוניים ממחקרים אלה מאשרים, כי עיוורים אכן מסוגלים לבנות תמונות מגירויים חזותיים (ראייה) שעברו המרה לחוש אחר. יתר על כן, העיוורים מסוגלים לדמות - כלומר, לסובב מנטלית - מבנים חישתיים ברמות ביצוע דומות לאלה של רואים. בנוסף על כך, הם מסוגלים לבנות על סמך חוש המישוש ציור המתקיים ב"עיני רוחם" (זאת אומרת, בעזרת דימוי מנטלי). כאן המקום לחזור אל הצייר העיוור אסרף ארמגן ולתוצאות המחקרים שעשינו איתו.

הצייר אסרף ארמגן

העורפית התגלתה גם בעת שאסרף רק דמיין את האובייקטים שצייר (אם כי במידה פחותה). דפוס הפעלה זה נראה באופן טיפוסים גם אצל נבדקים רואים במהלך משימות דימוי חזותיות. אסרף הוא עיוור לחלוטין מגיל צעיר מאוד, ומעולם לא ראה אובייקטים. אם כן, איזה סוג של דימויים יש לו? האם העובדה שיש פעילות בתוך אזורים חזותיים במוחו בזמן הדימוי והציור מלמדת כי החוויה שלו חייבת להיות חזותית מיסודה, למרות ההעדר של ראייה בפועל?

שאלות מסקרנות אלו ואחרות ממתונות עדיין לפתרון. היבטים של יצירתו האמנותית שנקשרים ליסודות יצירתיים בקנה מידה רחב יותר לא נבדקו במחקר הזה, והם מחכים לטיפול במחקרים עתידיים. אבל בזמן שעבדנו עם אסרף למדנו להעריך אותו לאו דווקא כאדם עיוור שלמד לצייר, אלא כאמן אמיתי שבמקרה הוא גם עיוור. המקרה שלו הוא תרומה חשובה להבנתנו את השינוי התפיסתי שמתחולל במוח במהלך היצירה של אמנות חזותית.

המחקר המשולב של אסרף ושל עיוורים אחרים הלומדים "לראות" בעזרת התמרה חושית, מעניק לנו כמה תובנות חשובות כאנשים רואים. כאשר מרכזי ראיית האובייקטים משתנים דרמטית לעיבודי שמיעה, וקליפת המוח הראייתית הראשונה הופכת למרכז שתומך בציור של עיוור מוחלט, יש לפקפק בחשיבות ערוצי קבלת המידע למוח ולהתרכז במהות, במסר ובמבנים המנטליים שהמוח מצליח לייצר לאחר אימון.

התובנה החשובה היא שניתן "לראות בחשכה". שהעולם מובן בצורה דומה על ידי עיוורים ועל ידי רואים. שניתן לתפוס אותו בצורה דומה באמצעות מערכות חושים שונות. זוהי אולי ראשיתה של הכרה ביכולת של המוח להשתנות דרמטית באינטרקציה שלו עם טכנולוגיות חדשות ומהפכה בהבנת עקרונות הארגון של המוח האנושי.

כאשר אסרף ממשש אובייקט, הוא אינו עושה זאת כדי לזהות את הפרי החביב עליו או על מנת להזיז כלי שהוא אינו אוהב להשתמש בו. כאשר הוא נוגע בידי באובייקטים, הוא מבצע אינטרקציה עם העולם במובן מופשט עוד יותר – הוא מייצר במוחו אוסף מובנים ומושגים שמוליכים תמונות, רגשות ותגובות מנטליות, שאחר-כך הוא מבטא אותם בציוריו. לגביו, המשמעות אינה באה מהמדיום (אקט הציור או הרישום), אלא מהמסר המועבר בתכני הציור, בעיקר לחברה שמסתמכת מאוד על הראייה. אסרף לא שונה מציירים רואים יותר משציירים שונים ממוזיקאים או מרקדנים. מה שחשוב הוא המסר האמנותי על העולם והיכולת להעביר מסר זה בין אנשים שונים, ולא המדיום שבאמצעותו אנו קולטים או מעבירים את המסר והמידע. זה אולי מה שמאפשר לעיוורים להתחיל לראות בחשכה. ■

במחקר שערכנו התרכזנו במיומנות הייחודית לו – ציור עצמים חדשים שנחקרים במישוש. השתמשנו בהדמיית תהודה מגנטית תפקודית (fMRI) מוחית, כדי לבדוק את ההפעלה העצבית הנקשרת ביכולת הרישום של אסרף. מוחו נסרק במצבים שונים, שהחשובים שבהם כללו את הסיטואציות שבהן חקר וזיהה אובייקט בעזרת מישוש, ואת הרגעים שבהם צייר או דמיין מנטלית את אותו אובייקט רגע לפני שעמד לצייר אותו. מוחו נסרק גם בזמן שדלה שמות של אובייקטים מתוך רשימה ששינן לפני כן (מבחן זיכרון מילולי), וכן בזמן ששרבט דמויות "נונסנס" והניע את ידיו בחלל כאילו חקר אובייקט.

בסריקה התגלו הפעלות מוח שנקשרות במיוחד עם כשרון הציור של אסרף. הללו כללו, בין השאר, את קליפת המוח העורפית הראשונית (V1), תחנת המסר הראשונה של הראייה בקליפת המוח), אותו חלק של המוח, שבאופן נורמלי מופעל כאשר אנשים רואים מסתכלים על תמונה חזותית. כלומר, למרות שאסרף לא ראה מעולם את האובייקטים שצייר, כאשר הוא צייר אותם, התהליך הפעיל אצלו את אותו חלק של המוח שנקשר באופן נורמלי עם הראייה.

חשוב לציין כי חלק זה של המוח לא הופעל, או הופעל בצורה חלשה הרבה יותר, בסיטואציות שבהן אסרף פשוט מישש, נזכר בשמות או דמיין את האובייקטים. הפעלה גדולה ובררנית יותר של קליפת המוח העורפית התגלתה בזמן שבו צייר. מכאן אנו לומדים שקליפת המוח החזותי אכן עסוקה במשימת הציור בצורה סלקטיבית. הממצאים מלמדים על הפעלה חזקה של קליפת המוח העורפית ה"חזותית" של אסרף, על אף שהוא מכחיש כל חוויה חזותית (ראייתית) ומציג עיוורון מוחלט. התוצאה עולה בקנה אחד עם הרעיון של **גיוס אזורים חזותיים לתפקודים לא-חזותיים**.

אבל, כנראה בגלל שאסרף מצייר כל חייו, דפוס הגיוס שלו שונה מדוגמאות אחרות של גמישות עצבית שדווחו. בשונה מנבדקים עיוורים אחרים שנבדקו לפניו, אסרף לא הראה הפעלה של אזורי מוח עורפיים (ראייתיים), למשל, במהלך משימת הזיכרון המילולי. ייתכן שממצא זה משקף את העובדה, שהעיסוק הממושך בציור כוונן מחדש את התפקודים הקשורים לציור לקליפת המוח ה"חזותית" שלו, בלי שהתפתחו שם (או שהתפתחו בצורה מועטת) מיומנויות אחרות. סביר להניח כי קליפת המוח החזותית הפגומה של עיוורים מגיל צעיר מציעה משאבים מוגבלים מיסודם, ולכן אין להתפלא על כך שתרגול אינטנסיבי ובררני של יכולת אחת (ציור, במקרה של אסרף) עשוי לבוא על חשבון ההתפתחות של יכולות אחרות (זיכרון מילולי, למשל).

ממצא מעניין נוסף הוא העובדה, שהפעלה של קליפת המוח