



# בגובה העיניים

מאבחון מוקדם של אלצהיימר והפרעות קשב, דרך בדיקות פשוטות ולא חודרניות, ועד לדרכים חדשניות המאפשרות למשותקים ולחולי ALS לתקשר. בשנים האחרונות התפתחו מאוד התעשייה והמחקר סביב השימוש הטכנולוגי בעיניים. כך נראה העתיד דרך משקפיים ורודים במיוחד « רנן נצר

## במשך 10 חודשים, 4 שעות בכל יום,

כשהוא מאיית אות-אחר-אות באמצעות מצמוץ עינו הבריאה האחת, האיבר היחיד בגופו שהצליח להזיז לאחר שלקה בשבץ בגיל 43 - הכתיב ז'אן דומיניק בובי את ספרו האוטוביוגרפי, "הפרפר ופעמון הצלילה". קרוב ל-200 אלף מצמוצים גבתה כתיבת הספר מבובי, עורך המגזין "Elle", בקצב של שתי דקות למילה. בובי סבל מ"תסמונת נעילה" והיה כלוא בגופו שלו, אך נשאר צלול ומושחז עד יום מותו, שהתרחש יומיים לאחר צאת ספרו לאור. בהמשך, הפך הספר לסרט מפורסם ועטור פרסים.

כ-15 שנה לאחר מכן, ב-2010, הצליח אמן הגרפיטי טוני קואן לעטר את רחובות לוס אנג'לס ממיטתו, לאחר שחלה ב-ALS, מחלה ניוונית חשוכה מרפא שבה שרירי העיניים הם בדרך כלל האחרונים להיפגע. כמו אצל בובי, כך גם קואן: פרט לתנועות עיניו, הפך האמן משותק לחלוטין. אלא שבמקרה שלו, הטכנולוגיה הייתה מתקדמת יותר מאשר בתקופתו של בובי, וקבוצת אמנים וחוקרים פיתחו עבורו תוכנה בשם Eye Writer, כדי שיוכל לצייר בעזרת תנועות עיניו. מאז התפתח הפרויקט ואף נבחר עלידי מגזין טיים לאחת ההמצאות הגדולות של 2010.

כיום, העיניים לא רק פועלות בשירות הטכנולוגיה והציוד הרפואי, אלא גם משמשות לאבחון מחלות והפרעות. למעשה, משחר ההיסטוריה השתמשו חכמים ורופאים בעיניים כמשקפות את הנעשה בגוף וברוח. אלה מצאו בעיניים מצבים נפשיים, מחלות, תכונות אופי. תורת האירידולוגיה המודרנית - שיטת אבחון לפי קשתית העין, פותחה לפני כ-150 שנה על בסיס התפיסה שכל מה שקורה בגוף האדם, משתקף בעינו, והיא נפוצה כיום בקרב מרפאים בתחום הרפואה המשלימה.



מערכת סריקת העיניים של Tobii  
השוודית. המערכות הטכנולוגיות  
היקרות צפויות להיות זולות יותר בעתיד



**ניסוי באבחון עיניים  
באמצעות הסמארטפון  
באתיופיה.** "הפתרונות  
מבוססים יותר על תוכנה  
ופחות על חומרה"

**"בעתיד הקרוב נוכל, בעזרת  
מצלמת הסמארטפון, לקבל  
מידע על תנועות העיניים שלנו  
ואולי אף ללמוד מהן דברים על  
עצמנו", אומרת ד"ר שלומית  
יובל-גרינברג מאונ' ת"א.  
"המחקר מתקדם בצעדים  
זהירים והתעשייה מתקדמת  
בצעדים גדולים, לפעמים  
היא מצליחה ולפעמים לא"**

IrisBond הספרדית, המיועד לבעלי שיתוק מוחין  
או ניוון שרירים.

בשנים האחרונות, משווקות מערכות מחשוב  
שונות המופעלות על-ידי תנועות העיניים השונות.  
אחת השחקניות המרכזיות בשוק היא חברת Tobii  
השוודית. תנועת האישון היא שמניעה את הסמן  
במחשב, כשקורן אינפרא אדומה עוקבת אחריה.  
הפתרונות הללו יקרים יחסית כיום ועומדים על  
בין אלפי דולרים למערכת בסיסית ועד עשרות  
אלפי דולרים, והתחזית היא שבעוד שנים ספורות  
המחירים יורדו, עם התפתחות הטכנולוגיה בתחום.  
Eye Control הישראלית הוקמה במטרה לסייע  
לאנשים הכלואים בגופם, שאינם יכולים לעשות  
כמעט דבר חוץ מלהזיז את העיניים, אך מבינים כל  
מה שקורה סביבם ומבקשים לתקשר עם הסביבה –  
כמו חולים במחלות ניווניות ונפגעי תאונות דרכים  
ושבץ. מצבם הקשה וחסר האונים מוכר היטב  
לשלושת מייסדי החברה: שי ראשוני, חולה ALS,  
אלוף משנה במילואים ויו"ר עמותת פרס לחיים,  
השותפה לפרויקט שמעודדת את חקר המחלה;  
סמנכ"ל הטכנולוגיות איתי קורנברג, שחברו נפטר  
מניוון שרירים, ואור רצקין המנכ"ל, שסבתו נפטרה  
מ-ALS.

סיעור המוחות של אנשי Eye Control התחיל  
ב-2014, בסלון של ראשוני. המטרה הייתה לפתח  
מוצר נייד, לביש וזול יחסית למוצרי התקשורת  
הקיימים בשוק, הנאמדים באלפי דולרים עד  
עשרות אלפים; כזה שכל חולה יוכל להרשות  
לעצמו, ובכך לשפר את איכות חייו. כשנה לאחר  
מכן הוקמה החברה.

המוצר של הסטארט-אפ הצעיר מרמת גן  
מאפשר תרגום של תנועות המבט לקול ולטקסט.  
מדובר במשקפיים הכוללים מצלמת אינפרא אדום,  
אוזניים ורמקול, המזהים את תנועת האישונים. "זהו  
מכשיר לביש שלא כובל את המשתמש למסך, וזה  
גם מה שמאפשר למשתמש לתקשר בכל רגע נתון",  
מסביר רצקין. "המצלמה מזהה את תנועת האישון  
והופכת את גלגל העין למעין ג'ויסטיק מתקדם  
המאפשר שליטה במערכת ובאמצעות חיבור  
לבלוטות' – שליטה גם במערכות אחרות".

החברה סיימה ניסויים קליניים במחלקה  
הניורולוגית בבית החולים רמב"ם ורצקין מדווח  
על אחוזי הצלחה גבוהים ועל הסתגלות מהירה  
למכשור: "לאחרונה נוצר עניין גם בקרב חברות  
וגורמים מעולמות תוכן נוספים לצד עולם המכשור  
הרפואי", הוא מוסיף.



## לצייר עם העיניים

הרגן קסטרו, עורך דין ארגנטינאי, הוא חולה  
ALS שחווה בעצמו את השינויים הטכנולוגיים  
המתחוללים בתחום. את ספרו הראשון, "המוזות  
מבקרות אותי עם שחר", חיבר קסטרו בעזרת אביו.  
הבן היה מסתכל על לוח האלף-בית ואביו היה מנחש  
באילו אותיות ומילים הוא בוחר. שנה לאחר מכן,  
כשכתב את ספרו "קווי דמיון וסתירה", מלאכת  
הכתיבה הייתה הרבה פחות סיופית: קסטרו למד  
להקליד בעיניו בעזרת סורק עיניים שפיתחה חברת

המחקר המדעי על מעקב אחר תנועות העיניים  
החל בסוף המאה ה-19. בשנות ה-60 וה-70  
של המאה הקודמת פותחו מכשירים מסחריים  
שעוקבים אחר תנועות העיניים – אז, מסורבלים  
מאוד, כבדים ויקרים להחריד, מה שהשתנה  
מאוד. כיום התחום הזה ממשיך להיחקר באקדמיה  
ולתפתח בתעשייה בקצב מואץ והפך לתחום חם  
בדיסציפלינות שונות שאימצו אותו: זה התחיל  
בעולם הפרסום כבר בשנות ה-80 של המאה  
שעברה והמשיך בתעשיית הרכב, אינטרנט,  
סלולר ועוד (ראו מסגרת).

לא פלא שגם בתחום הבריאות הנושא תופס  
תאוצה, לאחר שפורסמו מאמרים שונים שהוכיחו כי  
ניתן לאבחן מצב קוגניטיבי דרך העיניים. החשיבות  
של גילוי מוקדם, החיפוש אחר פתרונות מותאמים  
אישית ועידוד הטכנולוגיה הלא פולשנית והמהירה  
– כל אלה מקנים ל"מדעי העיניים" נקודות זכות  
לא מעטות ומסקרנות.

גם ישראל, כפי שנפרט בהמשך, נכנסה לשוק  
וסטארט-אפים שונים מפתחים טכנולוגיות שבמבט  
ראשון נראות דמיוניות. אלה מקנות למשתמשים  
עם מוגבלויות שונות, ולעיתים קרובות קשות  
מאוד, יכולת לכתוב, לדבר ולתקשר עם הסביבה  
ואף מאבחנות בעיניים מחלות והפרעות שונות –  
מניוון שרירים, דרך אלצהיימר ועד הפרעות קשב.  
ד"ר שלומית יובל-גרינברג מבית הספר למדעי  
הפסיכולוגיה ומבית הספר סגול למדעי המוח  
באוניברסיטת תל אביב, העוסקת בחקר מערכת  
הראייה ותנועות עיניים, מסבירה שהעיניים  
לעולם אינן נחות וכי תנועות עיניים מסוגים  
שונים הן חלק בלתי נפרד ממערכת הראייה.  
"יש הרבה מה לחפש בתנועות העיניים, כיוון  
שהן מערכות אזוריים נרחבים במוח ומושפעות  
מהם", היא מסבירה. "בשביל לייצר תנועת עין  
פשוטה אנחנו לא צריכים את האזורים הגבוהים  
במוח שאחראים על חשיבה; אנחנו צריכים אזורים  
נמוכים, כמו שיש לבעלי חיים. אבל כשהמטלה  
מורכבת יותר, תנועות העיניים יכולות להיות  
מושפעות מהאזורים הגבוהים במוח, ומתהליכים  
קוגניטיביים כגון קבלת החלטות, קשב, זיכרון  
ועוד. הקומבינציה הזאת היא שהופכת את התהליך  
הזה למורכב ומעניין".

**"אבחון מחלות ותסמינים הוא תחום שבו צריך  
להיזהר", אומרת ד"ר יובל-גרינברג (בתמונה).  
"יש חברות שרצות לפרסם פתרון והן לא  
תמיד שקופות מבחינת המחקר שהן עשו. כדי  
לפתח שיטה שרופא יוכל לאבחן בעזרתה,  
צריך לעמוד בסטנדרטים גבוהים מאוד"**







יוזמי Eye Control מימין לשמאל: איתי קורנבוג, שי ראשוני ואור רצקין. מאפשר תרגום של תנועות המבט לקול ולטקסט

הטכנולוגיה של החברה, כך פרי, "מחלצת תובנות מסימני העיניים באמצעות מצלמה קדמית רגילה שמותקנת בסמארטפונים, ושמשכללת כל הזמן הודות לסלפי. גם אם אנחנו לא מתחרים באיכות של מכשור מדעי שעולה עשרות אלפי דולרים ויכול לעקוב אחר תנועות העיניים העדינות ביותר, האיכות שניתן להפיק ממצלמות הטלפון כבר מספיק טובה בשנים האחרונות". אחד הפטנטים של החברה קשור בחילוף סימני העיניים, כולל גודל האישון, שנמצא בתוך הקשתית. "הפטנט שלנו מטפל בקונטרסט בין הקשתית לאישון – הוא עדין וקטן ושם האתגר. מעבר לזיהוי אלצהיימר ודמנציה, אנחנו יכולים להפיק תובנות כמו עומס קוגניטיבי, סטרס ורמת קשב".

מה ניתן יהיה לעשות עם התובנות הללו? "הנייד ידגום מדי פעם מה מצב המתח שלי, יוכל לזהות סיטואציות שמכניסות אותי למתח ולהציע דרכים לשיפור. כשנוזהה הידרדרות קוגניטיבית, ניתן יהיה להפעיל תהליכים של לימוד ושיפור באמצעות ביופידבק".

היומרה, הוא מוסיף, "היא לא לקרוא מחשבות או לעשות מניפולציות, אלא לייצר ביג דאטה חדש של סמני עיניים ולדעת איך לגלות בעיה רפואית בשלב מוקדם. בעינינו זו בשורה ענקית שפותחת חלון של הזדמנויות לסמנים ביולוגיים שיתנו לנו להבין מה קורה אצלנו בגוף. כיום, אנשים לא עוברים בדיקות קוגניטיביות עד שמופיעים סימנים קליניים, ואז זה לפעמים מאוחר מדי".

בביואי רואים את הטכנולוגיה כפלטפורמה פוטנציאלית נרחבת. בשלב זה, הדגש של החברה הוא על יישומים רפואיים, "שהם הרבה יותר קשים מתחומים מסחריים וביטחוניים, שבהם גם הכסף יותר זמין", מציין פרי. "הפוטנציאל העסקי של התחום הוא ענק. דוגמה לשיתוף פעולה שאנחנו עושים הוא בתחום הביטחוני ונוגע לזיהוי חשודים

"המכשיר שלנו הוא מכשיר לביש שלא כובל את המשתמש למסך, וזה גם מה שמאפשר למשתמש לתקשר בכל רגע נתון", מסביר אור רצקין, מנכ"ל Eye Control. "המצלמה בעצם הופכת את גלגל העין לג'ויסטיק, המאפשר שליטה במערכת ובאמצעות חיבור לבלוטות' - שליטה גם במערכות אחרות"

חברה נוספת שפיתחה טכנולוגיה המאבחנת אלצהיימר היא Retispec שהוקמה ב־2016. מייסדה, אליאב שקד, הוא ישראלי ובסיסה בבוסטון ובטורונטו.

בשוק הישראלי, BioEye הוא סטארט־אפ שייסדו בשנה החולפת ערן פרי וד"ר דובי ילין. ביואי פיתחה טכנולוגיה לגילוי אלצהיימר והידרדרות קוגניטיבית באמצעות ניטור של העיניים דרך המצלמה של הטלפון החכם. הפתרון שהיא מציעה נגיש ופסיבי; אין צורך לענות על שאלונים מפרכים או לעבור בדיקות. "אנחנו רוצים להפוך את המדע, שהוכיח שהעיניים הן ראי של המצב המנטלי והמוחי שלנו, לכלי זמין לכולם. זה האתגר שאנחנו מתמודדים איתו וזו הבשורה שאנחנו רוצים להביא לעולם", אומר פרי, שגם מנהל את החברה.

"מחקרים מהשנים האחרונות מוכיחים שדרך העיניים ניתן לזהות הידרדרות קוגניטיבית עוד לפני שיש סימנים קליניים", מסביר פרי. "אנחנו חושבים שזה המפתח לעתיד המניעה והטיפול בתחום, אחרי מיליארי דולרים ושנים שהושקעו בפיתוח תרופות לאלצהיימר ונחלו כישלונות. כשהגילוי נעשה בשלבים מאוחרים, כדור השלג כמעט בלתי ניתן לעצירה. אם נתפוס הידרדרות בשלבים מוקדמים ונפעיל התערבות, האפקטיביות תעלה דרמטית. חשוב לנו להביא ערך לעולם במקומות שכואבים לכולנו".

בקיץ האחרון זכתה החברה במקום השלישי בתחרות היזמות החברתית THE VENTURE, מבין כ־2,500 מיוזמים חברתיים מ־27 מדינות, לאחר שזכתה במקום הראשון בישראל. החברה מתכננת להתחיל ולמכור את המוצר בסוף השנה. רצקין לא מתחייב כרגע על המחיר, אך טוען כי הוא יהיה "זול משמעותית מהמוצרים הקיימים בשוק".

## אבחון באמצעות הסלפי

לדברי ד"ר יובל־גרינברג, התחום תופס תאוצה הן במחקר והן בתעשייה: "סיבה עיקרית לכך היא ההתפתחות הטכנולוגית במכשירי המעקב וביכולת לעקוב אחר תנועות עיניים. היום אנחנו מקבלים מידע ברזולוציות הרבה יותר טובות ויש לנו תשובות על יותר שאלות. במקביל, יש התקדמות ביכולת לנתח תוצאות בעזרת למידה חישובית ואלגוריתמים".

אילו תופעות פיזיולוגיות ניתן לאבחן בעיניים?

"אם משהו בתהליך הנוירונלי במוח לא עובד כמו שצריך, נוכל לעיתים לראות השתקפות של הבעיה בתנועות עיניים מסוגים שונים. גודל האישון, לדוגמה, מושפע מרפלקסים, או בהפרעות עצביות מסוימות, נראה דפוס חריג של תנועות; למשל, העין לא תתרחב בעקבות הבזק אור. כך גם לגבי מעקב של המבט אחרי האצבע של הרופא. סוג נוסף של תנועת עיניים הן תנועות סריקה; אלה תנועות מהירות מאוד וזו התנועה העיקרית שאנחנו עושים כשאנחנו סורקים את העולם. התנועות הללו מושפעות מהפרעות קוגניטיביות שונות כמו אוטיזם או ADHD (הפרעת קשב)".

בשוק הזה מתחרים סטארט־אפים טריים, כמו גם חברות ענק. לפני חודשים ספורים בישרה Deepmind, חברת הבינה המלאכותית של גוגל, כי היא מפתחת מערכת ראייה ממוחשבת שתאבחן מחלות עיניים בשלבים מוקדמים על בסיס ניתוח צילומי הרשתית. החברה קיבלה גישה למיליון תיקים רפואיים מבתי חולים ציבוריים, וכך מלמדת את מערכת הבינה המלאכותית תבניות של מחלות. אחד היישומים העולים בתחום הרפואי הוא אבחון של אלצהיימר בשלבי המוקדמים, עוד לפני שיש סימנים קוגניטיביים. יש חברות המבטיחות כי לטכנולוגיה שלהן יש יכולת לעשות זאת, ואפילו בתוך דקות ספורות. כזאת היא למשל Neurotrack האמריקאית, שלדבריה מבחן העיניים שפיתחה אורך חמש דקות בלבד. הוא מבוסס על בחינת דפוסים של תנועות העיניים, בזמן שהנבדק צופה בתמונות שמוצגות לו על גבי מסך.

|                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                               |
| סטארט־אפ ישראלי המפתח טכנולוגיה לגילוי אלצהיימר והידרדרות קוגניטיבית באמצעות ניטור העיניים דרך מצלמת הסמארטפון. החברה מקווה לפתח פלטפורמה שתיושם בתחומים נוספים, למשל בתחום הביטחוני | חברה אמריקאית הטוענת כי פיתחה מבחן עיניים שאורך חמש דקות בלבד ומאפשר לאבחן אלצהיימר. המערכת מבוססת על בחינת דפוסים של תנועות העיניים, בזמן שהנבדק צופה בתמונות שמוצגות לו על גבי מסך | חברת הבינה המלאכותית של גוגל מפתחת מערכת ראייה ממוחשבת שתאבחן מחלות עיניים בשלבים מוקדמים על בסיס ניתוח צילומי הרשתית. החברה מזינה למערכת מידע ממיליון תיקים רפואיים מבתי חולים ציבוריים | המוצר של הסטארט־אפ הצעיר מרמת גן מאפשר תרגום של תנועות המבט לקול ולטקסט באמצעות משקפיים הכוללים מצלמת אינפרא אדום, אוזנייה ורמקול, המזהים את תנועות האישונים ומאפשרים תקשורת ברמות שונות | מהחברות הראשונות והמובילות בתחום, שהוקמה ב־2001 בשוודיה ופיתחה את מה שנחשב למכשיר מעקב תנועות העיניים המסחרי הראשון בעולם. פיתחה מגוון מוצרים המיועדים ליצירת תקשורת ולשליטה במכשירים | הטכנולוגיה של החברה הספרדית, שהוקמה ב־2013, מאפשרת להקליד באמצעות מצמוץ ופונה כיום לחולים במחלות ניוון שרירים ושיתוק מוחין. היא מייעדת את הטכנולוגיה לתחומים אחרים, בין היתר להטמעתה בכלי רכב |

## מאמץ גלובלי | חברות הפועלות בתחום מעקב אחר תנועות העיניים ביישומים רפואיים



## לא רק ברפואה

מראיונות עבודה ועד שופינג - השימושים החדשים של "מדעי האישון"

בתחומים רבים נעשה כיום שימוש מעניין במעקב אחר תנועות העיניים, מה שקיבל את השם "מדעי האישון": עולם הפרסום, תעשיית הרכב, אינטרנט, סלולר ועוד.

אחד השימושים החדשים יחסית בתחום הוא סינון מועמדים לעבודה וגילוי שקרים. תחת הסלוגן "The Don't Lie Eyes פיתחה חברת Converus מיוטה, ארה"ב, מערכת לגילוי שקרים דרך העיניים ומציעה מבדקי מהימנות לשימושים שונים: קבלת מועמדים לעבודה, בפרט למשרות בתחום הביטחוני; ובדיקות מהימנות בנושא סמים, שוחד, הדלפות וכיוצא בכך. מבדקי המהימנות של החברה מבוססים על מחקרים שערכו מדענים מאוניברסיטת יוטה, שגילו כי תנועות עיניים, שינוי במצב האישונים וקצב העפעופים מהווים כלי שיכול להעריך שקרים.

העיניים, כתחליף לעכבר ולמקלדת, הן טרנד עולה בעולם הגיימינג. הטכנולוגיה משתמשת בחיישן המובנה במסך, שמנטר את תנועות העין ומתרגם אותן לפעולות. זה קורה לצד הטרנד הגובר של חיישני תנועה שמותקנים במכשירים טכנולוגיים רבים ומאפשרים הפעלה באמצעות מחוות של ידיים, רגליים והסטות ראש. בתחום הזה פועלת למשל eyeSight הישראלית, שהטכנולוגיה שלה מאפשרת שליטה ללא מגע במכשירים דיגיטליים שונים. בכל הנוגע למשחקי מחשב והפעלתם בעזרת עיניים בלבד, ההתנהלות הפיזית הופכת טבעית יותר ולמשתמשים אין צורך בעזרים חיצוניים. גם בתחום זה פועלות חברות ישראליות כגון Umoove הירושלמית, שפיתחה את המשחק umoove experience היוצר אשליית טיסה בהתאם לתנועות העיניים של המשתמש. החברה, אגב, עוסקת גם ביישומים רפואיים לניטור בעיות נוירולוגיות דרך העיניים.

גם מחשבים מאפשרים כיום שליטה באמצעות העיניים במקום העכבר, טכנולוגיה שבה אחת החברות המובילות בעולם היא Tobii השוודית, כשהמטרה היא להפוך את השימוש במחשב לעילי יותר. הנה שתי דוגמאות: הסמן מגיע למקום שאליו מביטים, והעמוד יגלול למעלה או למטה לפי המבט וקצב הקריאה. אחד הפיתוחים המעניינים שלה הוא התוכנה Text 2.0 שעוקבת אחר תנועות העיניים של אדם הקורא ומגיבה בהתאם: מציגה איור או תמונה של ההתרחשות המתאימה בעלילה כשהעין מגיעה לשם, ואף מציגה תרגום למילה שעליה מתעכבת העין.

גם חברות הסלולר בעסק. היכולת להחשיך את הנייד כשאנחנו מפסיקים להביט בו מוטמעת כבר שנים בניידים ויותר ויותר מכשירים כוללים את הפיצ'ר שעוקב אחר עיני המשתמש ובהתאם, גולל את התוכן למעלה או למטה.

תעשיית הרכב מגייסת אף היא את "מדעי האישון". כיוון שהגורם האנושי אחראי לרוב המוחץ של תאונות הדרכים, בשנים האחרונות מפתחות חברות הרכב מערכות ליהוי כניסה למצב הירדמות, כשמערכת חיישנים ומצלמות עוקבת אחר תנועות העיניים וקצב מצמוץ העפעפיים ומתריעה בהתאם. בעתיד אף מדובר על כך שטכנולוגיות מעקב עין וזיהוי פנים יוטמעו בשמשת הרכב, שתתפקד כמסך, והנהג יוכל לשלוט במתרחש ברכב דרך עיניו ותנועות פנים בלבד.

נסיים בתעשייה הראשונה שעשתה שימוש בכלי זה, כבר מאז שנות ה-70: הפרסום. זה התחיל כדרך לבחון את תגובות הצרכנים לפרסומות בטלוויזיה והמשיך במסכים בפרסומות שונות. חברות שונות פיתחו טכנולוגיה שיודעת להצביע על מה בדיוק העין התעכבה ולמשך כמה זמן - בפרסומות או בתוכן מקוון. אחד התוצרים ממעקב כזה הן מפות חום, Heat Maps, המציגות את האזורים שבהם התמקדה ראייתו של המשתמש והן משמשות לניתוח חזונית של דפוסי חיפוש. זה קורה גם בחנויות לא וירטואליות: משקפי Eye Tracking שפיתחה Tobii מאפשרות לעקוב אחר תזוזות העיניים של קונה שמשוטט בחנות, ולנטר על אילו מוצרים הוא הסתכל, באילו מדפים ומיקום ולמשך כמה זמן.



למעלה: יזמי חברת ביו-איי דב ילין (מימין) וערן פרי. למטה: תמונה מתוך הסרט "הפרפר ופעמון הצלילה". לסייע לאנשים הכלואים בגופם

**"מחקרים מהשנים האחרונות מוכיחים שדרך העיניים ניתן לזהות הידרדרות קוגניטיבית עוד לפני שיש סימנים קליניים", מסביר ערן פרי, ממייסדי הסטארט-אפ BioEye. "אם נתפוס הידרדרות בשלבים מוקדמים ונפעיל התערבות, האפקטיביות תעלה דרמטית"**

זמן שעליהם מדווחים אנשים רבים עם הפרעת קשב נובעים למעשה מקושי בקשב מתמשך. אם זה אכן כך, הרי שראוי להשקיע מאמצים בפתרון הקושי בקשב מתמשך, שייתכן ויובילו לשיפור גם בתחום ניהול זמן.

על התעשייה הצומחת בתחום הטיפול דרך העיניים, היא אומרת: "המערכות יוצאות מהמעבדה והפתרונות מבוססים יותר על תוכנה ופחות על חומרה. הטכנולוגיה מתפתחת כך שבעתיד הקרוב נוכל, בעזרת המצלמה בטלפון החכם, לקבל מידע על תנועות העיניים שלנו ואולי אף ללמוד מהן כל מיני דברים על עצמנו.

צעדים ראשונים בחלק מהיישומים הללו קיימים כבר היום. התעשייה והמחקר מתקדמים במקביל בתחום; המחקר מתקדם בצעדים קטנים וזהירים ואילו התעשייה מתקדמת בצעדים גדולים - לפעמים היא מצליחה ולפעמים לא".

יובל-גרינברג מגלה אופטימיות וזהירה לגבי חלק מהיישומים המסחריים שכבר יצאו לשוק. "אבחון מחלות ותסמינים הוא תחום שבו צריך להזהר. יש חברות שרצות לפרסם פתרון והן לא תמיד שקופות מבחינת המחקר שהן עשו. כדי לפתח שיטה שרופא יוכל לאבחן בעזרתה, צריך לעמוד בסטנדרטים גבוהים מאוד, ובהקשר של אבחון קוגניטיבי באמצעות תנועות עיניים, הדרך עוד ארוכה".

renen@globes.co.il

במעברי גבול; אפשר יהיה לעשות מעין פוליגרף דרך העיניים כדי לחפש טרוריסט פוטנציאלי".

## להיזהר מפתרונות קסם

מחקר חדש ומרתק שנעשה במעבדתה של ד"ר יובל-גרינברג, בשיתוף עם פרופ' לילך שלרמבורך וירדן דנקנר מאוניברסיטת תל אביב ופרופ' מריסה קרסקו מאוניברסיטת ניו יורק, עוסק בתנועות עיניים אצל אנשים עם הפרעת קשב.

דרך תנועות העיניים, המחקר מראה שלאנשים הסובלים מ-ADHD יש קושי לבצע מטלות שדורשות ציפייה בזמן. הנבדקים ישבו מול מסך, על גביו הופיעו לפרקים צורות בצבעים שונים, והם התבקשו ללחוץ על כפתור ככל פעם שראו לנגד עיניהם ריבוע אדום, שהופיע על המסך בקצב קבוע או משתנה.

"ראינו שאנשים ללא הפרעת קשב זיהו בקלות שאותו גירוי ויזואלי הגיע בקצב קבוע והם הפחיתו לקראתו את תנועות העיניים, אפילו הלא רצוניות - כלומר המערכת הקוגניטיבית מפחיתה תנועה, נמצאת במינימום, וזו אינדיקציה לציפייה", מסבירה ד"ר יובל-גרינברג. "בקרוב אנשים עם הפרעת קשב, ראינו שתנועות העיניים ממשיכות לעבוד כרגיל וכתוצאה מכך הם לפעמים מפספסים את הגירוי. זה היה המצב בעיקר אצל מי שיש לו קושי בקשב מתמשך, כלומר מתקשה להישאר מרוכז לאורך זמן כאשר הוא מבצע פעילות מונוטונית. יש להם קושי להשתמש במידע של ציפייה ולפעול על פיו, או שהם לא מזהים שהקצב קבוע ולכן מתקשים ליצור ציפייה בזמן ולפעול על פיה".

מה המשמעות מבחינת ההתנהלות של אנשים עם הפרעת קשב? "הרבה פעמים קשה להם לפעול בקונטקסט ולדעת מה הדבר הנכון לפעול לפיו. המחקר עשוי לתרום להכנת התנהגויות מסוימות, למשל אצל ילדים שעונים על שאלה בזמן לא מתאים או שקמים באמצע השיעור. כמו כן, ייתכן שהקשיים בניהול

