

עין ביונית שמופעלת מכוח האור

חוקרים אמריקאים וישראלים פיתחו לראשונה רשתית מלאכותית המופעלת באמצעות אנרגיה סולרית

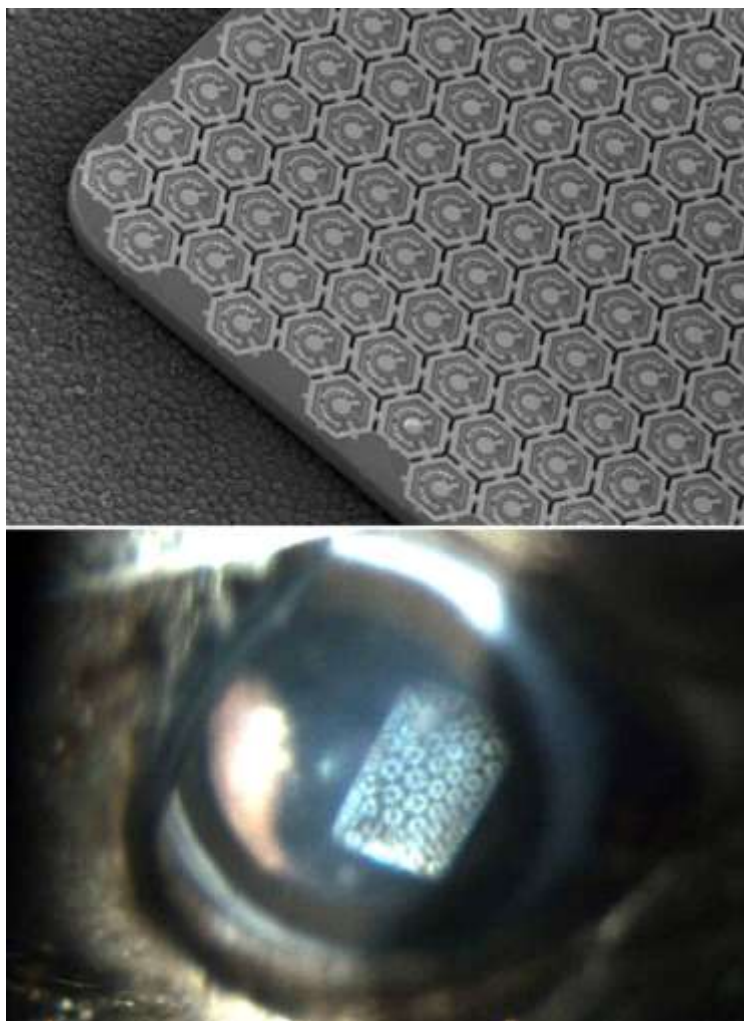
• [דן אבן](#)

• 14.07.2013

בשנים האחרונות מתפתח המחקר הרפואי על [נירו־פרוטזות](#), [אביזרים ביוניים המתחברים למערכת העצבים](#) ו**[מחליפים איברים פגומים](#)**, ובהם **[עיניים ביוניות](#)**, אביזרים לריקון שלפוחית השתן וזרועות ביוניות המסייעות למשותקים.

אחת ההמצאות בתחום, שנמצאת בהליכי פיתוח בכמה חברות רפואיות ואוניברסיטאות במקביל, היא **[רשתית מלאכותית](#)** שנועדה להחליף רשתית פגומה אצל חולים הסובלים מעיוורון ולהשיב להם את מאור העיניים. עתה, חוקרים אמריקאים וישראלים מאוניברסיטת סטנפורד בקליפורניה מפתחים רשתית מלאכותית חדשה המופעלת באנרגיה סולרית ומפיקה באמצעות האור זרם חשמלי כדי להפעיל תאי עצב ברשתית.

רשתית היא החלק בעין ההופך את התמונה הנגלית לאותות עצביים שמועברים בהמשך לפענוח במוח. היא ממוקמת במעטפת הפנימית ביותר של גלגל העין ומורכבת מכמה שכבות. אחת מהן מכילה 120 מיליון תאים הקרויים פוטורצפטורים, שגודלם המזערי הוא כ-5 מיקרון, ההופכים את האור הנראה לאותות עצביים. האותות מועברים לשכבה המכילה 1.2 מיליון תאים הקרויים גנגליון שמקושרים לסיבים המעבירים אותם למעטפת המוח המעבדת מידע חזותי. זאת בתהליך הכולל קוד הצפנה שטרם פוענח במלואו. שכבת תאים נוספת עושה עיבוד ראשוני של האותות העצביים עוד בעין ובטרם הועבר המידע למוח, בין השאר כדי לזהות קווים כלליים ותנועות במרחב.



עין רשתית מלאכותית סולרית. צילום: המעבדה של פרופ' פלנקר

כיום המחלה העיקרית שהיא יעד להשתלת עיניים ביוניות, דהיינו רשתיות מלאכותיות, היא [רטיניטיס פיגמנטוזה](#), הגורמת לניוון מוקדם של הרשתית. המחלה גנטית, מתפתחת אצל אחד לכל 4,000 איש, וגורמת לפגיעה הולכת ומתקדמת בתאי הפוטורצפטורים עד לעיוורון מוחלט, לעתים עוד בשנות ה-50-60 לחיים. מחלה נוספת היא ניוון רשתית של הגיל המבוגר (AMD) ששכיחותה גבוהה בהרבה, הפוקדת לפי הערכות מעל לעשירית מהאוכלוסייה מעל גיל 60. מחלה זו היא הסיבה המרכזית כיום לקבלת תעודת עיוור בישראל, אם כי נזקיה במגמת ירידה בשל טיפולים חדשניים בהזרקות לעין המעכבים את הידרדרות הרשתית AMD. עדיין איננה יעד להשתלות רשתית מלאכותית מאחר שהיא פוגעת לרוב בהיקף הרשתית ואילו מרכז הרשתית נותר שלם ומאפשר ראייה בטווח מצומצם, בדומה לזו שמאפשרות הרשתיות המלאכותיות שנמצאות בפיתוח. החוקרים מקווים כי בעתיד תאפשר הרשתית המלאכותית חדות ראייה גבוהה מספיק כך שגם חולי AMD יוכלו להיעזר בה.

הטיפולים הקיימים למניעת עיוורון בקרב חולי רטיניטיס פיגמנטוזה הכוללים ויטמינים וניסויים בהשתלת תאי גזע לא הצליחו להוביל עד כה לשינוי משמעותי במגמת התעוורתם. לכן מפותחות רשתיות מלאכותיות המחליפות את הפוטורצפטורים בהמרת המידע החזותי לאות עצבי, בניסיון לחדש את יכולת הראייה.

רשתית העין המלאכותית



רשתית מלאכותית בשם [Argus II](#) שפיתחה אחת החברות שהיתה החלוצה בתחום [Second Sight](#), מקליפורניה, ארה"ב - בהשקעה של 150 מיליון דולר - כבר הצליחה כעבור 15 שנות פיתוח ומחקר להשיג בחודש פברואר (2013) אישור לשיווק ממינהל המזון והתרופות האמריקאי (FDA). היא מוצעת כיום למכירה לחולי רטיניטיס פיגמנטוזה שהתעוורו בארה"ב ואירופה בעלות של מאה אלף דולר עד מאה אלף אירו למוצר. רשתית מלאכותית זו כוללת מצלמה המוצבת על גבי משקפיים חיצוניים המעבדים את התנועה וממירים אותה לאותות באמצעות מחשב עם בטריות. המידע מועבר בשידור אלחוטי לרכיב מסיבי המושטל סביב גלגל העין ובתוכו, על גבי הרשתית. מאחר שהרכיב הפנימי שמעביר את האותות המומרים למוח פועל באמצעות האנרגיה שנספגת מהאביזר החיצוני, הוא נדרש להיות גדול ומסורבל והניתוח להכנסתו מסובך יחסית. המוצר, המכיל רק 60 אלקטרודות להעברת אותות למוח, מאפשר כיום לחולי רטיניטיס פיגמנטוזה לקלוט מראות ברזולוציה נמוכה של 60 פיקסלים.

מוצר אחר שנמצא בשלבי פיתוח בחברת [Retina Implant AG](#) הגרמנית הוא רשתית מלאכותית הכוללת מצלמה זעירה שמוחדרת מתחת לרשתית העין, המאפשרת להמיר את התמונה החיצונית לאותות ולשגרם למוח, ללא צורך במשקפיים חיצוניים. עם זאת, כדי שהמצלמה תפעל מתחבר אליה חוט המושחל לצדה הפנימי של הגולגולת עד לנקודת יציאה מעל לקרקפת, שבה נדרשת למצלמה אנרגיה חשמלית. פיתוחים אחרים נחקרים כיום גם [בחברה הישראלית ננו־רטינה](#) והחברה האוסטרלית [Bionic Vision](#).

כאמור, החוקרים האמריקאים והישראלים מאוניברסיטת סטנפורד הצליחו לאחרונה לפתח רשתית מלאכותית מסוג חדש - כזו שאינה דורשת הטענה חשמלית אלא פועלת באמצעות אנרגיה סולרית.

שדה הראייה גדל

בניתוח פשוט יחסית, החוקרים משתילים מתחת לרשתית העין לוחית דקיקה העשויה סיליקון ששטחה כמילימטר מרובע ועובייה 30 מיקרון. היא מכילה מערך של מאות תאים פוטו-וולטאים (photovoltaic cells) שמסוגלים להפוך אור לחשמל. מצלמה חיצונית הממוקמת על משקפיים חכמים קולטת את התמונה מבחוץ, ובדומה ל"משקפי גוגל" גם היא מקרינה את אותה התמונה שנקלטה פנימה לתוך העין ומגבירה את כמות האור בתמונה. בהמשך, הלוחית קולטת את התמונה וממירה אותה בצורה סולרית לאותות חשמליים-עצביים שמגרים את תאי העצב ברשתית. המשך התהליך דומה לזה שמתרחש בעין רגילה - תאי העצב בעין משגרים את המידע באותות למוח. החידוש בשיטה הוא בהעברה בזמנית של המידע החזותי והאנרגיה.

הטכנולוגיה נוסתה לאחרונה בהצלחה בחולדות מעבדה, כפי שמדווחים החוקרים בגיליון יוני של כתב העת Nature Communications. החוקרים הראו כי חולדות עם רשתית פגומה שהושתלו בעיניהן הלוחיות המיוחדות והוקרנו לעיניהן הבזקי אור, המדמים הקרנת תמונה של המשקפיים החכמים, הציגו פעילות באזור הוויזואלי במעטפת המוח והצלילו לייצר מידע המעיד שראו דבר מה.

הניתוח להחדרת הלוחית לעין נחשב לפשוט יותר בהשוואה לרשתית המלאכותית המשוקקת כיום. לדברי ד"ר יוסי מנדל, חוקר ישראלי במחלקה לרפואת עיניים והיחידה לפיזיקה ניסויית בבית הספר לרפואה בסטנפורד, "מבצעים חתך קטן ברשתית ומחדירים לעין צינורית ודרכה מזריקים מתחת לחתך את הלוחית". לוחית אחת שמושתלת מתחת לרשתית של חולדה מכילה 170 פיקסלים הנמצאים במרחק של כ-70 מיקרון זה מזה, בצפיפות המאפשרת לחולדה חדות ראייה בדומה לראייה טבעית. לדברי מנדל, שהוביל את המחקר בחיות, "באופן תיאורטי, יישום הטכנולוגיה בבני אדם יאפשר לרצף את קרקעית גלגל העין בכמה לוחיות, שעל כולן יחד תוקרן התמונה שמתקבלת במצלמה, ויאפשר מאות תאים שיגדילו את שדה הראייה עד ל-30 אחוז משדה ראייה רגיל. תאים אלו יעניקו בעתיד חדות ראייה שתאפשר לשפר את התפקוד של חולי רטיניטיס פיגמנטוזה."

החוקרים מעריכים כי שימוש בכמה לוחיות יוכל לאפשר לטכנולוגיה בבני אדם חדות ראייה שהיא פי 14 נמוכה מזו של אדם בריא הרואה 6-6, באופן שיאפשר לעיור לזהות חפצים בסביבה, לראות תווי פנים באופן גס ולקרוא אותיות גדולות.

המחקר נתמך על ידי מלגות של המכון הלאומי לבריאות בארה"ב (NIH) וחיל האוויר האמריקאי, ובראש צוות החוקרים עומד פרופ' דניאל פלנקר (Palanker), ישראלי לשעבר מהמחלקה לרפואת העין בסטנפורד.

בימים אלה מתכננים החוקרים להרחיב את המחקר לבני אדם וכבר עמלים על ייצור לוחות בגדלים המתאימים להחדרה לעין אנושית. לדברי מנדל, "מאחר שהניתוח להחדרת הלוחית בחולדה היה קל, והעין שלה קטנה פי חמישה מזו של אדם, ההערכה היא כי הניתוח הנלווה לשיטה הוא פשוט יחסית."

הניסוי לבחינת הטכנולוגיה בחולדות העלה ממצא מעניין נוסף: ראייה ביונית באמצעות רשתיות מלאכותיות היא מהירה יותר מראייה רגילה ומאפשרת לאדם לקלוט מידע במהירות גבוהה יותר בכ-30 אלפיות השנייה. "זהו הבדל משמעותי", אומר מנדל. במחקר נמצא כי חולדות שהותקנה בעיניהן הטכנולוגיה והוקרנו להן הבזקים הציגו אותות מוחיים בתוך 15 אלפיות השנייה, מהר יותר מהזמן שחלף בחולדות רגילות (45 אלפיות השנייה). לדברי מנדל, "ראייה רגילה דורשת המרה של אור לסיגנל עצבי שנמשכת זמן כדי לעבד תהליכים ביוכימיים של הגוף. הרשתית המלאכותית מאפשרת לדלג על שלב העיבוד."

לצד הטכנולוגיה החדשה עמל בימים אלה מנדל על תחום חדש שמתפתח בקהילה המדעית של חוקרי הנירור-פרוטוזות - אימון מוחי שנדרש לשימוש באיברים הביוניים. לדברי מנדל, "האיברים הביוניים הללו פולטים אותות שמייצרים במוח תחושה אחרת מזו שקיימת אצל אדם רגיל. יש לאמן את המוח כדי לעבד טוב יותר את המידע מהראייה שמתקבלת ברשתית המלאכותית."

בימים אלה קיבלו מנדל ופרופ' אורי פולת מהמכון למדעי הראייה באוניברסיטת תל אביב מענק מחקר של העמותה "לראות" ומשרד הבריאות כדי לפתח שיטות לאימון מוקדם, תחילה של חולדות ובהמשך של בני אדם, כדי לשפר את עיבוד המידע המתקבל מנייר-פרוטזות.

בסוף מאי דווח ב"הארץ" על [פיתוח בכיוון אחר של צוות חוקרים מאוניברסיטת בר-אילן: עדשת מגע ביונית](#), בטכנולוגיה שמשמשת במערכת הסיבים שיוצאת מהקרנית שבעין לאזורי מוח שונים ומעבדת את המידע החזותי לאותות במצלמה זעירה מחוץ לגוף. המצלמה משדרת את האותות לעדשה הביונית המוצבת על הקרנית, ללא צורך בניתוח, וזו מעבירה את האותות למוח.