

19.18x28.69	1/7	עמוד 26	הארץ - מוסף הארץ	02/10/2026	99231044-2
הסכניון מכון טכנולוגי לישראל - 80616					

מדען בדיוני :

מדבקה קטנה תנטר את גופנו ותאבחן מחלות בשלב מוקדם. על החזון של פרופ' חוסאם חאיק גדעון לב עמוד 26



חאיק. יודע לדמיין דברים שלא חשבו עליהם לפניו, וגם לרתום אחרים כדי להפוך את רעיונותיו למציאות

99231045-3	02/10/2026	הארץ - מוסף הארץ	עמוד 27	2/7	18.44x24.53
הטכניון מכון טכנולוגי לישראל - 80616					

מדען בדיוני :

מדען בדיוני

אם החזון של פרופ' חוסאם חאיק יתגשם, בקרוב נוכל להדביק על גופנו מדבקה קטנטנה שתנטר את הבריאות שלנו ותזוהה מחלות בשלב מוקדם – מאלצהיימר ועד סרטן. זה נשמע משוגע, עד שמגלים מי האיש שמאחורי המיזם השאפתני

גדעון לב צילומים: רמי שלוש

שאני מוכרח לנצח כי אם איכשל אין מי שיגבה אותי. שאני מוכרח להצליח, אחרת אקרוס. זה היה ברמה קיומית".

חאיק גדל במשפחה נוצרית קשת יום, השלישי שיתחך חמישה אחים. "לא ידעתי את זה בזמנו", הוא אומר, "אבל היינו מאוד עניים, מתחת לקו העוני". את המוטיבציה להישגים קיבל מאביו, ג'יהאד ("פירוש המילה הוא 'להשקיע את מירב המאמץ ולהיאבק למען מטרה'", הוא אומר). האב מת לפני שנה מסרטן ריאות, מחלה שבנו הקדיש את עצמו למאבק בה ב-15 השנים האחרונות.

חאיק מספר על נחישותו של אביו. בגיל 21, אחרי הולדת בנו הבכור, החליט האב לעזוב את כפר הולדתו בלא כל תמיכה וללכת ללמוד. בכל בוקר היה קם בשש ויוצא לעבודת הוראה בנצרת כדי לממן את לימודיו ואת משפחתו. בערב למד בטכניון ובליילות הכין שיעורים עד שלוש לפנות בוקר.

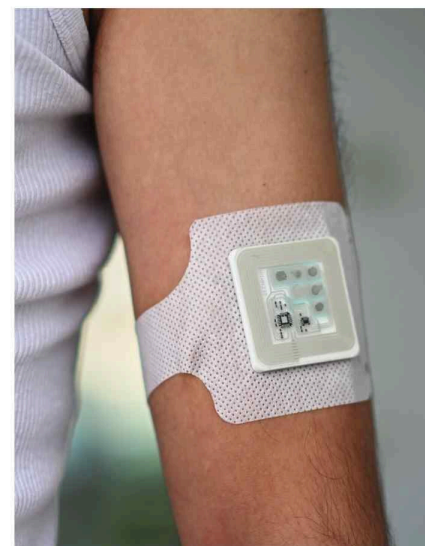
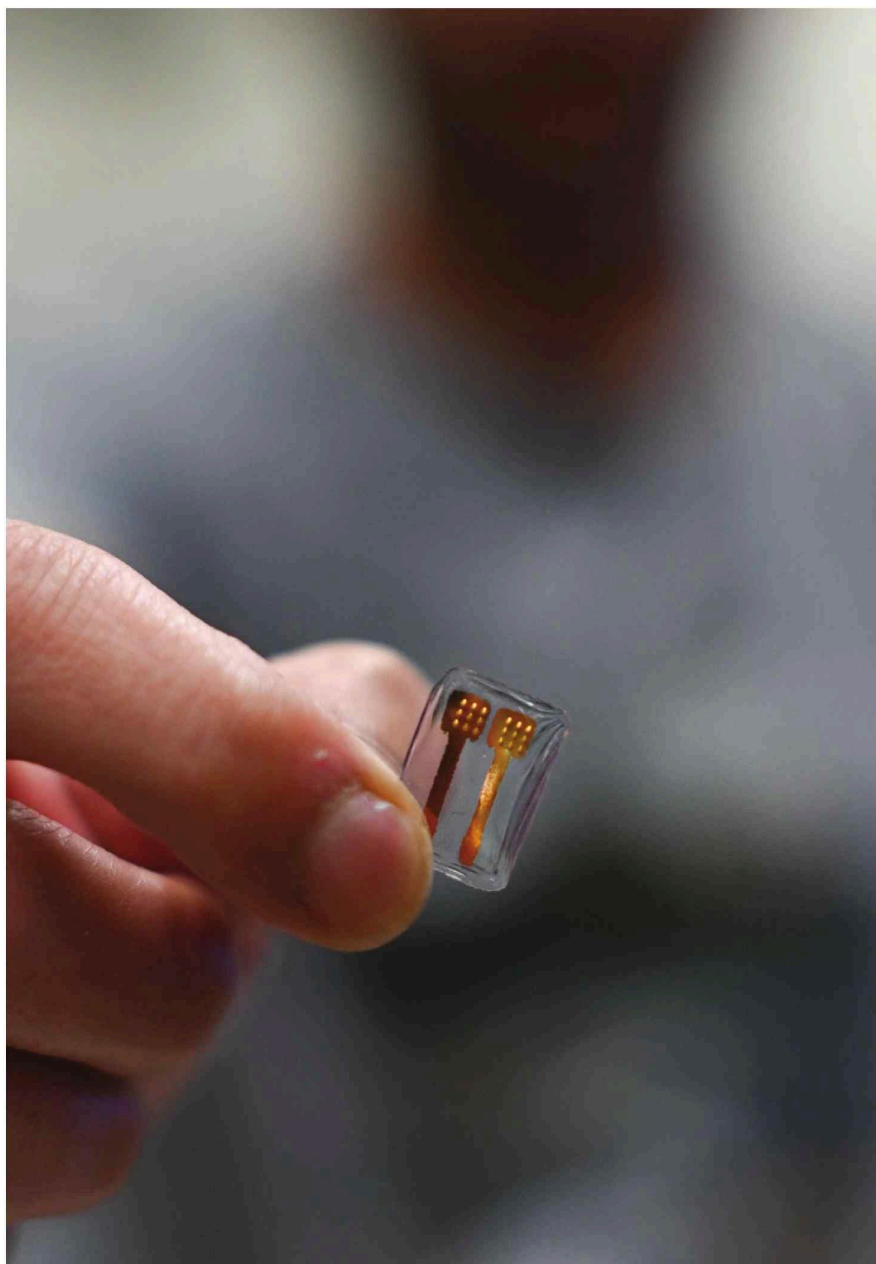
"תתאמץ יותר", היה אומר לבנו שוב ושוב. כך אמר לו גם אחרי שהשלים תואר ראשון באוניברסיטת בן-גוריון, גם אחרי שסיים דוקטורט בטכניון. גם אחרי שקיבל משרת מרצה משהשלים פוסט-דוקטורט כפול, במכון ויצמן ובמכון הטכנולוגי של קליפורניה.

פרופ' חוסאם חאיק מהטכניון. אחד המדענים המצליחים בישראל, הוא בעצם לוחם קראטה מתוסכל. כשהיה ילד בנצרת הצטרף חאיק לחד קראטה ונראה שמצא את ייעודו בחיים. "הייתי סופר-תחרותי", הוא אומר, "עברתי מהישג להישג". אבל כשהיה בכיתה י', חגורה שחורה על מותניו, החליט בלב כבד לפתוש כדי להתמקד בלימודים. "עד היום אני מתחרט על כך", הוא אומר ברצינות גמורה, "יכולה להיות לי קריירה מעולה בקראטה".

חאיק (51), פרופסור להנדסה כימית וננוטכנולוגיה, נשאר לוחם בנשמתו. גם במעבדה הוא משקיע מאמץ מקסימלי, לעתים מוגזם, כדי להגיע ליעדיו, ויש לו אפס מוכנות לוותר על רעיונות. לאורך שיחה של קרוב לארבע שעות חוזרות ועולות דוגמאות לפרויקטים שהיו אמורים להתרסק; אבל חאיק, כמו בולדוג, נעל בהם את שיניו על המטרה ולא שחרר גם כשהוא נכשל, גם אם טכנולוגיה שעבד עליה אינה מוכנה את עצמה, כפי שקרה לאורך הדרך, הוא אינו מרים ידיים. להפך, הוא מגביר את המאמץ, דוחף חזק יותר. אין לו ברירה. זו קללתו, זו ברכתו. "זה כנראה נובע מהילדות שלי", הוא אומר ברגע של התבוננות עצמית. "גדלתי עם תחושה

22.17x28.46	3/7	עמוד 28	הארץ - מוסף הארץ	02/10/2026	99231046-4
הסכניון מכון טכנולוגי לישראל - 80616					

מדען בדיוני :



המדבקה שפיתח חאיק, ואחד החיישנים שבתוכה. החוקרים פיתחו מנגנון שמאפשר למדבקה לתקן את עצמה במקרה של חתך או שריטה, כפי שעושה העור

חאיק באמת מוסיף להתאמץ. אחרי סדרה של פריצות דרך נראה כי החוקר מתקרב למימוש החזון הגדול ביותר שלו: פיתוח מדבקה קטנה שנצמדת לעור כמו קעקוע של ילדים ושיחיישנים על פניה מנטרים בלי הרף את מצבו הבריאותי של הנושא אותה. בתוך שנתיים או שלוש, הוא מבטיח, כבר תהיה המדבקה בשוק בשימוש מסחרי. אם תתגשם ההבטחה, בשלב ראשון תנטר המדבקה מספר מצומצם של מחלות. אחר כך, לדבריו, היא תוכל לזהות בשלב מוקדם רבות מהמחלות המעיקות על המין האנושי, וכן להחדיר לגוף במהירות תרופות שיותאמו באופן אישי לחולה הנושא את המדבקה. וכל זה בעלות של עשרות דולרים בלבד למדבקה המחזיקה מעמד חודשים.

כך יושלם המהפך שחאיק חותר אליו: מרפואה שמגיבה על מחלה לאחר שהתפרצה, במקום מצעות פרוטוקולים כלליים, לרפואה שמסוגלת לזהות סיכון מוקדם למחלה, לעקוב אחר התקדמותה ולהתאים את ההתערבות הרפואית למצבו הייחודי של כל אדם.

אנחנו נפגשים במשרדו המרווח של חאיק בפקולטה להנדסה כימית בטכניון. שני קירות מכוסים כמעט לגמרי בתעודות חוקרה ובפרסיו הצטיינות. באחד הרגעים, כשחאיק עונה לטלפון ("לוח אני חייב", הוא מתנצל), אני מנצל את ההפוגה לספור - 36. על מדף מולו מונח פסל מתכת גדול ושחור של סזיפוס המגלגל את הסלע. "אני מקבל פרס ואחרי שתי דקות חוזר לעבודה", אומר חאיק בשיחתנו.

הדבר הראשון שהוא מדבר עליו הוא דווקא אמנות. לפני כמה חודשים הוא סיים קדנציה כפולה, של שש שנים, בתפקיד דקאן בית הספר ללימודי ההסמכה, שבו היה אחראי על כמה אלפי תלמידי התואר הראשון. הוא מספר בגאווה על יומה שהנהיג: תערוכה שנתית של ציורי סטודנטים בקמפוס. "אפשר ללמוד הרבה מדרך המחשבה באמנות", הוא אומר.

הישג אחר שהוא מציין הוא שינוי תהליכי קבלת סטודנטים. "כשהתחלתי בתפקיד הקמתי

המחלה הראשונה שהמדבקה של חאיק זיהתה היא שחפת – המחלה הזיהומית הקטלנית בעולם. המדבקה נוסתה על כאלפיים בני אדם בהודו, דרום אפריקה ולטביה והשיגה 90% דיוק בגילוי שחפת פעילה, וכן בגילוי שחפת שאין לה סימפטומים

הודמנויות".

ולמרות זאת, מדגיש חאיק, הוא אינו מאמין באפליה מתקנת. "בעיניי, שוויון הודמנויות אינו מתבטא בקידומו של אדם רק משום שהוא משה' תייך לקבוצה מסוימת. אני בגישה של מצוינות וקידום רק על פי זה. יגידו לי שמכל מיני סיבות לא בכל קבוצה יש מצוינים? אז אני אעצים את מי שבאים מהקבוצות האלה, אשקיע בהם משאבים רבים יותר".

אם אתה משקיע בהם יותר כסף, זו לא אפליה מתקנת?

12 ועדות והכנסנו שינויים בשלבי הלימודים", הוא אומר. בין היתר הוחלט על אפיק קבלה ייחודי שמאפשר להירשם עם תעודת בגרות בלבד, ואפילו לא טובה במיוחד. המשך הלימודים נקבע על פי ההישגים בסמסטר הראשון. "מתוך כ-200 סטודנטים שמתקבלים בכל שנה במסלול הזה, כרבע עומדים בדרישות וממשיכים בלימודיהם, וממוצע הציונים שלהם אף גבוה מזה של סטודנטים שהתקבלו במסלול הרגיל", הוא אומר. "אולי גם זה בגלל הילדות שלי, לא יודע, אבל טבוע בי צורך עמוק לקדם נגישות ושוויון

99231048-6	02/10/2026	הארץ - מוסף הארץ	עמוד 32	4/7	20.23x27.43
הטכניון מכון טכנולוגי לישראל - 80616					

מדען בדיוני :



חאיק (בירוק) עם אחיו ואחיותיו בחצר ביתם בנצרת, 1985

"גדלתי עם תחושה שאני מוכרח לנצח, ברמה קיומית", מספר חאיק, שגדל במשפחה נוצרית ענייה. "באקדמיה לא קיבלתי שום הנחות, ועברתי דברים קשים. בזמנו קיבלתי איומים כי אני ערבי שעובד בתחום החיישנים, שזו טכנולוגיה שנוגעת לטילים. עברתי גם השפלות חוזרות בנתב"ג. לכן שוויון כל כך חשוב לי"

את הזינוק הגדול חב חאיק לקראטיסט שב תוכן. לקראת סיום שהייתו במכון הטכנולוגי של קליפורניה (Caltech), התקשר אליו פרופ' יכין כהן מהטכניון, בישר לו שקיבל תקציב להקמת מעבדה והציב לו אתגר: הוא סיפר שיש מענק מהאיחוד האירופי על שם מארי קירי, ששום מדען ישראלי עדיין לא קיבל, ושנותר רק שבוע עד מועד ההגשה. "או ישבתי שבוע, עבדתי 22 שעות ביום, ורבע שעה לפני הדדליין הגשתי

חשבון עצמו ("אחד הדברים הטובים אצלי זה שאני לא חושב"). הצלחה גדולה בעולם המדע תלויה תמיד במחשבה פורצת דרך, אבל לא פעם גם בכישורים חברתיים, שלא לומר פוליטיים - וניכר שלחאיק הכריזמטי יש בשפע מכל אלו. הוא יודע לדמיין דברים שלא חשבו עליהם לפי גיו, ויודע גם להלהיב, לרתום ולהנהיג אחרים כדי להפוך את רעיונותיו למציאות - בחביבות אך גם בנחישות.

"אני לא נותן את הכסף לסטודנטים, אלא משקיע אותו בצוות שיחזק אותם. למשל, כל סטודנט כזה מקבל חונך לאורך תואר שלם. או שאקים מחנה קיץ לפני הסמסטר הראשון שהמטרה שלו היא לדבר ולשמוע עברית. לא דקדוק, לא ביאליק, פשוט לדבר ולשמוע. כי יש סטודנטים ערבים שיש להם בעיה עם השפה העברית". וזה עובד. מאמר קצר שחאיק השתתף בכתיבתו והתפרסם בכתב העת Nature בשנת 2020 מעלה כי מאז 2004 (אז שימש חאיק עוזר המשרה לנשיא הטכניון לענייני שוויון הודמנויות), עלה מספר הסטודנטים הערבים בטכניון ב-200%, מספר הסטודנטיות הערביות ב-350%, ומספר הסטודנטים הערבים המצטיינים ב-1,800%. שיעור הנשירה ירד ב-67%.

אתה עצמך זכית להעצמה או לאפליה מתקנת? "לא, מעולם לא קיבלתי שום עזרה. אני נכנס סתם לאקדמיה, סליחה על הביטוי, כמו טמבל. לא קיבלתי שום הנחות וגם לא הכרתי את הכיילים. אני לא רוצה לפרט, אבל בכמה מהמקומות... אני רוצה לנסח בזהירות (משתתה לרגע, בפעם היחידה לאורך השיחה)... החיים שלי במדינה לא היו קלים".

מתי למשל? "לפני עשור קיבלתי איומים והטרדות בגלל זהותי, ערבי שעובד בתחום החיישנים, שזו טכנולוגיה שיכולה להיכנס לטילים. כל החיים חקרתי בתחום הרפואה, אבל לפעמים הצלחה גורמת לאיום, או שאחרים חושבים שהיא איום. עברתי השפלות חוזרות ונשנות בנתב"ג. בסוף קיבלתי תעודת של 'ערבי טוב' (מדובר בתעודת 'מסלול מהיר' כללית בביקורת דרכונים, שהנפיקה רשות שדות התעופה; ג"ל). לקבל דבר כזה, להגיד, 'אני ערבי טוב, בבקשה תעבירו אותי', זו נקודה של שפל, אבל היו שנים שטסתי 53 טיסות בשנה ולא היתה לי ברירה".

בזמן המלחמה, כימים ששימש דקאן, החליט חאיק להעביר כמה מהבחינות לקמפוס הטכניון בתל אביב בגלל ירי הטילים על הצפון. הוא קיבל שיחות טלפון ובהן איומים על חייו. "אמרתי לי 'נשחט אותך אם לא תשנה את ההחלטה שלך'. במילים האלה. אלימות ועבריינות נעשו נפוצות בחברה שלנו. עברתי הרבה דברים, מאוד קשים, שאני לא רוצה לדבר עליהם. אבל לכן שוויון כל כך חשוב לי".

בחודש יולי האחרון קיבל חאיק שיחת טלפון אחרת. על הקו היה יצחק הרצוג, והוא בישר לו שזכה בעיטור הנשיא. "קיבלתי מדליה מאקדמיית הממציאים של ארה"ב ואת עיטור נפוץ ליאון מממשלת צרפת, אבל לקבל את ההערכה מהנשיא סגר מבחינתי איוה מעגל בחיים", הוא אומר. "כחברה, יש במדינה שלנו בייסליין יפה מאוד. יש גם הרבה רעש, אבל הוא ילך הצידה בסופו של דבר. העקרונות שעליהם קם הטכניון, וקמה המדינה, הם מצוינים".

חאיק חי בחיפה עם אשתו, מהנדסת מזון בחברת ICL, ושני בנים (בני 18 ו-13). הקפדתו מאפיינת לא רק את עבודתו המדעית. הוא אתלטי (שלוש או ארבע פעמים בשבוע אני במכון כושר) ונראה צעיר מ-51 שנותיו. משקפיו ותסרוקתו אופנתיים, בגדיו בהירים. נוהגו לבבי והוא מתבל את דבריו בהומור, לא פעם על

99231047-5	02/10/2026	הארץ - מוסף הארץ	עמוד 33	5/7	20.84x27.8
השכנויות מכון טכנולוגי לישראל - 80616					

מדינת ישראל :

ושכבתי לישון", נוכח חאיק.

הוא חוזר לארץ, קיבל משרה **בטכניון** ואז פרץ מלחמה ("זה היה לבנון השנייה, התחבאתי לא פעם מתחת לשולחן הזה", הוא אומר בחיור). באוקטובר 2006 הגיע מכתב: הוא זכה במארי קי-רי. "לא האמנתי. זה היה 1.73 מיליון יורו, כשהק"רן הלאומית למדע נתנה מענקים של 200 אלף דולר". בזכות המענק השתנתה כליל נקודת הפתיחה שלו. במקום להקים מעבדה עם שני סטודנטים, כפי שאפשר לו תקציב הקליטה הראשוני, הוא הקים מעבדה ובה 17 סטודנטים וחוקרים. חאיק התמחה במיקרו ובננו-אלקטרוניקה, אבל אחרי שחבר טוב מהלימודים חלה בלוקמיה הוא החליט שהוא רוצה לטפל בסרטן. עם כל הכבוד לנחישותו, גם חאיק הבין שלטפל בסרטן הוא לא יוכל, אבל בתחום אחר הוא כן יכול לנ"עוץ את שיניו: אבחון מוקדם.

באותה העת התרוצצה מעין אגדה אורבנית שלפיה כלבים יכולים להריח מחלות (אחר כך הוכחה היכולת באופן מדעי). חאיק גם שמע שהיפוקרטס, אבי הרפואה, היה מריח מחלות כליה וכבד בהבל הפה של החולה. הוא החליט לנסות ולפתח מערכת שתאפשר לאבחן מחלות בשלבים מוקדמים בעזרת איתור תרכובות אורגניות נדיפות (volatile organic compounds או VOC) שהגוף פולט בנשיפה. הרעיון היה שכל מחלה מתבטאת בתערובת ייחודית של מורלקולות, ושאלו יאפשר לאתרה על ידי חיישנים רגישים ומתוחכמים.

את הפיילוט הוא תכנן לבחון בסרטן ריאות. "זה כי אני לא מבין ברפואה", הוא מחייך. "בש"ביל חוסאם המהנדס, הריאות נראו קשורות לנשימה. היום אני מבין שזה לא כל כך פשוט". חאיק חשב שהאתגר הגדול שלו יהיה לפתח חיישנים שיוכלו לזהות סמני מחלה כימיים בה"בל הפה. אלא שעד מהרה התברר שהאתגר יסודי יותר, שכן כלל לא היתה הוכחה ברורה שיש סמנים כאלה. כדי לבסס זאת יצא חאיק למחקר רחב היקף במרכזים רפואיים ברחבי העולם, מסין דרך לטביה ועד ארה"ב. הוא דגם חולים ב-17 מחלות – ובהן סרטן מכמה סוגים, מחלות עצבים כגון אלצהיימר, פרקינסון וטרשת נפוצה, מחלות מידבקות ומחלות זיהומיות. דגימות הנשיפה נבדקו כדי לנתח את הרכבן הכימי.

"מתוך סטטיסטיקה של עשרות אלפי נבדקים, מצאנו שלכל אדם יש חותמת כימית ייחודית של חומרים אורגניים נדיפים בהבל הפה שלו, כמו טביעת אצבע", מסביר חאיק. "ומצאנו גם שלכל מחלה יש טביעה כימית ייחודית שמבחינה אותה מאחרות. זה בעיניי ההישג הכי גדול שלי, ההוכחה שיש בסיס מדעי לגישה של היפוקרטס".

בד בבד פיתח חאיק "אף אלקטרוני" – מכשיר נייד המשלב חיישנים ובינה מלאכותית ומאפשר לנתח נשימה של אדם ולזהות בה סמנים מוקדמים למחלה. "בהתחלה היה גודלו מטר וחצי", הוא מספר, "מועברו אותו בהדרגה". אחת השותפות הראשונות של חאיק בפיתוח החיישנים היתה הפיזיקאית פרופ' סילקה כריסטיאנסן מהאוניברסיטה החופשית של ברלין. "חוסאם פנה אליי ב-2009, אמר שקרא עבודות שלי על ננו-חומרים סיליקון ושהוא צריך כאלה לרעיון שיש לו", מספרת החוקרת למוסף הארץ, "כך התחלנו בשיתוף פעולה".

החיישנים מבוססים על ננו-חומרים צפופים, שעל פני השטח שלהם מחוברות כל מיני מולקולות – מעין "ציפויים" כימיים שכל אחד מהם גורם לננו-חומר להגיב אחרת מעט לחומרים שבאוויר. כך נוצרת סדרה של תגובות מגוונות במערך החיישנים, והדפוס המתקבל מאפשר לזהות את ה-VOC המצויים בנשימה.

"אני לא חושבת שפגשתי הרבה אנשים שהיו נלהבים כל כך ממה שהם עושים, וגם נחושים וחרוצים כל כך", אומרת כריסטיאנסן על חאיק. "הוא גם אחד המקוריים שפגשתי. היום כולם שמעו על AI אבל כבר אז הוא השתמש בלמידת מכונה לניתוח נתונים באופן מסחרר. זו היתה חדשנות ברמה אחרת לגמרי".

"החיישנים שפיתח חאיק מסוגלים לזהות בנישיפה נוכחות או היעדר של מולקולות מסוימות", אומר פרופ' טל דביר, חוקר בתחום הנדסת רקמות ואיברים מאוניברסיטת תל אביב. "זו משימה מורכבת במיוחד, שכן ריכוזן בגוף נמוך מאוד. היכולת לזהות מולקולה ספציפית בתוך תערובת עצומה של מולקולות אחרות מחייבת להתגבר על רעשי רקע ומיסוך. כל חיישן מותאם למולקולת מטרה מסוימת, והוא פיתח חיישנים המיועדים למגוון יישומים".

בביקור באחת המעבדות שלו **בטכניון** חאיק מראה לי את הדגם האחרון של אף אלקטרוני, גורדלו כגודל כף יד. "למכשיר יש כ-88% דיוק – יותר ממכשירי דמות", הוא אומר לדבריו, כבר עכשיו אפשר לזהות בעזרתו 17 מחלות, אך עד כה הוא קיבל מה-FDA מעמד של "מכשיר פורץ דרך" רק לשתיים מהן – סרטן ריאות ופיברוזיס מתקדמת בכבד שאינה נובעת מצריכת אלכוהול – מחלה שהיא גורם סיכון נרחב לשחמת, לסרטן הכבד ולמחלות לב. "זה תהליך ממושך של כמה שנים", אומר חאיק על הליך האישור הרגולטורי. כיום המכשיר משמש באופן ניסויי בבתי חולים בעולם לאבחון שתי המחלות. מחקרים כבר הראו שביכולתו לזהות סרטן ריאות בשלבים מוקדמים, שבהם הגידול עדיין עשוי להיות מקורי, ולעיתים עוד לפני הופעת תסמינים של ממש. מחקר מעבדה הראה שהמכשיר מסוגל אף לזהות תאי סרטן מעטים בדם.

ניסויים מוקדמים נעשו גם במחלה נדירה שקשה מאוד לאבחן: יתר לחץ דם ריאני עורקי. בניסוי השתתפה פרופ' סילביה כהן-קמינסקי, מומחית למחלה מאוניברסיטת פריז-סאקלה. "פעמים רבות האבחנה מתעכבת בכמה שנים, מכיוון שהאבחון מצריך אשפוז וצנתור", אומרת החוקרת למוסף הארץ, "כיום אין אפשרות טיפולית, והחולים מתים בממוצע בתוך שלוש שנים מהאבחנה".

כהן-קמינסקי מספרת שהתוודעה לחאיק אחרי שקראה, על חוף הים בצרפת, מאמר ב"לה מונד" על מחקריו. "נפגשתי איתו, וכשהצעתי ליישם את זה ביתר לחץ דם ריאני עורקי הוא אמר מיד 'כן, נלך על זה'. יצרנו מעבדה בינלאומית והיא פעלה שמונה שנים. התוצאות הראשונות היו יוצאות דופן, משום שנוסף על היכולת להבחין בין חולים לנבדקי ביקורת, האף האלקטרוני הצליח גם לזהות חולים שנשאו מורטציה גנטית שהגבירה את הרגישות למחלה". החוקרים לא קיבלו מענק המשך, כך שהמחקר עדיין לא התקדם מעבר לתוצאות הראשונות המבטיחות.

פרופ' ניר פלד, מנהל אגף האונקולוגיה בש"ערי צדק ויו"ר העמותה לחולי סרטן הריאה, עו"ד עם חאיק על פיתוח חיישנים לאפיון מולקולרי מדויק של תאי סרטן מסוג זה. לדבריו, המערכת שפיתחו מסוגלת לזהות גם את התגובה לטיפול וגם את התקדמות המחלה מהר יותר מאמצעים קליניים אחרים. "הרחבנו את השימושים לכמה סוגי סרטן ולמקומות אחרים בעולם", הוא מציין. "כלומר הראינו שהטכנולוגיה חוצה תרבויות ויודעת לנטרל השפעות מקומיות על החלקיקים הנדיפים, ובהן סוגי תזונה".

פלד מסביר כי לכל סוג סרטן נדרש זיהוי של האות המסמן את המחלה בשלבים מוקדמים, של אות אחר המשקף מחלה בשלבים מתקדמים יותר וכן של אותות המסמנים את התגובה לטיפול. כרגע, לדבריו, יש מידע כזה על שבעה סוגי סרטן שכיחים: ריאות, שד, קיבה, המעי הגס, ראש וצוואר, שחלות וכליה. "החזון הוא שהמערכת תהיה כלי זול, זמין ומדויק, אבל הטמעת דברים חדשים אורכת זמן רב בעולם הרפואה".

פרופ' ג'ונתן סלימן, חוקר הביולוגיה של הסרטן מאוניברסיטת היידלברג, אומר למוסף הארץ כי החיישנים שחאיק מפתח הם אמצעי לניצול מאגר עשיר של סמנים ביולוגיים שעד כה כמעט לא נעשה בו שימוש. לדבריו, תיקוף קליני של הטכנולוגיה צפוי להיות תהליך ארוך שיצריך קבוצות גדולות של מטופלים. אחת הסוגיות שהיה צריך לבחון, הוא אומר, היא שאותות ה-VOC יהיו ספציפיים מספיק, מכיוון שכמה מצבי מחלה יכולים להגיב תוצאה חיובית אחת. כעת סלימן משתתף בניסוי שנועד לבחון את הגישה החדשה. "חאיק הוא מדען מצויני", הוא אומר, "יש לו חזון גדול, והטיעונים שהוא מציג משכנעים. אבל צריך להוכיח אותם בעולם האמיתי. זה בדיוק הכיוון שאליו אנחנו הולכים".

חדשני ככל שיהיה, חאיק לא עצר באף האל-קטרוני. היעד הבא התבהר לו בנסיעת מונית משדה התעופה במומביי. "עברתי באזור עני מאוד, אנשים חיים כמעט בלי תשתיות", הוא נזכר. "חשבת, איך האף האלקטרוני יוכל לעזור להם אם אין פה חשמל וציפה? ועוד יותר חשוב – איך אפשר לעזור להם לנטר את הבריאות שלהם בעלויות שהם יכולים להרשות לעצמם, כשהם חיים בפחות מדולר ליום?"

חאיק שבר את הראש, ואז היה לו רגע של אאוריקה: האם ייתכן שהחומרים האורגניים המשתחררים בנשימה נפלטתם גם דרך העור? צוותו יצא לבחון את ההיפותזה, ומצא כי אכן אפשר למדוד ולנתח VOC המשתחררים מהעור מהנדס המעבדה ווללא סליבא מראה לי את הדור הבא בניטור. הוא מניח על זרועי מדבקה קטנה, ארבעה על ארבעה ס"מ גודלה. יש בה מעגלים חשמליים ושישה חיישנים ועזרים, שקולטים כל העת את החומרים הנפלטתם מעורי ומשדרים את הנתונים לאפליקציה בטלפון. "המוצר בודק אותך כל הזמן ומשווה אותך למאגרי סטטיסטיים של חולים ובריאים במגוון מחלות", הוא אומר, "אם הוא מזהה תנועה בכיוון של חולי הוא מתריע".

המדבקה עודנה בשלבי פיתוח, אבל מהפכת ניטור הבריאות כבר בעיצומה, ובשלב זה היא מתבססת על מכשור זמין כגון טבעות ושעונים

99231050-9	02/10/2026	הארץ - מוסף הארץ	עמוד 34	6/7	20.56x27.28
הטכניון מכון טכנולוגי לישראל - 80616					

נדען ביוני :

החזון אינו עוצר באבחון. חאיק להפוך את המדבקה למערכת רפואית שתספק טיפול ותעקוב אחר השפעתו: "המדבקה תרכז תמונה מתמשכת על מצבו של האדם. אם יתגלה אות המעיד על סיכון לפרקינסון, למשל, נוכל לחבר אליה מחסנית זעירה עם תרופה להאטת התקדמות המחלה"

גם בגילוי שחפת סמויה, כלומר שחפת שאין לה סימפטומים אך עלולה להתפתח למחלה פעילה. אחת הבעיות היתה שהמדבקה דקה מאוד, ולכן עלולה להיחתך או להישרט. חאיק חשב על פתרון: פיתוח מדבקות שיתקנו את עצמן במקרים של פגמים או כשלים - כמו שעושה העור ואכן, החוקרים פיתחו פולימר שבו השרשראות מחוברות באמצעות קשרים כימיים המאפשרים להן להתחבר מחדש לאחר שהחומר נחתך. "ברגע שנוצר חתך, המולקולות בשני צדדיו יכולות להיחבר מחדש זו לזו, והן עושות את זה בתוך כש"לשים שניות באופן אוטונומי ובלי צורך בחימום, בקרינה אולטרה-סגולה או בגירוי חיצוני אחר", מסביר חאיק. "זה פנטסטי רבים, רק העניין הזה" בסך הכל, הוא אומר, יש לו כבר קרוב למאה פטנטים רשומים שמקורם במעבדה שלו. "כל מרכיבי הטכנולוגיה כבר בידינו - החיישנים, האלגוריתמים לעיבוד המידע, ויכולת הריפוי העצמי של החומר", הוא מוסיף ואומר "המדבקה כבר קיימת, עלות ייצורה מעט יותר מדולר, והיא שומרת על תפקודה במשך חודשים. עכשיו צריך לבחון את ביצועיה בתנאי אמת ולהוכיח את יכולתה לזהות מחלות באופן אמין". לאחר שהוכחה בשחפת, כעת חאיק מנהל ניסויים רחבי היקף, בהשתתפות עשרות אלפי בני אדם, שמטרתם לזהות את החתימות הכימיות האופייניות למגוון מחלות נוספות: מלריה, קורונה ומחלות ניווניות וזיהומיות, וכמה סוגי סרטן. הניסויים נעשים במסגרת מאגדים ובהם שותפים רבים - מעבדות, בתי חולים וחברות מסחריות - במימון האיחוד האירופי. בקרוב יסיים חאיק ניסוי כזה בסרטן ריאות בהשתתפות 5,600 נבדקים, שנעשה עם 20 שותפים וזכה במענק של 14.8 מיליון יורו. עוד מאגד, ובו 3,700 נבדקים, 18 שותפים ותקציב של 8 מיליון יורו, נועד לגייס לוי מוקדם של סכיזופרניה. "אנחנו מנטרים אוכלוסייה שיש לה פסיכוזה במשך שנה וחצי עד שלוש שנים כדי לגלות סימנים התחלתיים, לפני התפרצות המחלה. ככל שמטפלים בסכיזופרניה מוקדם יותר, המחלה מואטת". כמה ימים לפני פגישתו קיבל חאיק הודעה על זכייה במענק מאגדים נוסף בסך 8 מיליון יורו - לזיהוי פרקינסון, בהשתתפות 6,000 נבדקים, עם 20 שותפים. "ידוע שגילוי פרקינסון ומתן תרופה בשלבים ראשונים עשויים להקל את התסמינים", הוא אומר. המחלה נובעת משינוי לוב של גורמים סביבתיים וגנטיים, וחשיפה לחומרי הדברה, מזהמים ומתכות מסוימות עשויה למלא תפקיד בהתפרצותה. החוקרים יבצעו ניסוי נבדקים בסיוע פרקינסון, למשל חקלאים שנחשפים לאורך זמן לחומרי הדברה וידוע שסובלים משיעורי מחלה גבוהים, תוך שימוש במדבקה בעלת שני צדדים - האחד פונה לגוף והשני מנטר את הסביבה. בחמש השנים האחרונות זכו חוקרים מהטכניון בשישה מענקי מאגדים בניהולם - שלושה

יותר אחרי אורו, דווקא, לעומת גלידה. מחקרים שעשינו הראו שאם עונדים אחד מהמכשירים האלה, בתוך עשרה ימים חל שיפור בהרגלי האכילה וברמות הגלוקוז". סניידר מציין כי כ-40% מתושבי ארה"ב טרום-סוכרתיים, ו-80% מהם אינם יודעים זאת. מכיוון שרוב הטרומ-סוכרתיים ייפכו לסוכרתיים, חשוב לזהות מוקדם בעיות בוויסות הגלוקוז. "אני מקווה שבעוד עשר שנים כולם יענדו מכשיר כזה או שניים, והם ינטרו את המדדים הפיזיולוגיים ואולי גם יעשו מדידות ביוכימיות", אומר סניידר. "הרבה חוקרים עובדים על מדידה של מגוון חומרים בה בעת וברציפות". נחזור לאחד מהם. המחלה הראשונה שאבחנה המדבקה של חאיק היא שחפת - המחלה הזיהומית הקטלנית בעולם, שפוגעת במיוחד באוכלוסיות במדינות שיש בהן גישה מוגבלת לאמצעי אבחון מתקדמים. את המימון קיבל חאיק מקרן ביל ומלינדה גייטס. הוא מספר כי

חכמים. אחד ממפתחיה הוא פרופ' מייקל סניידר מאוניברסיטת סטנפורד. סניידר עצמו נאה דורש ונאה חובש: על גופו לא פחות מתשעה שעונים, טבעות וחיישנים. בשיחת וידאו עם מוסף הארץ הוא מפנה למסך את לחיו השמאלית וחושף את המצטרף האחרון - חיישן מתכתי קטן, Temple שמו, הצמוד לרקתו ומנטר את מערכת כלי הדם הקטנים שלו. "אני נראה כמו סייבורג", הוא אומר בהנאה גלויה. במעבדה של סניידר מנתחים באמצעות AI נתוני עתק מנבדקים העונדים מכשירים מכל מיני סוגים, כדי לזהות מצבי בריאות וחולי. המכשירים הקיימים בשוק מודדים קצב לב, שינויים בקצב הלב, רמות חמצן בדם, לחץ דם, קצב נשימה, מוליכות חשמלית של העור ודפוסי שינה. המידע כבר משמש את סניידר לזיהוי מוקדם של מחלות זיהומיות, נגיפים של דרכי הנשימה והפרעות קצב לב, ובהן פרפור פרוזדורים. כיוון מחקר חדש שלו הוא איתור סמנים לבעיות



החוקרים במעבדה של חאיק בטכניון, 2017. מנהל ניסויים בהשתתפות עשרות אלפי אנשים ברחבי העולם

גייטס עצמו הביע עניין אישי בפרויקט, כנראה בזכות פשטות השימוש במדבקה, לצד עלות הייצור הנמוכה מאוד שהבטיח חאיק - דולר אחד למדבקה. עד היום הצליח הצוות לפתח מדבקה בעלות של דולר וחצי. המדבקה נוסתה על כאלפיים בני אדם בהודו, דרום אפריקה ולטביה, והשיגה כ-90% דיוק בגילוי שחפת פעילה מול קבוצת בקרה. כך היה

נפשיות - חרדה, דיכאון ומתח. מה תמליץ לאדם מהיישוב, לא גיק טכנולוגי, לעשות היום? "לך תשיג לעצמך מד גלוקוז. מצמידים אותו כמו מדבקה לכתף והוא יעיל מאוד. אחרי שתש"תמש באחד כזה ותראה את רמת הגלוקוז שלך בטלפון, לא תאכל עוד באותו האופן. כל אדם מגיב אחרת על מזונות. אצל רבים הגלוקוז מונק

הירקון 3 בני ברק, מגדלי LYFE בניין B טל. 03-5635050 פקס. 03-5617166

יפעת מידע תקשורת

99231051-0	02/10/2026	הארץ - מוסף הארץ	עמוד 35	7/7	20.51x27.14
הטכניון מכון טכנולוגי לישראל - 80616					

נדפס בדיוני :

עוד לפני המדבקה, פיתח חאיק "אף אלקטרוני" שמנתח נשימה של אדם ומזהה בה סימנים מוקדמים למחלה. המכשיר משמש כיום באופן ניסויי בבתי חולים בעולם לאבחון סרטן ריאות, ומחקרים הראו שביכולתו לזהות את המחלה בשלבים מוקדמים, לעתים עוד לפני הופעת תסמינים ניכרים

עשויה לטפל בבעיה שלשמה ניתנה, אך בה בעת להשפיע על איברים ורקמות בריאים, אומר חאיק. "ראיתי מקרוב את הטיפולים שאבי ז"ל קיבל בבית החולים, והחווייה הזאת חידדה לי את הצורך בטיפול מדויק ואישי יותר. כיום טיפולים רבים ניתנים על פי פרוטוקול אחיד שנקבע מראש, אף שלא כל המטופלים מגיבים כאותו

שהילדים שוככים לישון, ולפעמים ממשיך עד הבוקר. אבל הסוד הכי גדול זה שגידלתי אנשים שאני יכול לסמוך עליהם".
אתה יכול לזקק את החזון שלך?
"הכיוון הוא רפואה מותאמת אישית, מדויקת ולא פולשנית. כל הטכנולוגיות יחד ישמשו לה- תאים אבחון לאדם עצמו תוך התחשבות בגוף

מהם בניהול חאיק (על פי נתוני הרשות לחדש- נות, בחמש השנים הללו ניתנו בסך הכל 58 מע- נקים כאלה לחוקרים ישראלים). לפני כן ניהל חאיק עוד חמישה מאגדים זוכים (שבין היתר חקרו את סרטן המעי הגס, מלנומה ומחלות ריאה). "סיכויי ההצלחה בהגשה הם שניים עד שלושה אחוזים", הוא אומר. "לנהל מאגד פירוש לגבש חזון מדעי, לזכות במימון ולרתום חוקרים רבים להגשמתו. מאחורי כל זכייה כזאת עומדות אינספור שעות של עבודה, כנסים ושיחות".

נוסף על מחקריו, חאיק גם הקים חמש חברות. אחת מהן, FeelIt Technologies, כבר מוכרת מוצרים במיליוני יורו בשנה. ראשיתה של החברה בכישלון. החוקרים ניסו לפתח חיישנים כימיים, אך לא הצליחו. במקום זאת הם מצאו כי החומר שפיתחו מגיב ללחץ מכני. לבני אדם זה לא התאים - אבל למכונות דווקא כן. החיישן מסוגל לנטר את מצבן של מכונות ושל תשתיות גדולות ולאתר פגמים ותקלות כבר בשלבים מוקדמים.

חברה שנייה היא Nanose Medical, המייצרת את המכשיר לבדיקות נשימה למחלות. שלישית היא NanoVation, שפיתחה מדבקה המנטרת קצב נשימה אצל תינוקות וילדים, לזיהוי דום נשימה בשינה, וכן משמשת חולים במחלות ריאה. חברת Harmony מפתחת טכנו- לוגיה לגילוי שינויים הורמונליים אצל נשים ו- Sunshine מפתחת מערכת לגילוי סרטן קיבה. "יש עוד כמה בדרך", הוא אומר.

חאיק פרסם יותר מ-500 מאמרים בכתבי עת מדעיים, ועל פי Google Scholar הם צוטטו יותר מ-36 אלף פעמים. הוא מציין כי כמעט בכל המאמרים הוא המחבר העיקרי ולא רק שותף פסיבי. בעת שהיה דקאן פרסם גם שני ספרים. "אמרנו לי שכניסה לתפקיד ניהולי תגרום בהכרח לירידה ניכרת בתפוקה המדעית, אז קיבלתי על עצמי אתגר בשנים האלה". ואכן, מספר הפרסומים, הציטוטים והיקף מענקי המחקר שלו לא רק שלא ירד בשנות הדקאנות, אלא אפילו עלה.

האתגר היה גדול במיוחד. פרופ' עודד רבינו- ביץ', המשנה לנשיא לעניינים אקדמיים **בטכ- ניון**, מזכיר שחאיק שימש דקאן בזמן סגרי הקורונה, ההפגנות נגד ההפיכה המשטרית, המ- לחמה בעזה ואפילו התקפת סייבר שבגללה פעל **הטכניון** כמה שבועות בלי מערכות מחשוב. "כל השיטות והכללים ששירתו אותנו שנים ארוכות נשמטו לנו מתחת לרגליים בתקופה הזאת", אומר רבינוביץ', "הוא מודל לחיקוי לרבים".
חוסאם, זה לא נורמלי, נכון? לפרסם 500 מא- מרים, לנהל שמונה מאגדים, להקים חמש חברות, ולשמש דקאן שתי קדנציות בזמן מגפה ומלחמה.

"הכי חשוב זה ניהול זמן. יש לי המון פגיו- שות, והעזרת שלי מקבלת הנחה - פגישה זה גג רבע שעה. ואני גם הרבה בבית עם המשפחה. זה לא אומר שאני לא עובד בלילות אחרי



חאיק בפגישה עם ביל גייטס, 2018. הבטיח לאיל ההון שעלות הייצור של כל מדבקה תהיה דולר אחד בלבד

האופן. אם נוכל למדוד בזמן אמת את יעילות הטיפול, ייתכן שבעתיד יהיה אפשר להתאים לכל אדם את הטיפול המדויק לו. כחזו את העי- קרון בניסויים בבעלי חיים, והתוצאות הראשו- ניות היו מבטיחות מאוד".
יש משהו שיכול לחסום אותך?

"אבני הבניין המרכזיות של הטכנולוגיה כבר פותחו והוכחו. אנחנו שם, זה לא מדע בדיוני. אני מעריך שבתוך שנים אחדות נראה שימוש מסח- רי במדבקות שיוכלו לזהות סרטן ריאות, שחפת ושינויים הורמונליים אצל נשים. מימוש החזון המלא יהיה כרוך בזמן רב יותר: תחילה יהיה צורך באימות קליני מקיף, ולאחר מכן תידרש התמודדות עם תהליכי הרגולציה, התאמת הטכ- נולוגיה לייצור תעשייתי והבאתה לשוק. בסופו של התהליך אני מאמין שתהיה בידינו מדבקה שתנטר בעת ובעונה אחת סמנים שמקורם בגוף וגורמי סיכון בסביבה שעלולים להשפיע על הת- פתחות מחלות, ושתגן עלינו מפניהם". ■

שלו ובסביבה שלו".
אם יתממש החזון יוכל כל אדם להצמיד לגופו מדבקה וזוהי שתנטר ברציפות אותות פיזיולוגיים וכימיים ותזהה שינויים במצבו הבריאותי - מעייפות והתייבשות, דרך הידבקות בנגיף ועד סימנים מוקדמים לסרטן או לפרקינסון.
החזון אינו עוצר באבחון. חאיק רוצה להפוך את המדבקה למערכת רפואית שלמה, שתוכל גם לספק טיפול מותאם ולעקוב אחר השפעת הטיפול. "המדבקה תרכו תמונה מתמשכת של מצבו הבריאותי של האדם", מסביר חאיק. "אם יתגלה, למשל, אות המעיד על סיכון לפרקינסון, יהיה אפשר לחבר אליה מחסנית ועזירה המכילה תרופה להאט התקדמות המחלה. זה יעבוד בסוגי מחלות רבים ואתה תכונן את המחסנית בהתאם לאות שמראה סיכון".
מתן תרופות ממוקד כזה גם יאפשר התאמה מדויקת יותר של המינון ומשך הטיפול, ובכך יצמצם את הסיכון לתופעות לוואי. "כיום תרופה