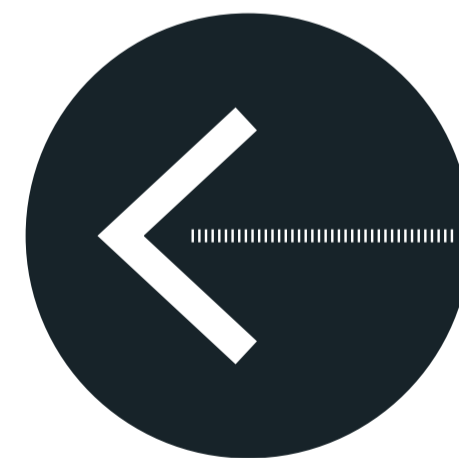


# הזדהו אדם?



## 1.

### מכון גרטנר בתל השומר ריפוי גנטי

בשעת צהריים במשרדה בבית החולים תל השומר, נסחפת ד"ר אורנה טל בתיאור טכנולוגיות רפואיות מלאות קסם. "מיפוי הגנום האנושי הסתיים לפני שנתיים והיום כל אחד יכול למי פות את הגנום שלו", מוכירה בהנאה טל המכנהגת כראש תחום חיזוי טכנולוגי במכון גרטנר, מכון המחקר הלאומי לחקר אפי-דמיולוגיה ומריגניות בריאות. "היום, תמורת אלף דולר, כל אדם יכול לדעת את כל התכונות שלו על פי דגימת דם. היכולת להשתמש בטכנולוגיה הזאת היא מדהימה. אנחנו יכולים לקבל מיפוי של מרבית המחלות שעלולות לפרוץ אצלנו. אנחנו יכיר לים להכיר את הגוף שלנו באופן שונה לחלוטין מכפי שהיה לפני שנים מעטות. כמוכן שעולה השאלה אם נרצה לדעת מה מצפה לנו בשלב מסוים בחיינו: אלצהיימר, סרטן, או שבץ מוחי – אבל האפשרות לערוך טביעת אצבע גנטית עומדת בפנינו".

טל, המכנהגת גם כראש אגף למריגניות טכנולוגיות רפואיות במשרד הבריאות, רואה מולה עולם חדש שמתקדם מתוך שלל התפתחויות מדעיות בתחומי הרפואה, הטכנולוגיה והגנטיקה. "עם השלמת פרויקט גנום האדם, אנחנו עדים להתפתחות מהירה של רפואה חדשה ושונה מאוד מכל מה שהכרנו", היא ממשיכה. "היום פרוצדורות של ריפוי גנטי נמצאות בשלבי ניסוי מתקדי"



דוגמים: אורן מולד ואילה ל-pipo  
ניצוב שיער ואיפור: פטריק עובד לסולי

ברור שאנחנו יכולים לא רק לאפיין מחלות אלא גם לבחור תכונות כמו צבע עיניים, צבע שיער, גוון עור וגובה מצטבר. עם התקדמות נוספת בתחום, נוכל גם לאפיין תכונות כמו כישרון אמנותי, יכולת מתמטית, תכונות אופי ואלימות. נוכל לבחור עוברים שלא יהיו בעלי תחלואה שנוהה מראש. בצורה כזאת אפשר יהיה להעלים לחלוטין מחלות לב או סרטן מסוים. פשוט נימנע מהולדת עוברים בעלי סיכוי לאותן מחלות".

עולם בלי סרטן וכלי מחלות לב ישנה באופן דרמטי את האופן שבו אנחנו מתייחסים לתחלואה?

"כבר היום יש שינויים דרמטיים. אם פעם חשכנו שמחלות כלי דם ולב הן הבעיות האקוטיות שלנו, הרי שהיום ישנן מגיפות חדשות. אנחנו מוטרדים הרבה יותר מהשמנת יתר וסוכרת בקרב ילדים. היום כל אדם שלישי בין הגילאים 20-10 בישראל, נחשב שמן. יש היום תחלואה חדשה שיותר רחוקה לרפואה להתמודד איתה, כמו דיכאון, מחלות נוירולוגיות, התבודדות האדם. ארגון הבריאות העולמי פחות עוסק היום במחלת הסרטן, אלא במחלות זיהומיות, בוירוסים, כמו איידס וסארס, בעוד שבעבר חשכנו שהתחלואה הזיהומית הורבה. בשנה שעברה כל העולם היה טרוד משפעת החזירים, דיברו על שואה שעשויה להתפרץ ולהביא למות של פלחים עצומים באוכלוסייה. ממרי התחלואה בהחלט משתנים, ואם פעם התייחסו לוירוס כאל מחלה קלה וחר לפת, היום וירוס יכול להיות איום בינלאומי. אם פעם התייחסו לסרטן כמחלה קצרה, מיידית והרגת, היום יש סוגי סרטן שהפכו למחלה כרונית".

את מהרהרת לפעמים בתהנות האחרונות שקצב בוח של התפתחויות מדעיות וטכנולוגיות מוביל אליהן?  
"פעם, בין התפתחות טכנולוגית אחת לאחרת היה פער גדול"

## התפתחות המדעית המואצת בתחומי הרפואה, הטכנולוגיה והגנטיקה

עשויה לשנות לחלוטין את כלי הקיבול הקיומי שלנו, גוף האדם. נוכל לגדל

איברים חדשים, להרכיב איברים חיצוניים, לתקן די-אן-איי, לשלוט בגוף מרחוק,

להקליט מחשבות, לבחור תכונות ולחיות ולחיות. מסע בשבע תחנות

לעבר העתיד המבטיח והמטריד, שממתין לנו ממש מעבר לפינה

מאוד, למשל בין המצאת מגוע הקיטור למכונית. היום קצב הדיגיטליזציה של הטכנולוגיות החדשות מאוד מהיר, הוא כבר לא לינארי ואטי, אלא אקספוננציאלי. אנחנו לא יודעים לאן נגיע. בהחלט אפשר להרהר בשאלה, האם הידע, כמו הגילם מפראג, יפרוץ מעבר ליכולת ההשתלטות עליו. או נשאלת השאלה אם אנחנו לא מרחיקים לכת ויוצרים פה סיפור מתחום המדע הבריוני".

## 2.

### הנהלת שירותי בריאות כללית איברים חלופיים

ד"ר זיו רחוביים מעלה על סך המחשב שלו תמונת רובוט דמוי נחש. "קוראים לו Cardio Arm (דוע'ל-לכבית)", הוא אומר בהתלהבות. "הקוטר של הרובוט הזה הוא 12 מילימטר, אורכו 30 סנטימטר ויש לו 102 דרגות חופש שמאפשרות לו להיכנס לתוך הגוף ולהגיע לאיברים רצויים תוך מועד הפגיעה ברקמות בדרך אל היעד. הוא יכול להיכנס סביב הלב למשל. הרובוט הזה, שיש לו גם יכולות ניווט, מסייע למנתח להגיע אל גידול שנמצא במי עטפת הלב ולכרות אותו".

רחוביים, ראש אגף טכנולוגיות רפואיות בשירותי בריאות כללית, עוסק מתוקף תפקידו בחיזוי העתיד והטמעתו בסדר היום הרפואי. בנוסף, הוא משמש גם רופא בכיר במחלקה לניוירוכירורגיה בבית החולים בילינסון.

הרובוט שצפוי לצאת לשוק בעוד כשלוש שנים, הוא רק רך גמה אחת שממחשה את האופן שבו הטכנולוגיה עתידה לשנות את הרפואה. "מכשיר כזה מהווה פריצת דרך, כי הוא מבטא את יכולת המועד של הרובוטים שיש לנו היום", הוא מסביר. "היום יש לנו רובוטים גדולים ומטורבלים, הם תופסים מקום בחדר הניתוח ויקדים מאוד. ככל שנצליח למועד את הרובוטיקה, מכשירים כאלה יהפכו יותר ויותר זמינים. הם יהיו חלק מתוך חדר הניתוח העתידי שיהפוך להיות אינטגרטיבי, שניתן יהיה



## ד"ר אורנה טל: נוכל לבחור עוברים שלא יהיו חולים במחלות שנוהה מראש. כך אפשר יהיה להעלים מחלות לב או סוגי סרטן מסוימים. פשוט נימנע מהולדת עוברים בעלי סיכוי לאותן מחלות"

## ד"ר זיו רוזנבוים: "פיתוחים בנוו-טכנולוגיה מובילים אותנו לכך שבתוך 20 שנה, רובוטים קטנים יגיעו דרך זרם הדם לאתרי מטרה ויבצעו פעולות כירורגיות כדי לשנות את מבנה הגוף"

לייבא ולייצא ממנו מידע, שהניתוחים בו יהיו מונחי מערכות דימות ממוחשבות, מצוידים במערכות ניווט שיאפשרו למנתח להגיע בדיוק למקום הנכון בניתוח מוח או קיבוץ עורר שדרה. חלק מטכנולוגיות אלו מיושמות גם כיום בחדרי הניתוח שלנו.

זעירי-פולשנית מובילים אותנו לכך שבתוך 20 שנה, רובוטים קטנים ייכנסו לתוך זרם הדם ויגיעו לאתרי מטרה לשם ביצוע פעולות כירורגיות. הוא מוסיף. "הם יפעלו מכנית, לא רק תרופתית, כדי לשנות את מבנה הגוף. האוטופיה היא כמוגן גילוי מוקדם של מצב טרום-מחלתי במטופלים, כך שנוכל להתערב מוקדם לפני שהמחלה פורצת. הטיפול במקרים כאלה יהיה אישי ומכוון לאותו מטופל, בהתאם לפי רופיל הגנטי שלו. השלב הבא, אם חלילה לא הצלחנו למנוע את המי חלה, הוא טיפול באמצעות רפואה רגנטטיבית, שמשחזרת איברים או רקמות. זה מצב דומה למצב שבו יש רכב לא תקין, או מגיעים למוסך ושם פשוט מוציאים רכיב אחד ומכניסים רכיב אחר".

בלימור?  
 "נגיע למצב שאם יש בעיה של אי תפקוד של תאי בטא בבלבל, שגורם לסוכרת, נוכל להשתיל תאי בלבב. אם יש פגיעה של מחלת פרקינסון במוח כתוצאה מחוסר דופאמין במוח, נוכל להשתיל תאים שיראגו להפרשת החומר. מדובר על הרחבת תחום השתלות האיברים להשתלת רקמות. תהיה גם החלפת מפרקים בצורה טבעית, כלומר במקום להחליף מפרק ירך או ברך במפרק מכותי, נוכל להשתמש בחומרים שייצרו סחוס. נוכל להתערב באופן טבעי וליצור חלקי חיי לוף מתאימים יותר, שמחזקים באופן מושלם את המערכות הטבעיות שאנחנו חיים איתן היום".

השתלת יריים ורגליים?  
 "יש גם התפתחויות בנושא השתלת תותבים. כיום המדע יודע לחבר בין הרקמה הביולוגית לבין חומרים שעשויים ממתכת. אפשר לגרום לכך שיר תותבת תנוע ככוח המחשבה. אבל אנחנו רק בצעו דים הראשונים בתחום, ועדיין אי אפשר לגרום במטה קסם לצמיחת איבר כמו יד שנקטעה. מצד שני יש פיתוחים של איברים מלאכותיים שכבר קיימים. כליה מלאכותית למשל - היום נמצאות בפיתוח מכר נות דיאליזה קטנות שמשופרות יכולים לשאת על הגוף. במקום שהי משופל יישב בבית חולים, מרותק למכונות, הוא יישא על גופו כליות נישאות. מכשיר כזה שמשקלו שלוש קילוגרם צפוי להיכנס לשוק בעוד שלוש שנים. יש כליה נוספת, בגודל של מכשיר טלפון נייד ששוקל בין 30 ל-100 גרם, שנמצאת כריגע כבדיקה על חיות מעבדה ואמורה להיכנס לשימוש תוך חמש שנים".

### 3.

#### התגמה לטכנולוגיות תקשורת בבר אילן מותו של המוות

מהפכות רפואיות מהסוג שמתארים טל ורוזנבוים, עתידות לשפר משמעותית את בריאות האוכלוסייה ומובילות לעולם שבו בני האדם יוכו לתחלת חיים ארוכה יותר. העתידן פרוץ דוד פסיג, ראש המגמה לטכנולוגיות תקשורת באוניברסיטת בר אילן, מזכיר כי ההומוריסט פיינס, המין שכולנו משתייכים אליו, עשה קפיצה מרשימה בתחלת חיו במאתיים השנים האחרונות. "לדעת מרבית החוקרים, תוחלת חיו הממוצעת של ה-Cro-Magnon, ההומוריסטאפייני המוקדם באירופה שחי לפני כ-35 אלף שנה, הייתה כ-18 שנות חיים בלבד. אחר כך, עברו לא פחות מ-35 אלף שנה עד שהאדם הצליח להוסיף בקושי רב עוד שבע שנות חיים בממוצע. זה קורה ב-1800, או ממוצע תוחלת החיים היה 25 שנה. בתוך מאתיים השנה שלאחר מכן, האדם כבר משלש את תוחלת החיים לכ-75 שנה".

לדעתו של פרופ' פסיג, הנתונים האלה מבשרים כי קצב הגידול בתוחלת החיים צפוי להיכנס לדרפוס מואץ הרבה יותר ממה שאולי נדמה. "אם האדם שילש את תוחלת חיו במשך 200 שנה - ולו רק בגלל שגילה דרכים לשמור על היגיינה טובה יותר, גילוי דרכים לה עשיר את הריאטה שלו ולשפר את הרפואה שלו - אזי בעודת הנדרס

מה עור?  
 "יש ניסיונות על בני אדם בשימוש במערכת שהיא למעשה בלבב מלאכותי. המכשיר הזה משלב בין שתי טכנולוגיות קיימות - ניטור רציף של רמת הגלוקוז ומשאבת אינסולין. המערכת, שרשות המזון והתרופות האמריקאית (אפדיי-איי) צפויה לאשר בעוד עשר שנים, גוף מורכבת מגלאי שמצא בתוך הגוף ומודר כל הזמן את רמת הסוכר ברם. הגלאי משדר את הבריאות באופן לאחוזי למחשב זעיר שנמצא על הגוף. לפי אותו בדיקות, המחשב מתאם את כמות הידרות האיני סולין שעל המשאבה להחליף אל הדם. היתרון הגדול כאן הוא מנגי נון טיפול וקברה אוטומטי, שעובר ללא התערבות אנושית. מכשיר כזה נותן השראה לפיתוחים נוספים, היצירה של מעגל סגור בין שלב האבחון לשלב הטיפול הוא צעד חשוב קדימה".

העתידן ריו קורצווייל מדבר על מותו של המוות: שאדם שיצלה את שלושים השנה הבאות, יזכה לחיי נצח. מה דעתך על כך?  
 "צריך להקשיב טוב לדבריו, הוא מדבר על סבירות של 30-50 אחוז שירב כזה יתחזה. אני נותן לזה סבירות של 30-20 אחוז. אבל גם אם לא כולם שוכנעים להודות או רוצים להתעסק בסוגיות האלה, ברור שמשוה בלתי רגיל עובר על האנושות. אלו שהיום הם בני 30, לא ייצאו לפנסיה בגיל 67. אין סיכוי. יכול להיות שהם בונים או מת' כננים את החיים שלהם כך, אבל זה לא יהיה. בני 30 לא מבינים שהם עלולים להגיע לגיל 100, בלי להתכוון בכלל. המשמעות היא מרחייה להמשיך לעבוד עד לגיל 80 או 90. כל סגנון החיים שהם חולמים עליו - שיתנה. מהסיבה הזאת יהיו הרבה מבוגרים עניים מאוד. אנשים לא מבינים שהם צריכים לתכנן את החסכונות שלהם בצורה אחרת ממה שהם עושים היום".

מתי אתה מתכוון לצאת לפנסיה?  
 "באקדמיה פורשים בגיל 68", הוא משיב ומחייך. "הבעיה היום שמי רצים בני 68 מרגישים צעירים והאוניברסיטה לא נותנת להם להמשיך ללמד. בגלל זה לא מעט חוקרים מצוינים עברו ללמד במכללות אחר צאתם לגמלאות. אולי גם אני אפתח מכללה משלי לחקר העתיד".

### 4.

#### מרכז רפואי רבין בפתח תקוה טיול בלב

במסע חוצה הריצפילינות לתמורות שיעבור גוף האדם, לא כולם חוששים מהקצב המהיר שבו טוטעות טכנולוגיות חדשות. בסופה של משמרת הבוקר, בשעה שלוש וחצי בצהריים, פרופ' רן קורנובסקי, יו"ר איגוד המצנתרים הישראלי ומנהל המכון לצנתורי לב במערך הקרדיולוגי במרכז רפואי רבין, חוזר להדרו ומבטיח כי "קרדיולוגית המחיר תהיה מותאמת אישית, מתוחכמת יותר ומדויקת יותר. היא תמנע באופן יעיל יותר מחלות לב, תזהה בעיות בשלב מר קדם יותר ותציל יותר ויותר חי אדם. בעוד מספר שנים לא רב נוכל לטפל כמעט בכל מחלות הלב באופן יעיל מאוד באמצעות צנתורים ממוערים: טיפול בערוקי לב, במסתמים, בפגמים מולדים במבנה הלב, בהפרעות חשמליות או מכניות. הצנתורים האלה יהיו תחליף לניתוחי לב פתוח שנערכים היום".

קורנובסקי מצייין כי מחלות לב וכלי דם, הן הסיבה הראשונה בעולם וב ישראל לתחלואה ותמותה. בכל שנה מתבצעים בישראל 40 אלף צנתורים ובין 4,000 ל-5,000 ניתוחי לב. "בהערכה גסה יש היום כחצי מיליון חולי לב בישראל", הוא אומר, והידע, לרבריו, מר סיף הרבה כוח. "אני רואה מספר התפתחויות דרמטיות: התחום של הפרמקוגנטיקה, מחקר המתמקד בתבנית הגנטית הספציפית לאדם והשפעתה על אופן הפעולה של תרופות מסוימות, נכנס במהירות הרפואה הלב. התרופות הופכות כך ליעילות יותר ובטוחות יותר, והן יאפשרו מניעת מגוון רחב של מחלות לב וטיפול בהן. אנחנו גם נשתי מש בחיישנים ממוערים, שישתלו בגוף החולה ויאפשרו ניטור מר חוק של כל חריגה בפעולות החשמלית והמכנית של הלב. החיישנים יתריעו מבעוד מועד על כל אירוע מתקרב, ונוכל לנטרל אירועי לב באופן אוטומטי או על ידי הגעה לבית החולים".

התפתחות טכנולוגית נוספת היא שימוש באיברים מתכלים, שיושתלו בלב. יבצעו את תפקידם ולאחר מכן יתמוססו לתוך רקי מות הלב. "תומכים מתכלים כבר נמצאים בפיתוח ואני מעריך שהם ייכנסו די בקרוב לשימוש במסגרת מחקרים", הוא אומר. "כבר היום אנחנו מסוגלים לטיל בתוך הלב עם צנתורים מונחי ג'יפיי-אס, על מנת לראות במדויק את מצב העורקים ולאתר בעיות מבניות וחשי מליות בתוך הלב".

ומה לגבי האפשרות להחליף את הלב?  
 "אני חושב שהטיפול בלב הכושל משוער לפתרונות יותר טר בים, ואני מעריך שבעתיד יפותחו משאבות יעילות ובטוחות יותר שיאפשרו איכות חיים טובה יותר לחולים. המשאבות הללו יחליפו את לב האדם או את הלב המושלל. אני מאמין שהקרדיולוגיה תהיה מסוגלת גם לשתור רקמות מתות בלב, ולהפוך אותן לרקמות חיות. אני חושב שהלב יוביל את המהפכה הטיפולית הזאת שהבסיס שלה יהיה הבנה טובה יותר של הביולוגיה והגנטיקה של הלב".

תפיסת הגוף שלנו תשתנה בעקבות הפרוצדורות שציינת?  
 "אני חושב שתפיסת הגוף הבסיסית לא תשתנה. מה שישתנה הוא התפיסה של שלמות הגוף. המועד הטכנולוגי ייצור תודעה וררי שה ציבורית לפרוצדורות פחות פולשניות. אפשר לראות ביטוי של התופעה כבר היום, בניתוחי שד ובחלת הבטן למשל. במוחה הרחוק, שלמות הגוף חשובה מאוד, מתוך אמונה שברגע שפוחחים את הגוף, הנשמה עלולה לברוח. הרפואה המערבית רואה את הדברים אחרת, ואם נדרשת פעולה פולשנית - מבצעים אותה. אבל התפיסה הזאת כהחלט מפנה מקום לראייה אחרת, שמבקשת לשמור ככל שניתן על שלמות הגוף".



**תכנון גנטי**  
 בחירת תכונות אופי ויכולות אמנותיות, מתמטיות ספורטיביות, מתמטיות

**סייבר-חיים**  
 • קריאת מחשבות  
 • "הקלטה" של התודעה  
 לשבב והעברתו לגוף אחר

**תיקון הלב**  
 • צנתורים זעירים ומתכלים יתקנו את כל חלקי הלב  
 • חיישנים יחזו אירוע לבבי מתקרב  
 • החייאת רקמת לב מתה

**חידוש רקמות**  
 • טיפול בפרקינסון על ידי השתלת תאים המפרישים דופמין  
 • טיפול בסוכרת על ידי השתלת תאי בטא בלבב  
 • החלפת מפרקים המייצרים סחוס

**איברים מלאכותיים**  
 מכשירים חיצוניים זעירים יחליפו את הכליה, הלב, ואיברים אחרים

### הגוף הוא רק טיוטה השינויים האפשריים בגופנו, שנים ספורות מהיום

**תותבים**  
 השתלת תותבים המונחים בכוח המחשבה

**כירורגיה גנטית**  
 תיקון גנים פגומים הגורמים למחלות

**רובוטים מנתחים**  
 רובוטים ינווטו במתרכת הדם אל איברי מטרה לביצוע פעולות כירורגיות

**מרכז בקרה ושליטה**  
 מידע על מדדים גופניים יישלח למוקד מידע חיצוני לקבלת הוראות לניהול הגוף

**תוחלת חיים**  
 ילדים הולדים היום יחיו יותר ממאה שנים, ואולי אף 150 שנים בעתיד

