



עמ' 10'
מחקמת המשובטים
ד.נ.א של אלופים

סייבר וחדשנות מהפכה ביולוגית

המניפולציה הגנטית הסינית

חדשנות, טכנולוגיה דיגיטלית ומדע חוברים יחד ומעלים סימני שאלה // היקום, לא מה שחשבתם ירון עידן



אמנון זאק

הגנטי. לעומת זאת, היהדות מכירה ב"הכול צפוי והרשות נתונה" (פרקי אבות ג'), כלומר, מעמד האדם נרכש בהתפתחותו והוא נשאר אחראי על מעשיו ולא מוכתב כולו מראשית הווייתו. מסיבות אלו ואחרות, רבנים ופוסקים רבים אינם רואים איסור הלכתי בשיבוט כאשר יש לו תועלת רפואית לרבייה.

הדיון האתי החל עוד במאה הקודמת והגיע לשיא עם פרסום שיבוט הכבשה המפורסמת בעולם "דולי" (1996). בעולם המודרני מתנהל דיון סוער נגד השיבוט הגנטי בעוברים, בטענה שהוא שולל כבוד האדם מאחר שהוא קובע שהרכבו הגנטי של הילוד יהיה זהה לזה של תורם התא. עמדות אלו מתעלמות מזה שילד משובט לא יהיה אלא תאום גנטי, וכאלה נולדים גם בטבע, ומזה שמדעי ההתנהגות הוכיחו שתאומים גנטיים הם בני אדם שהכבוד הפרטי והייחודיות שלהם נשמרים למרות מטענם הגנטי הזהה. העובדה שהשיבוט בעוברים יכול להביא ליצירה סיטונאית של "גאונים", "יפים", ו"נכונים" מעוררת דיון אתי, מוסרי חברתי עמוקים אך לא רק.

הראשון, אלא גם שהוא יהיה דוגמה לעתיד", אמר הא ג'יאנג קווי והוסיף: "החברה צריכה להחליט איך להמשיך והאם לאפשר או לאסור התקרמויות מדעיות מסוג זה". הא העלה סרטון וידיאו ליו טיוב (בשפה האנגלית), ובו הוא מעדכן שלולו ונאנא בריאות, וכבר נמצאות כביתן עם הוריהן. לדבריו, ריצוף הגנום שלהן הראה כי העריכה הגנטית הצליחה והשינויים בדנ"א התמקדו בנקודה המתוכננת.

תוצאות המחקר טרם פורסמו ואין אישוש חיזוני לטענותיו. למעשה, הא חשף את המחקר שלו רק בפני מארגני כנס בינלאומי על עריכה גנטית שהתקיים לפני כשבועיים בהונג קונג ובראיון הבלעדי שהעניק ל A.P. זהות ההורים או מקום מגוריהם, נותר חסוי. לכן, נדרש לסבלנות, אך בינתיים כמה שאלות מתבקשות לפנינו.

השאלה האתית

הכנסייה הקתולית אוסרת הפריה חוץ-גופית. הנצרות רואה בכיצית המופדית אדם שלם, ומסיבה זו היא מעניקה משקל רב לרעיון שגורלו של אדם נקבע ברגע ההפריה, בהרכבו

ה חוקר הסיני, הא ג'יאנג קווי משנז'ן, הטיל פצצה סינית בראיון (נובמבר 2018) לרשת A.P. עת דיווח כי לאחרונה ערך את הגנום של עוברים משבעה זוגות הורים שעברו טיפולי פוריות, ואחד מהטיפולים הסתיים בהריון מוצלח. לדבריו, מטרת העריכה הגנטית לא הייתה לצורך ריפוי מחלה תורשתית או למנוע הופעתה, אלא להעניק לתינוקות תכונה שיש למספר מצומצם של אנשים באופן טבעי: עמידות בפני הידבקות בוירוס ה-HIV. בקהילה העולמית קיבלו ידיעה זו בספקנות מה, אך גם הספקנים הגדולים ביותר הוסיפו: "אם הרבר נכון, מדובר ברעידת אדמה".

או תכירו בכקשה את לולו ונאנא, שתי הבנות שהרגא שלהן שונה באמצעות שימוש באחד מהכלים החדשניים ורבי העוצמה לעריכה גנטית. עד היום השתמשו מדענים בשיטות שונות ליצירת עוברים, כולל הולדת תינוקות שמקור הדנ"א שלהם בשלושה הורים שונים. אולם המחקר הנוכחי, מהווה קפיצת דרך רעיונית, טכנולוגית ואתית.

"אני חש אחריות רבה לא רק לעשות את (הניסוי)



השאלה הטכנולוגית

בקהילה המדעית בעולם תוקפים את הניסוי המרעיש הזה בטענה כי הטכנולוגיה טרם הבשילה לניהול התערבות כה נוטה בתהליכים טבעיים נחוצים. טיעונים אחרים מקהיליית הסייבר בעולם מודאגים גם כן מדרך שמירת המידע במדיה הדיגיטלית ושואלים מתי יקומו לנו האקרים אשר ישימו ידם, או יותר נכון את קצות אצבעותיהם, במידע הרגיש ביותר לאדם-המבנה שלו.

ד"ר איל הנדל, מומחה לטכנולוגיית קריספר מאוניברסיטת בר אילן, מתייחס לניסוי של הא: "אם זה באמת קרה, מדובר בדיעה דרמטית לא פחות מהנחיתה של האדם על הירח. לראשונה בתולדות האנושות הונדסו עוברים, והשינוי יכול לעבור מדור לדור". עם זאת מוסיף הנדל כי בעיני ההחלטה להשתמש בטכנולוגיה על עוברים מוקדמת מדי. ראשית, הוא אומר, אין לחוקרים כיום יכולות לומר בניטחון שהעריכה הגנטית מתרחשת בדיוק המרבי, כך שהשינויים אכן מתמקדים אך ורק במקום שהחוקרים התכוונו אליו. חשוב לא פחות, הוא אומר, שהחלטה כה

דרמטית חייבת להתקבל בקונצנזוס מדעי, לא בהחלטה של מספר חוקרים מצומצם. ד"ר הנדל מציין שהכנס שמתכנס מחר בהונג קונג מיועד בדיוק למטרה זו: לנסות להגיע להסכמה בנוגע למה מותר ומה אסור לעשות עם הכלים הגנטיים החדשים.

פרופ' שומרון, מאוניברסיטת תל אביב,

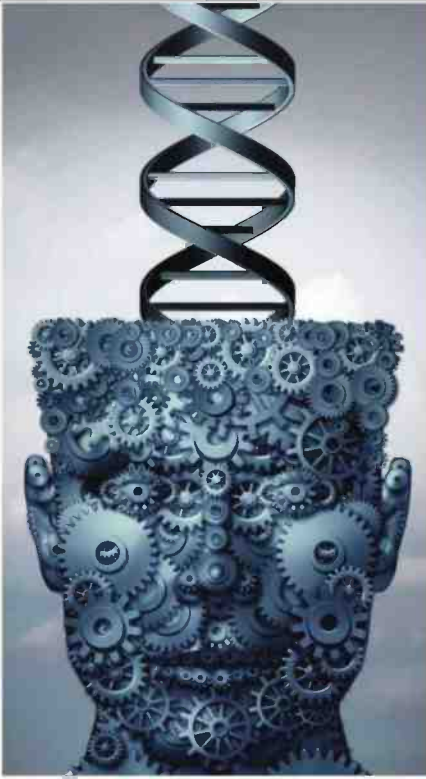
משוכנע גם הוא שהשימוש בטכנולוגיה מתקרמת זו לעריכה גנטית מוקדם מדי. פרופ' שומרון אינו פוסל עקרונית את השימוש בטכנולוגיות החדשות כרי "להנדס" תינוקות, אבל רק אחרי שהידע המדעי על הפוטנציאל והשימושים יהיה מבוסס בהרבה. עם זאת, הוא אינו רואה בעיה עקרונית עם ההחלטה של החוקר הסיני לא לערוך את הפרויקט על זוגות שמעוניינים למנוע מילדיהם מחלה תורשתית, אלא כאלה שרוצים לספק לצאצאיהם הגנה מוגברת, "להגביר" תינוקות, כמו במקרה של עמידות לוירוסים קטלניים. אך כאן הוא מרגיש כי הדבר יקרה בכוא העת, כשהידע בנושא יהיה רב. וכדי להמחיש עד כמה זה רק עניין של זמן, הוא מוסיף: "לפני 40 שנה, כשריכרו על הפריה חוץ גופית, זה נשמע מטורף".

אם כך, לידתן של התאומות הזהות (במקרה זה זהות לחלוטין), לולו ונאנא, מציין מהפיכה גדולה בתחום המדע והרפואה. מנגד עולות שאלות חברתיות רבות של הבשלה ואתיקה. אם נרצה אפשר להוסיף לכאן גם את האיום הקיברנטי החונה בשול הרדך, צופה לומד ומחשב את מסלולו.

הפשו את סרטון היוטיוב של הא: About Lulu and Nana: Twin Girls Born Healthy After Gene Surgery As Single-Cell Embryos

ירון עידן (אל"ם במיל") בעלים של חברת "עידן - לחדשנות, סייבר ובטחון בינלאומי". ראש החוג לסייבר במכללת Ness INT

צילום: איגור אימיר



דנ"א והרצפה, מילון מונחים:

בקטע DNA או RNA. בגלל חשיבותו של תהליך הריצוף, פותחו שיטות לריצוף מהיר של מקטעים ארוכים. ריצוף מקטעים ארוכים נעשה על ידי חיתוך ה-DNA למקטעים קצרים וחופפים, ריצוף של כל אחד מהם בנפרד, והרכבת הרצף הארוך על פי הקטעים החופפים.

שימושי הרצפה: תהליך הריצוף מאפשר פיתוח של תעשיות המחקר הביולוגיות והתרופתיות ומכאן החשיבות לדיוק ולמהירות הריצוף. ריצוף דנ"א יכול לשמש כדי לקבוע את הרצף של גנים בורדים, אזורים גנטיים גדולים יותר, כרומוזומים מלאים או גנומים שלמים. הרצפים הסופיים משמשים חוקרים בתחום הביולוגיה או הגנטיקה להתקרמות מדעית נוספת בתחום הביולוגיה המולקולארית או הגנטית או עשוי להיות בשימוש על ידי אנשי צוות רפואיים לשם קבלת החלטות טיפול או סיוע בייעוץ גנטי.

אין לדאות בתוכן כתבה זו ייעוץ מקצועי, משפטי או אחר.

DNA (ולעיתים RNA). המידע הטמון בגנים קובע את תכונותיו של האורגניזם; הגנים מכילים את "הוראות הייצור" לחלבוני התא, ובכך אחראים לקביעת רובן המוחלט של תכונות האורגניזם.

מבנה הרנא: כל מולקולת DNA בתאים השונים מורכבת מארבע תת-יחידות של בסיסים חנקניים (נוקלאוטידים), מעין ארבע אבני בניין יסודיות, החוזרות על עצמן לאורכה בצירופים שונים. ארבעת הבסיסים החנקניים הללו הם אדנין (A), גואנין (G), תימין (T) וציטוזין (C), והם מסוררים לאורך הסליל הכפול כך שכל אחד מהם הממוקם בסליל האחד נמצא בקשרי מימן עם בן זוג קבוע הממוקם בסליל הנגדי.

שיבוט גנטי: מונח בביולוגיה המתייחס לתהליכים שבסופם מתקבלים העתקים של רצפי DNA, תאים, רקמות או אורגניזמים הזחים באופן מלא או כמעט מלא, מבחינה גנטית, למקור שעל פיו הם נוצרו.

מה זו הרצפת דנ"א? הרצפה זהו תהליך של קביעת סדר הנוקלאוטידים

■ DNA (Deoxyribonucleic Acid): מולקולת ענק של חומצת גרעין הבנויה כשרשרת נוקליאוטידים. כל המידע התורשתי הדרוש לבניית החלבונים בתא אצל כל האורגניזמים הידועים, מהידיקים ועד לבני אדם, מוצפן באחת או יותר מולקולות DNA, המאורגנות במבנה של סליל כפול, ורצף הנוקליאוטידים בהן ייחודי לכל אורגניזם.

■ קוד גנטי: ה-DNA מושווה לעיתים תכופות למערכת תכנית, מרשם או קוד מכיוון שהוא כולל את ההוראות הנחוצות לבניית רכיבי התא כמו חלבון או מולקולת RNA.

■ RNA: מולקולה פולימרית, המורכבת מיחידות של נוקלאוטידים. ל-RNA תפקיד מרכזי במגוון תהליכים ביולוגיים, בתהליכי תורשה, ביטוי ותרגום של המידע הגנטי. בחלק מהגנטיפים הגנום כולו מקודד במולקולות RNA.

■ גן הוא יחידת מידע המועברת מאורגניזם לצאצאיו באמצעות החומר התורשתי (לרוב