# **מיפוי מחלוקות מדעיות-חברתיות בנושא רבייה ותורשה**

ערן זפרני, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן

## **למורה:**

* **נושא מרכזי:** התא - מבנה ופעילות
* **רעיון/תופעה:** הידע בתורשה ובהנדסה גנטית מיושם בחקלאות, בתעשייה הביוטכנולוגית וברפואה.
1. **מטרות הפעילות:**
* הבנת הקשר המורכב שבין מדע לחברה
* זיהוי השחקנים השונים המעורבים במחלוקות מדעיות וחברתיות והאינטרסים שלהם
* גיבוש עמדה אישית לגבי מחלוקות אלו תוך התחשבות במגוון הדעות השונות
1. **ציוני דרך אפשריים:**
* הבנת הקשר שבין מדע, טכנולוגיה וחברה
* דיון בדילמות ערכיות הנובעות מהתפתחויות מדעיות וטכנולוגיות
* עריכת דיון ושיח טיעוני
* פיתוח מיומנות הטיעון המדעי
1. **רצף ההוראה:**
* המורה מחלק/ת את הכיתה לקבוצות שוות בגודלן ומחלק/ת לכל קבוצה את החומרים הנדרשים לפעילות (בריסטול, דבק, טושים)
* לאחר מכן התלמידים עובדים לפי דפי הפעילות הכוללים עבודה אישית מבוססת קריאה ולאחר מכן עבודה קבוצתית.
* בסוף היחידה ייערך דיון כיתתי שבו כל קבוצה תציג את התוצרים שלה
1. **רקע:**

העולם, כפי שאנו מכירים אותו כיום, מושפע בצורה עמוקה מן השילוב של מדע וטכנולוגיה. חשבו למשל על נושאים כמו ההשפעה של שינויי אקלים על האקולוגיה, הידלדלות משאבים חיוניים כמו מי שתייה ומשאבי אנרגיה, או פיתוחים בתחום הרפואה והגנטיקה שקשה לאמוד כיצד הם ישנו את העתיד והעולם שאנו מכירים. לכן נושאים אלו משפיעים על החיים של כל אחד מאתנו ועל החברה שלנו.

בגלל ההשפעה החברתית שלהם, הדיון סביב פיתוחים מדעיים אלו מערב לא רק מדענים, אלא גם אנשים נוספים, מדינות, חברות מסחריות וארגונים שונים ומגוונים. לכן, הדיון סביב נושאים אלו הוא לא מדעי באופן טהור אלא כולל גם אלמנטים פוליטיים, כלכליים, אתיים, מוסריים ועוד אלמנטים שונים.

אנשים וקבוצות שונות מושפעים בצורה שונה מפיתוחים מדעיים בעלי השפעה על החברה. לכל אחד מהם גם יהיו אמונות, דעות ואינטרסים שונים לגבי פיתוחים אלו. לכן לעיתים קרובות מתקיימת אי-הסכמה בין אנשים וקבוצות אלו, דבר שיוצר מחלוקות. כאשר נוצרות מחלוקות, שחקנים שונים יקיימו אינטראקציות עם שחקנים אחרים כדי לקדם את האינטרסים האישיים שלהם ודרך אינטראקציות אלו הם יוכלו לכוון בספו של דבר את עתיד המחקר המדעי סביב פיתוחים מדעיים אלו. אינטראקציות אלו יוצרות תופעה מעניינת במדע שבה הפתרון למחלוקות מדעיות וחברתיות לא בהכרח יהיה נאמן למדע (חשבו למשל על האצת התיעוש העולמי אל מול סכנות אקולוגיות חמורות).

אם ברצוננו ליישב מחלוקות מדעיות-חברתיות ולהגיע לפשרה מסוימת, עלינו להתחשב במגוון הדעות השונות הקיימות במרחב השיח שלנו (בין אם הן מדעיות, פוליטיות או כלכליות וכו') ולנסות להבין מה מניע אנשים וקבוצות שונות שאינם נמצאים בהסכמה אתנו.

## **לתלמיד:**

### **שלב א - עבודה אישית:**

קראו את המאמר הבא וראו את האיור המצורף בעמוד הבא והתייחסו לשאלות המופיעות בהמשך.

**הליך הפריה חדשני מאפשר להתגבר על מחלה גנטית קטלנית בזכות שימוש בביציות משתי נשים**

ד"ר יונת אשחר (28 בספטמבר, 2016), חדשות המדע, אתר מכון דוידסון (<https://tinyurl.com/yb4qwhaj>)

לפני חמישה חודשים נולד במקסיקו תינוק בריא, ובתאיו DNA משלושה אנשים שונים. זה האדם הראשון שנולד כתוצאה מ"העברה גרעינית", והולדתו מעוררת התרגשות בחוגים מדעיים – אך יש גם מי שקוראים לזהירות בשימוש בשיטה.

בשיטה זו, רופאים שואבים ביציות מהאם כמו לפני כל הפרייה חוץ גופית. אז שואבים מתא הביצית את הגרעין שלו, המכיל את רוב המידע הגנטי, ומשתילים אותו בביצית מאשה אחרת (שהגרעין המקורי שלה סולק). בסוף התהליך, הגרעין של ביצית האם שוכן בתוך תא הביצית זר. לאחר מכן, ביצית זו מופרית עם הזרע של האב, והעובר מושתל ברחם.

המידע הגנטי שלנו, שעל פיו נבנה הגוף שלנו, שקובע או לפחות משפיע על תכונות הגוף והאופי שלנו, נמצא כמעט כולו בגרעין התא. לכן התינוק שייוולד כתוצאה מהעברה כזו יהיה בנה לכל דבר ועניין של האישה שממנה נלקח גרעין הביצית. אבל גם לתורמת של תא הביצית שאליו הוחדר הגרעין הזה, יש גם השפעה. בחלל התא, מחוץ לגרעין, נמצאים מבנים קטנטנים הקרויים מיטוכונדריה (ביחיד – מיטוכונדריון).

המיטוכונדריה הם מפעלי האנרגיה של התא: הם מפרקים את המזון ומפיקים ממנו את האנרגיה הדרושה לפעילות הגוף. ולמרות שהם חלק מהתא, יש להם DNA משלהם – זכר לימים שבהם היו חיידקים עצמאיים, לפני שהחלו את השותפות ההדוקה עם התאים בהם הם נמצאים כיום, שותפות שנמשכת כבר יותר ממיליארד שנה.

בדיוק כפי שב DNA- הגרעיני שלנו יכולות להתרחש מוטציות המובילות למחלות גנטיות, גם ב-DNA המיטוכונדריאלי יש לעיתים מוטציות מזיקות. מיטוכונדריה פגומים אינם מייצרים אנרגיה ביעילות, דבר העלול לגרום לפגיעה חמורה בתפקוד הגוף, ואף למוות. חומרת המחלה תלויה באחוז המיטוכונדריה שבהם יש מוטציה – בכל תא בגופנו ישנם מאות ואלפי מיטוכונדריה. אם רק חלק קטן מהם פגום, המחלה כמעט לא תתבטא. אם שיעור גדול יותר מהמיטוכונדריה נושא את המוטציה, המחלה תהיה קשה יותר. האם היא זו שמעבירה את המיטוכונדריה לילדיה דרך הביצית, ולכן אם יש פגם במקצת המיטוכונדריה שלה, יש סיכוי גבוה שגם ילדיה יירשו את המוטציה וילקו במחלה.

**פיקוח וחקיקה**

זו הסיבה להליך ה"העברה הגרעינית". האם של התינוק שנולד במקסיקו – תושבת ירדן – נושאת את המוטציה האחראית ל"תסמונת לי", מחלה גנטית מיטוכונדריאלית שפוגעת במערכת העצבים, וגורמת למוות כבר בגיל הרך. אצל האם, רק כרבע מהמיטוכונדריה נושאים את המוטציה, ולכן היא עצמה בריאה. ילדיה עלולים לקבל אחוז גבוה יותר של המיטוכונדריה הפגומים, וכך לפתח את המחלה. ואמנם, האישה עברה ארבע הפלות, ושני ילדיה הראשונים חלו בתסמונת ומתו בגיל צעיר מאוד (הראשונה בגיל שש, השני בגיל שמונה חודשים).

ג'ון ז'אנג (Zhang) ממרכז פוריות בניו-יורק ניצח על ההליך, שבו גרעין הביצית של האם הועבר לביצית של תורמת בריאה. התינוק שנוצר כך קיבל בעיקר את המיטוכונדריה הבריאים של התורמת. בדיקה העלתה שפחות מאחוז אחד מהמיטוכונדריה שלו נושאים את המוטציה, שיעור קטן בהרבה מזה העלול לגרום למחלה. אם כך, התינוק מכיל חומר גנטי משלושה אנשים: אביו ואמו העניקו לו את ה-DNA הנמצא בגרעין, כמו אצל כל אחד מאתנו, אך הDNA- של המיטוכונדריה הגיע לא מאמו, אלא מתורמת הביצית.

למרות שהשיטה לא משנה את הגנים בגרעין התא, היא כן כוללת החדרה של חומר גנטי זר – זה הנמצא במיטוכונדריה - ולכן נחשבת לשינוי גנטי. מסיבה זו, במדינות רבות – כולל ארה"ב - העברה גרעינית כזו אסורה על פי חוק. ז'אנג ביצע את ההליך במקסיקו מכיוון ששם, לדבריו, "אין חוקים". בריטניה היא המדינה הראשונה שאישרה את ההליך בחוק.

הולדת התינוק ה"תלת-הורי" מעניקה תקווה לזוגות רבים במצב דומה, וחוקרים ורופאים רבים בירכו על הצלחתו של ז'אנג. עם זאת, ביצוע ההליך במקסיקו, כמעט ללא פיקוח, מעורר גם חששות. הרופאים לא חשפו עדיין את השיטות המדויקות שבהן השתמשו, ואת האמצעים שנקטו להבטיח את בטיחותם ובריאותם של האם והילוד.

כאשר הפרטים האלו ישוחררו, הקהילה המדעית והרפואית בוודאי תסקור אותם בזכוכית מגדלת – ואז יגיע תורם של הקהילה המשפטית, ושל הדיונים על האתיקה שבשינוי גנטי בבני אדם. לכן, גם אם המקרה הזה פורץ דרך, יעבור כנראה עוד זמן מה עד שנראה בתי חולים מציעים טיפולי הפריה עם העברה גרעינית כדבר שבשגרה.

**איור המתאר את הטכנולוגיה המוזכרת במאמר**



איור 1: הטכניקה של החלפת מיטוכונדריה. האיור נלקח ותורגם מ:

Third scientific review of the safety and efficacy of methods to avoid mitochondrial disease through assisted conception, Human Fertilization and Embryology Authority, June 2014

**המשך עבודה אישית בעמוד הבא ->**

**המשך עבודה אישית:**

1. אלו שאלות עולות אצלכם לאחר שקראתם את המאמר? איזה מידע חסר לכם על מנת לענות על שאלות אלו?

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. מה המחלוקת סביב הסיפור המוצג פה?

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. כתבו בקצרה את עמדתכם **האישית** לגבי מחלוקת זו.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

### **שלב ב' - עבודה קבוצתית (~30 דק') :**

בעלי עניין שונים מעורבים במחלוקת המוצגת. בעלי עניין הם כל אלו אשר מושפעים מהמחלוקת, בצורה זו או אחרת. הם יכולים להיות פרטים, קבוצות או גופים. לחלקם דעות, ערכים ואינטרסים משותפים ולחלקם אינטרסים מתחרים והם נמצאים באי הסכמה לגבי המחלוקת.

לפניכם נמצאות כרטיסיות המציגות את העמדות של בעלי עניין שונים, כפי שהן התפרסמו בתקשורת. כל אחד מחברי הקבוצה יבחר 2 כרטיסיות (אם אין מספיק כרטיסיות אתם יכולים להשתמש בכרטיסיה אחת). תפקידכם בשלבים הבאים של הפעילות הוא לייצג את בעלי העניין שעמדותיהם מוצגות בכרטיסיות שלכם.

השתמשו בעזרים שלפניכם על מנת למפות את בעלי העניין המעורבים במחלוקת. תפקידה של המפה הוא לתאר את מערכת היחסים הסבוכה בין בעלי העניין השונים.

1. **רשמו** את ליבת המחלוקת במרכז הבריסטול
2. **מקמו** את בעלי העניין המופיעים בכרטיסיות שבחרתם סביב המחלוקת. **קשרו** בין בעלי העניין השונים באמצעות חצים כאשר החצים מסמלים את קשר האינטרסים בין בעלי העניין:

האם האינטרסים שלהם דומים? מנוגדים? האם ישנם בעלי עניין שונים הפועלים בשיתוף פעולה? האם הם נאבקים בבעלי עניין אחרים? **ציינו מעל החצים את הקשר בין בעלי העניין**

1. אם חשבתם על בעלי עניין נוספים שעמדתם לא מיוצגת בכרטיסיות, **מקמו** גם אותם על המפה וקשרו אותם לבעלי עניין אחרים
2. לחלק מבעלי העניין יש יותר כוח בתהליך קבלת ההחלטות, ולחלקם פחות. **סמנו בעיגול** כל בעל עניין כאשר עובי העיגול מסמל את כוחו היחסי של בעל העניין בתהליך של קבלת ההחלטות

**המשך עבודה קבוצתית בעמוד הבא ->**

### **שלב ג' – סיכום קבוצתי (5 דק')**

בחלק הקודם מיפיתם את בעלי העניין המעורבים במחלוקת של הפרייה תלת-הורית. היעזרו במפה שהכנתם ובהיבטים השונים שעלו במהלך המיפוי כדי לנסח את עמדתכם **הקבוצתית** לגבי השימוש בטכניקה של הפריה תלת-הורית. בססו את עמדתכם והשתדלו להתייחס גם לדעות ואינטרסים שונים הקיימים במפה שלכם (גם לאלו ששונים מדעתכם האישית). אינכם חייבים להגיע להסכמה מוחלטת כקבוצה. במידה ואינכם מסכימים – הציגו גם את ההסתייגויות שעלו בקבוצה.

**שלב ד' – הצגה ודיון במליאה (~10 דק'):**

הציגו את עמדתכם **הקבוצתית** בפני שאר המשתתפים. היעזרו במפה כדי להסביר את עמדתכם.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **מנהל המזון והתרופות האמריקאי** (FDA), הכפוף לקונגרס, אינו מאשר את הטכניקה. מקסיקו אינה כפופה לרגולציות של גוף זה. |  | **הקונגרס האמריקאי** מעכב את המחקר של מתודות טיפוליות הכוללות מניפולציה עוברית )עוברים אשר נוצרו בכוונה כדי לכלול שינוי גנטי תורשתי(. הוא עושה זאת על ידי חסימת משאבים למחקרים מסוג זה. |
|  |  |  |
| **פרופ' קמינסקי, אוניברסיטת טאפטס**: נשים עם מחלות מיטוכונדריות יכולות להשתמש בתרומת ביציות או לאמץ; הרצון בילד החולק עמך את הדנ"א הגרעיני אינו סיבה מספקת להסתכן במניפולציה גנטית תורשתית. |  | **פרופ' נולס, אוניברסיטת אלברטה**: הרעיון של תיירות פריון מצער אותי. עצם זה שאנשים חושבים לעצמם שהם יכולים פשוט לנסוע למקום אחר ולעבור טיפול שלא אושר במקום המגורים שלהם הוא תקדים מסוכן. |
|  |  |  |
| **פרופ' פישל, מייסד מרפאת CARE לפריון**: מחלת לי היא מחלה נוראית שאף אחד לא רוצה שהילד שלו יסבול ממנה. יש צורך למחוק אותה מהשושלת הגנטית שלנו – והטכנולוגיה הזאת מאפשרת בדיוק את זה. |  | **קים טינגלי, ניו יורק טיימס מגזין**: חוקרים שביצעו החלפת מיטוכונדריה בעכברים ובזבובים במטרה לגלות את התוצאות הגרועות ביותר הבחינו בירידה ביכולת הגופנית ובתפקוד הקוגניטיבי בצאצאי העכברים ובהזדקנות מואצת ואי פריון בזבובים — תוצאות שהופיעו רק בבגרותם. |
|  |  |  |
| **סטיוארט ניומן, אוניברסיטת ניו-יורק**: העברת גרעין לתוך ביצית מרוקנת היא העברה של 20 אלף גנים גרעיניים, לא 37 גנים מיטוכונדריים. אם אתה מבצע הנדסה גנטית בעגבנייה על ידי הוספת גן אחד, היא הופכת להיות אורגניזם מהונדס גנטית. ובכן, האדם החדש הזה הוא אדם מהונדס גנטית, בצורה מסיבית. |  | **פאולה אמאטו, גניקולוגית, אוניברסיטת אורגון**: הסיכון הפוטנציאלי הוא בעיקר לצאצאים. לא רק שאנחנו לא יודעים איך הטיפול ישפיע עליהם לאורך החיים שלהם, אלא גם שברוב המקרים הטיפול אינו מצליח ומסתיים בהרס של הביצית או של הביצית המופרית. |
|  |  |  |
| **אן טוצ'ילו, אם לבן הלוקה בתסמונת לי**: אני לא יודעת אם אי פעם הייתי מעלה בדעתי להילחם על השימוש בטכניקה של הפרייה תלת-הורית. עם כל כמה שכואב הלב לראות את הבן שלי לפעמים — הוא מאבד את הראייה, מתקשה בהליכה, הוא בן 22 ולא יכול לשרוך את נעליו או לכפתר את חולצתו — לא הייתי רוצה ילד אחר. אבל גם לא הייתי רוצה לשלול מנשים אחרות את האפשרות הזאת. |  | **אנולה איירד, קבוצת "אימהות למען עתיד אנושי"**: אם מתירים יצירת ילדים עם חומר גנטי משלושה הורים או יותר, הדבר יפתח פתח לשינוי המין האנושי, ליצירת מעמדות ביולוגיים שונים ולהתפוררות האנושות המשותפת שלנו. |