

סימן לג

- זיהוי חללי מלחמה וקביעת אבהות באמצעות דנ"א - DNA

ראשי פרקים:

- פרק א – מהו דנ"א? (DNA)
- פרק ב – זיהוי דנ"א ע"י בדיקת אָס-טי-ארים (STRs)
- פרק ג – מעמד הלכתי של זהוי הכרת פרצוף, טביעת אצבעות ופרופיל אָס-טי-ארים
- פרק ד – בדיקת אבהות באמצעות פרופיל אס-טי-ארים
- פרק ה – סיכום

המטרה: להציג לפני תלמידי חכמים יושבי על מדין את דרכי הזיהוי באמצעות דנ"א, תוך התייחסות משווה לזיהוי באמצעות טביעת אצבעות וזיהוי פנים בטביעת עין, וכן להציג את עקרונות השלילה או הקביעה הגנטית של אבהות באמצעות דנ"א או HLA.

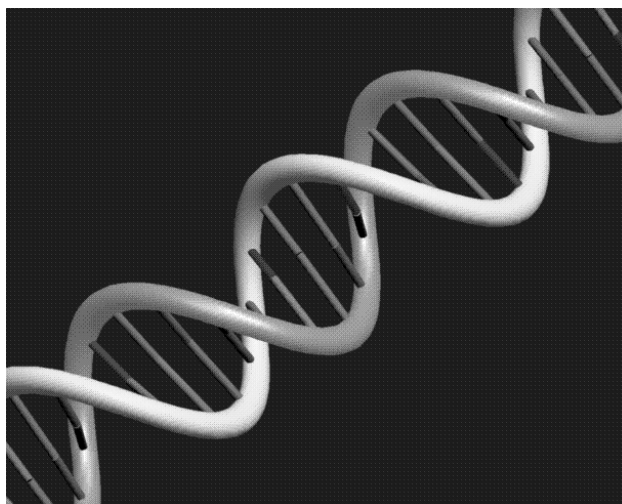
פרק א. מהו דנ"א (DNA)?

כמעט כל התכונות הגנטיות של אדם מוצפנות בהרכב הביוכימי של הכרומוזומים המצויים בכל תא מגורען¹ בגופנו. הכרומוזומים הללו בנויים משרשרת כימית כפולה הקרויה **דנ"א**. הדנ"א הוא בעצם סליל המורכב משני "חוטים" מותאמים המתפתלים האחד מול השני במבנה לולייני. כל סליל מורכב מאלפי אבני בניין (נוקליאוטידים), כשכל נוקליאוטיד מורכב משלושה חלקים: קבוצה זרחנית, מולקולת סוכר (דאוקסיריבוז) ואחד מארבעה בסיסים אורגניים - אדנין, גואנין, ציטוזין, או תימין. שני הסיבים של הסליל קשורים זה לזה באמצעות קשרי מימן חלשים יחסית, המצמידים את הבסיסים האורגניים של שני הסיבים. המבנה הכימי הוא כזה שלכל בסיס אורגני אחד יכול להתאים אך ורק בסיס אורגני מסוים בסיב השני. כלומר, במבנה הסלילי של **הדנ"א**, **תימין** יכול להתקשר אך ורק ל**אדנין**, ו**גואנין** יכול להתקשר אך ורק ל**ציטוזין**. במילים אחרות, מבנה של סיב אחד קובע באופן חד ערכי את מבנהו של הסיב השני,

1. תא מגורען הוא מעין בית חרושת ביולוגי זעיר, הכולל גם ציטופלזמה וגם גרעין. הגרעין של התא מכיל בעיקר את הכרומוזומים, נושאי האינפורמציה הגנטית, בעוד שאר חלקי התא מכילים, בין היתר, את מערכת אספקת האנרגיה של התא ואת מערכת ייצור החלבונים השונים אותם הוא מייצר. למעשה כל תאי הגוף הינם מגורענים בשלבי חייהם הראשונים. אולם ישנם תאים, כדוגמת תאי הדם האדומים, המאבדים את הגרעין בשלבי התמיינותם המיוחדת.

כאשר לכל נוקליאוטיד בסיב אחד מתאים נוקליאוטיד יחיד בסיב השני. תמונת מודל סכמאטי של קטע מהסליל הכפול מובאת בתמונה מס' 1.

לסיכום: השרשרות הביולוגיות הללו, מורכבות מצירופים של ארבעה נוקליאוטידים שונים, כשההבדל בין ארבעת הנוקליאוטידים הוא הבסיס האורגני שלהם. המבנה הכפול של הסליל הזה מאפשר יצירת העתקים מדויקים של הסיבים. בעת חלוקת התא והפיכתו מתא אחד לשני תאים זהים, נפרדים הסיבים זה מזה ולכל אחד מהסיבים הבודדים נוצר ומוצמד סיב חדש, שהוא העתק מדויק של הסיב מהתא המקורי.



תמונה 1: מודל סכמאטי של שתי שרשרות הדנ"א בסליל הכפול ה"מקלונים" הדקים המחוברים את שני הסלילים מסמלים את הבסיסים הנוקליאוטידים המחוברים זה לזה בקשרי מימן

השרשרות הללו, המורכבות מצירופים שונים של ארבעת הנוקליאוטידים, מכילות את המטען העצום של המידע התורשתי של האדם. יש דמיון מסוים בין הדנ"א לבין סרט מגנטי (עם גיבוי של סרט מקביל) המאכסן אינפורמציה רבת היקף כמו זו של הגנום האנושי. השיטה שבעזרתה הופכת האינפורמציה הגנטית לפקודה ביולוגית תכליתית היא באמצעות בנית סוגי חלבון שונים שהמבנה שלהם נקבע על פי הקוד הגנטי. עוד כדאי לדעת כי כל בני האדם זהים זה לזה ביותר מ 99% של הרכב הדנ"א שלהם. השוני בין בני אדם הוא בפחות מאחוז אחד של הדנ"א.

החלבונים מורכבים מאבני בנין הנקראות חומצות אמיניות. הקוד בו מוצפנת האינפורמציה בסיבי הדנ"א מורכב מ"מילים" בנות 3 נוקליאוטידים, וכל "משפט"

מורכב ממספר מילים שאיננו מוגבל למעשה. כל "משפט" כזה הוא בעצם פקודה ליצור חלבון המורכב תמיד מרצף חומצות אמיניות. "מילה" בת שלושה נוקליאוטידים קובעת את בחירת החומצה האמינית המתאימה ואת מקומה הסידורי במבנה הביוכימי של החלבון.

לפני כ-60 שנה פוצח ה"קוד הגנטי" שמגדיר איזה רצף של נוקליאוטידים קובע חומצה אמינית מסוימת במבנה החלבון². אנו יודעים ששינויים (מוטציות) בצירופים המקוריים של חומצות אמיניות מסוימות יכולים לגרום למחלות קשות. אולם הידע המעשי הזה עדיין מצומצם יחסית למיליוני האפשרויות הקיימות.

פרק ב. זיהוי דנ"א ע"י בדיקת אָס-טי-ארים (STRs)

אָס טי אר הן שלש אותיות לועזיות S, T ו-R, ראשי תיבות של Short Tandem Repeat. הגנטיקאי הבריטי אלק ג'פריז (Alec Jeffreys) גילה לפני כ-25 שנה אזורים בדנ"א הבנויים מרצפים של יחידות נשנות קצרות. לרצפים האלה קוראים STRs או אָס-טי-ארים. הוא הבחין כי לכל אורגניזם יש דגם מיוחד של STRs כאלה, ובעזרתם הוא פיתח שיטה לקביעת הפרופיל הגנטי של כל פרט. המפתח של הפרופיל הינו מספר החזרות ברצף, באתר מסויים. לכל קטע דנ"א כזה מוצמד שם. שם הקטע הוא מספר, היינו מספר החזרות ברצף באותו הקטע. לדוגמא: שמו של קטע דנ"א בעל 15 חזרות הוא 15.

בארץ מתבצעות באופן שגרתי בדיקות לזיהוי פלילי באמצעות הפקה ואפיון של אָס-טי-ארים. הרוב המכריע של בדיקות אלו מתבצע במעבדה הביולוגית של המחלקה לזיהוי פלילי (מז"פ) במטה הארצי של משטרת ישראל בירושלים. במסגרת אחריותי בתחום זיהוי החללים בחירום, עברתי בתחילת תשס"ז השתלמות מרוכזת בת שבועיים במז"פ במטה הארצי בירושלים. עיקר מטרות ההשתלמות היו:

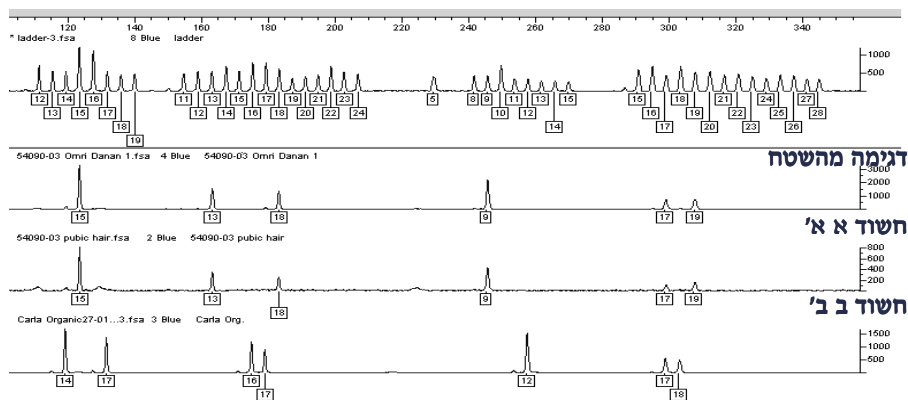
1. להכיר בעמקות את נהלי העבודה ואת טכנולוגיית הזיהוי באמצעות DNA, כולל: התיאוריה המדעית, הסטטיסטיקה, ומבחני התקיפות של הזיהוי;
2. להכיר את הממצאים המטעים (ארטיפקטים) ואת דרכי מניעתם;
3. להכיר טכנולוגיות זיהוי ביולוגיות אחרות הנמצאות בשימוש המערכת;
4. להעריך את המשמעות ההלכתית של שיטות הזיהוי הביולוגיות בדגש על היתר עגונות וקביעת אבהות.

2. ראה: ג'מס ד' וואטסון בספרו **הסליל הכפול** (עברית: מרים אורן, הוצאת לוי-אפשטיין, ירושלים תשל"א); **מדע**, טז, 5-6, (הוצאת מוסד ויצמן לפרסומים, ירושלים 1972).

הפרקים הבאים מתבססים על ידיעותי כרופא כמו גם על הידע שנצבר בהשתלמות במז"פ, והם נכתבים מתוך הכרת טובה והבעת תודה למפקד המז"פ, למפקד המעבדה הביולוגית, ולצוות המעבדה ממנו למדתי רבות.

באופן מעשי, לזיהוי גנטי של אדם, מכינים פרופיל מכמה אזורים בדנ"א שלו. פרט לתאומים זהים, נדיר למצוא שני אנשים עם תבנית דנ"א זהה בארבעה אזורים שונים. בדיקת ששה אזורים בדנ"א של אדם מסוים, נותנת פרופיל ייחודי לאדם, בדומה לטביעת אצבעות. ליתר בטחון כיום מקובל לבדוק עשרה אזורים בדנ"א למטרות זיהוי של אדם. את תוצאות בדיקת ה STRs ניתן להציג בשני אופנים. הראשון: הצגה גרפית; השני: הצגה טבלאית.

הצגה הגרפית המיקום של השיאים (peaks) בשורה מציין את האתר הנבדק (ראה תמונה 2). גובה השיאים יחסי לכמות הדנ"א שבדגימה, והמספר המצוין מתחת לשיאים מציין את שם הקטע - מספר החזרות ברצף באותו אתר. בתרשים שלפנינו, השורה הראשונה מציגה פרופיל STRs שפותח מדגימת דם שהובאה מזירת רצח. התרשים מציג את תוצאות ה- STRs בארבעה אתרים. השורות בתמונה הבאה מציגות פרופילים של שני חשודים. בחינה פשוטה של התוצאות מדגימה זהות מלאה בין הפרופיל של חשוד א' לבין הפרופיל שהופק מהדם בזירת הרצח.



תמונה 2:

תרשים גרפי המתאר שלשה פרופילים מארבעה אתרים של קטעי דנ"א (STRs): הראשון מדגימת שטח, ואחריו פרופילים מדגימת רוק של שני חשודים כדאי לשים לב שברוב האתרים נמצא זוג, צמד של שיאים, ורק במיעוטם נמצא שיא בודד, בדרך כלל גבוה יותר משיאים אחרים. עובדה זו קשורה בכך שבנוסף לקב"ה יש שני שותפים ביצירתו של אדם - אביו ואמו. ברמת הדנ"א, אדם תמיד יורש סט אחד של סלילי דנ"א מאביו, וסט נוסף של סלילי דנ"א מאמו. הסבר מפורט - בגוף המאמר.

סלילי הדנ"א ממוקמים בתוך גרעיני התאים והם מסודרים בחבילות" הקרויות כרומוזומים. לאדם 46 כרומוסומים בגרעין התא והמאורגנים ב-22 זוגות של כרומוסומים דומים הנקראים אוטוסומים (autosomes). זוג נוסף, ה-23 במספר הינו כרומוסומי המין, היינו: שני כרומוסומים X בנקבה, או כרומוסום X וכרומוסום Y בזכר. כל זוג כרומוסומים ניתן לזיהוי על פי צורתו, ובהתאם, לכל זוג מספר סידורי³ מ-1 ועד 22. בכל זוג יש שני כרומוסומים, אחד מהם מקורו מן האב, והאחר מגיע מן האם. מספר החזרות ברצף (מספר ה-STR) באתר מסויים נקבע על ידי קטע מהדנ"א באחד הכרומוזומים. בהתייחס לכך שיש לנו שני סטים של כרומוזומים, נוכל לזהות באותו אתר שני שיאים שונים המציינים שני אָס-טי-ארים בעלי מספר חזרות שונה. באחד נקבע מספר החזרות על ידי הדנ"א שמקורו באב, ובשני על ידי הדנ"א שמקורו באם של בעל הפרופיל. אמנם אם במקרה באותו אתר מספר החזרות שנקבע בכרומוזום האימהי שווה למספר החזרות שנקבע בכרומוזום האבהי - נקבל רק שיא אחד, גבוה יותר, עקב הכמות הכפולה של קטע הדנ"א בעל מספר החזרות המסויים הזה. לעובדות הללו יש משמעות מעשית בקביעת או שלילת אבהות, נושא הנדון להלן בפרק ד'.

בהצגה טבלאית, אותם נתונים מוצגים בטבלה, כאשר כל שורה מציגה את פרופיל ה STRs של אדם מסוים או של דגימה מסויימת, וכל טור בטבלה מציג את גודל האָס-טי-ארים (מספר החזרות ברצף) באתר הנבדק. תמונה 3 מציגה בצורה טבלאית את אותם נתונים שהוצגו בתמונה 2 בצורה גרפית. גם כאן קל מאד להבחין כי הפרופיל שהופק מגופו של חשוד א', זהה בדיוק לפרופיל שהופק מדגימת הדם באתר הפשע.

תמונה 3: הצגה טבלאית של שלשת הפרופילים מתמונה 2

שמות ה STRs באתר ראשון מימין	שמות ה STRs באתר שני מימין	שמות ה STRs באתר שלישי מימין	שמות ה STRs באתר רביעי מימין	
19 17 (שיא בודד)	9 9 (שיא בודד)	13 18	15 15 (שיא בודד)	פרופיל הדגימה מהשטח
19 17	9 9 (שיא בודד)	13 18	15 15 (שיא בודד)	פרופיל הדגימה מחשוד א'
18 17	12 12 (שיא בודד)	17 16	17 14	פרופיל הדגימה מחשוד ב'

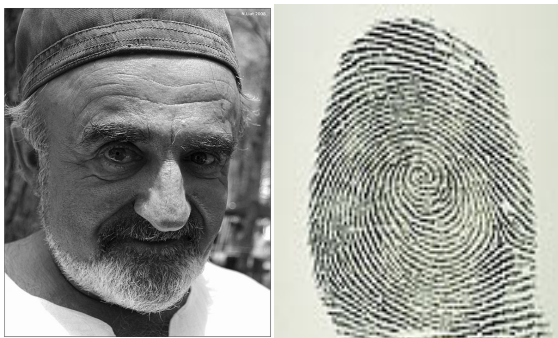
3. על הכרומוזומים וכללי התורשה שלהם ראה לעיל סימן ל פרק א, וסימן לב פרק ב.

פרק ג. מעמד ההלכתי של זיהוי הכרת פרצוף, טביעת אצבעות, ופרופיל אָס-טי-ארים

השאלה ההלכתית היא מה מעמדה ההלכתי של זהות פרופיל אָס-טי-ארים מדגימת גופה עם פרופיל דגימה מגופו של האדם הנעדר. האם זהות כזו היא סימן גרוע, סימן בינוני, סימן מובהק, או שזהות כזו שווה להכרת פנים בתביעת עין. שאלות דומות כבר נדונו על ידי פוסקים מזה עשרות שנים. מקובל לומר שתביעת אצבע נחשבת כסימן מובהק⁴ שאפשר להתיר עגונות על סמך אותו סימן. היה מקום לשאול מדוע טביעת אצבעות נחשבת רק לסימן מובהק ולא להכרה בטביעת עין. כדי לענות על השאלה עלינו להבין מהי בדיוק טביעת אצבע, וכיצד נקבעת זהות בין שתי טביעות אצבע נבדקות.

טביעות האצבע הן למעשה הטבעה של חומרים המצויים על קיפולי עור האצבעות וכף היד (שקעים ובליטות) על משטח כלשהו בזמן המגע עמו. החומרים המצויים על העור הם הפרשות שמקורן בבלוטות הזיעה ובבלוטות שומן.

וכאן הבן שואל: הרי בסופו של דבר כמו שפרצופיהם שונים, טביעות אצבעותיהם שונות. ראינו אנשים שמאד מאד דומים אחד לשני, הכפילים למיניהם, ובכל זאת הכרת פנים מוגדרת כטביעת עין שהיא הזיהוי ההלכתי הטוב ביותר. מאידך, מעולם לא ראינו אנשים שיש להם טביעת אצבעות זהה. לפיכך ראוי להבין ולהגדיר טוב יותר את ההבדל ההלכתי. לשם כך כדאי לבצע כאן ועכשיו תרגיל קטן בהסתכלות, בה נבין חלק מההבדלים שבין הבחנה אנושית של פנים לבין אבחנה אנושית של טביעת אצבעות.



תמונה 4:

פרצוף אדם

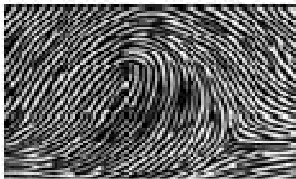
טביעת אצבע

4. ראה: הרב שלמה פישר, טביעת אצבעות לאור ההלכה, **נועם** כרך ב (תשי"ט) ריא-רכב; שו"ת **יביע אומר** ח"ו אבהע"ז ג; הרב גד נבון, טביעת אצבעות כסימן מובהק לקביעת מוות בפסיקה

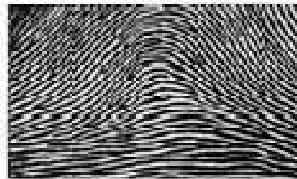
נקדיש כמה שניות להתבוננות ב**תמונה 4**. והנה כבר מייד אפשר לראות משהו מעניין. **האדם שבתמונה**, אם נראה שוב את תמונתו בשקופית או בתמונה אחרת – נזהה אותו מיד. אבל את טביעת האצבע, גם אם התבוננו בה יותר זמן, לא נזהה כל כך מהר. הבדל זה נובע מהעובדה הבאה: כשאנו רואים תמונה של בן אדם, אנו מזהים אותו מהר יותר מאשר אם נראה תמונה של מכונית ונצטרך לאתר אותה אח"כ בין מכוניות אחרות. במוזיאון המדע בירושלים מוצגים תרגילים שמדגימים זאת. מציגים לנבדק תמונות של אנשים בפרק זמן מוגדר, ואח"כ עליו לזהות אותם בין תמונות של אנשים אחרים. כל אדם מזהה לא רע בהתאם לכישוריו. אחר כך מראים לנבדק תמונות של מכונית מסוימת, או של כלב וחתול מסוימים, כשעליו לזהות אותם בין תמונות אחרות. מתברר שהביטוי היידי "אלע יוונים הובען דע זעלבע פנים" (= לכל היוונים יש אותם פנים) מקבל משמעות כשמנסים לזהות את הכלבים והחתולים שבתמונות. להבדל בין יכולת הזיהוי של פרצופי אדם לבין יכולת הזיהוי של כלבים או מכוניות, יש משמעות רבה והוא מסביר לנו חלק מההבדלים ההלכתיים בין עוצמת הזיהוי בטביעת פנים לעוצמת הזיהוי של טביעת אצבעות. אכן הקב"ה ברא את האדם כך שיש דברים שנקלטים בחושיו יותר טוב, והסתמכות עליהם אמינה יותר, ויש דברים הנקלטים בחושיו פחות טוב וממילא ההסתמכות עליהן חלשה יותר.

הבדל נוסף בין זיהוי פרצוף לזיהוי טביעת אצבעות. בניגוד לזיהוי פרצוף בטביעת עין הכולל השוואה אותה מבצע אדם במוחו בין מאות או אלפי פריטים שבתמונת הפרצוף, זיהוי טביעת אצבעות הוא זיהוי טכני, של מספר פרמטרים קטן, בין עשרה לעשרים פרמטרים בלבד, וכפי שיוסבר להלן. קיים מספר קטן של תבניות בטביעת אצבעות, כאשר שלוש התבניות הבסיסיות והעיקריות בתביעת אצבע הן מערבולת, קשת ולולאה המתוארות בתמונה הבאה.

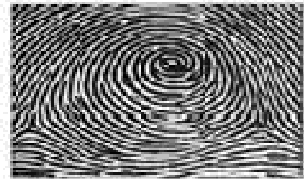
תמונה 5: שלש התבניות הבסיסיות של טביעת אצבע



לולאה



קשת



מערבולת

הרבנית, **דיני ישראל** ז, קכ"ט-קל"ז; הרב אליהו בקשי דורון, **בנין אב** ח"ד סג; **אנצ' הלכתית-רפואית** ו (תשס"ז) ערך קידושין וגירושין הער' 98-99.

בניגוד לזיהוי פרצוף, כשמזהים טביעת אצבעות הזיהוי לא נעשה בהסתכלות פשוטה והיכרות עם טביעת האצבע. בפועל קובעים את המיקום של נקודות יחוס מאפיינות בתמונת טביעת האצבע. בוחרים, למשל, את מיקום נקודות הפיצול של קווי טביעת האצבע, את שיאי הלולאות, נקודות הפסקה ברכס מסוים וכדומה. בודקים כך את אותו מספר של נקודות בטביעת אצבעות אחרת וההשוואה בין הנתונים הללו קובעת אם יש או אין זהות.

בעיקרון, השיטה דומה לשיטה מקובלת של זיהוי ספרי תורה גנובים באמצעות בדיקת נקודות מוגדרות על פני דף מתוך הספר. מצלמים עמוד מסוים מספר התורה, בוחרים מספר נקודות במיקום מוגדר בעמוד המצולם ובודקים את האותיות הנמצאות בנקודות שנבחרו. ניתן לבצע בדיקה כזו גם ללא מחשב. מכינים דף בגודל העמוד הנבדק, מחוררים בו חורים בנקודות שנבחרו, מצמידים אותו עם נקודת עגינה מוגדרת לדף של ספר התורה, ורושמים את האותיות המתגלות דרך החורים. אם בודקים מספיק חורים, נדיר מאד שיימצאו שני ספרי תורה עם אותם האותיות בבדיקה כזו. בבדיקת שני עמודים מהספר כנראה שאין שני ספרי תורה בעולם הנמצאים בדיוק אותו מצב, אלא אם כן הם ספרים מודפסים שלא נכתבו ביד. גם בהשוואת טביעת אצבעות מקובל לבחור מספר נקודות ציון (ברוב המקומות בעולם בוחרים בין 10 ל- 20 נקודות כאלו) ואותם משווים בין טביעות האצבע השונות.

בחזרה לתמונת פרצוף – כמה נקודות אנחנו צריכים להשוות כדי לזהות תמונת פנים? בשנת תשס"ח בדקתי באופן מיוחד את הנתון הזה במחלקה לזיהוי פלילי (מז"פ) של משטרת ישראל. ניסיונות שבוצעו שם במגמה לאפשר זיהוי פרצוף באמצעות מחשב, לא הצליחו להגיע לזיהוי מוצלח גם כשנבחרו עשרות רבות של נקודות בתמונת הפרצוף הנבדקת. במילים אחרות, בזיהוי של פנים אנחנו בעצם מכניסים למחשב שבראשו מאות או אלפי נקודות להשוואה, הרבה יותר מאשר מספר הנקודות הנבדק בהשוואת טביעת אצבע. זו סיבה נוספת לכך שטביעת אצבע יכולה להיות אך ורק סימן מובהק ולא זיהוי בטביעת עין. עכ"פ, הסימן הזה של התאמה בטביעת אצבע הוא סימן מובהק מאד לאור הסיכוי האפסי שיש לעוד אדם טביעת אצבע דומה, אבל אע"פ כן עדיין אין כאן הכרות בטביעת עין. וראה מש"כ בנודע ביהודה תנינא, אבן העזר סי' סב, ד"ה ולכאורה קשה.

מכאן ניתן לחזור ולבדוק את משמעות הזיהוי באמצעות דנ"א, או ביתר דיוק – זיהוי באמצעות פרופילים של אֶס-טִי-אֶרִים. בפרק א' הוסבר מהו הדנ"א. אם נסכם, בכל גרעין של תא בגוף האדם קיים מאגר מידע עצום, המכיל יותר אינפורמציה מבדיסק מחשב, כאשר מנגנון אגירת המידע הוא מנגנון ביולוגי (ולא מנגנון פיסיקלי כמו במחשבים). מאגר המידע הזה כולל את כל האינפורמציה שהיתה בביצית המופרית שממנה נוצר העובר האנושי. העתק של

מאגר המידע הזה נמצא בכל גרעיני התאים, והאינפורמציה הזאת היא בעצם ההוראות לבניית היצור המתפתח מהביצית המופרית. מכאן נובע, שאם יש לנו את כל האינפורמציה של הדנ"א, אינפורמציה זו כוללת גם את הנתונים לבניית פרצוף של בעל הדנ"א. שהרי הפרצוף הבסיסי שלנו נקבע ע"י הדנ"א, ולכן תאומים זהים דומים מאד-מאד בפרצופיהם, אלא אם כן היו פגיעות סביבתיות כמו צלקות, מחלות, או הבדלים בתנאי סביבה אחרים. אם כך, היה מקום לומר שהדנ"א הוא מזהה עדיף על פרצוף, כי הוא כולל גם את ההנחיות לבניית הפרצוף, וגם את ההנחיות לבניית שאר חלקי הגוף! אילו היה לנו למשל ספר עם כל אותיות הדנ"א של אנשים נבדקים, השוואת הדנ"א ביניהם אמורה להיות יותר כוללת מכל זיהוי אחר וממילא אמורה להיחשב טובה יותר מכל זיהוי אחר.

השאלה היא איפוא: האם באמת זיהוי ע"פ דנ"א עדיף על פני זיהוי פרצוף? האם באמת זיהוי על פי דנ"א שווה לפחות להכרת פנים וטביעת עין?

לאור ההבנה מה בדיוק נבדק בזיהוי המשווה פרופילים של STRs כפי שתואר בפרק ב' למעלה, מתברר שזיהוי דנ"א מקובל דומה יותר לזיהוי טביעת אצבעות מאשר לזיהוי בהכרת פרצוף. שהרי בזיהוי דנ"א לא מפענחים את כל רצף הדנ"א של הנבדק, אלא בין 10 ל- 20 אתרי אס-טי-ארים שלו. בדיוק כמו שבזיהוי טביעת אצבעות אנו בודקים בין 10 ל- 20 נקודות מפתח בטביעת האצבע.

המסקנה: גם כאן יש להתייחס להתאמה בפרופיל אס-טי-ארים הנעשה בזיהוי דנ"א כאל סימן מובהק מאד - לאור הסיכויים הזניחים⁵ של התאמת פרופיל בין אנשים שונים - אך לא כאל זיהוי בטביעת עין והכרת פרצוף. הגר"ש הלוי ואזנר שליט"א הורה להתייחס לזיהוי דנ"א כסימן מובהק, אך הגביל זאת לזיהוי דנ"א שמשווה רקמה של הנעדר לרקמה ממקום האסון. לעומת זאת, אם אין לנו דגימה נקיה של הנעדר עצמו, ויש צורך לשחזר את פרופיל הנעדר בעזרת פרופילים של בני משפחתו, או כאשר הדגימה במקום האסון איננה דגימה "נקיה" שמתאימה לנתוני הנעדר, אלא היא מכילה תערובת דנ"א מכמה אנשים, כאן רמת הודאות נמוכה יותר⁶, ולדעת הגר"ש ואזנר עוצמת הזיהוי היא כשל

5. ניתן לחשב את הסיכוי למציאת אדם זר בעל פרופיל זהה לפרופיל של נבדק ידוע. ניתן להכפיל הסתברויות **בלתי תלויות** של שכיחות ממצא האס-טי-ארים שבאתר מסויים עם השכיחות של הממצא באתר שני וכן הלאה. לדוגמא: אם שכיחות של ממצא באתר אחד הוא עשירית (10%) ובשני חמישית (20%), מכפלת השכיחות $0.1 \times 0.2 = 0.02$ דהיינו שני אחוז בלבד. אם שכיחות הממצא באתר שלישי הוא 5%, מכפלת השכיחות תהיה כבר שווה ל 0.001 דהיינו פרומיל אחד, וכן הלאה.

6. במצבים המורכבים הללו של שחזור פרופיל דנ"א באמצעות דנ"א של הורים או בני משפחה אחרים, ושל בידוד פרופיל דנ"א מתוך תערובת פרופילים מכמה אנשים, חייבים לבדוק כל מקרה בנפרד. יתכנו מצבים בהם התוצאה לא תחשב אפילו כסימן בינוני, בעוד שבמקרים אחרים ניתן להגיע לרמה של סימנים מובהקים. הדרך היחידה לבצע ניתוח הלכתי במקרים אלו היא לאפשר מעורבות איש הלכה מובהק את טכנולוגיית הזיהוי באמצעות דנ"א.

סימן בינוני⁷. בשנים האחרונות גדולי הפוסקים הורו להסתמך למעשה על זיהוי גנטי⁸, ועגונות לא מעטות, כמו עגונות אסון בנייני התאומים בניו יורק, הותרו אחרי הסתמכות בין היתר גם על זיהוי פרופיל האס-טי-ארים מדגימות הדנ"א שנותרו באתר ההריסות⁹. חלק מהעגונות הותרו ע"י הג"ר זלמן נחמיה גולדברג תוך הסתמכות על זיהוי דנ"א של שרידי רקמות. הוא דן במפורט בשאלה ההלכתית של זיהוי באמצעות דנ"א, והראה שהתאמת דנ"א מהווה לפחות 'סימן מובהק ביותר'. הגרז"ג הוסיף: "אכן עיקר היתר הנשים סמכתי על בדיקת דנ"א שנראה שדינו כסימנים מובהקים ביותר"¹⁰.

טכנולוגיית הזיהוי הגנטי מיושמת כיום גם בצה"ל. מכל מתגייס נלקחת דגימה ביולוגית ממנה ניתן להכין פרופיל אס-טי-ארים. הדגימה נשמרת במאגר מרכזי, כך שניתן להפיק את הפרופיל בעת הצורך. קיום המאגר כבר מנע טעויות בזיהוי, ואין ספק כי הוא יוכל בעתיד גם למנוע עגונות מלחמה. הבסיס ההלכתי והטכנולוגי לתקיפות הזיהוי הובא למעלה, ועיקרו: ככלל, בזיהוי DNA מול **דגימה מקורית**, ערכו של הזיהוי יכול להגיע לדרגת סימן מובהק מאד, בדומה לטביעת אצבעות, וזאת עקב הסיכויים הזניחים שלאדם זר יש במקרה את אותו פרופיל אס-טי-ארים של האדם הנבדק. לעומת זאת, ערכה ההלכתי של **השוואה מול דגימות מעורבות או דגימות בני משפחה קרובים**, במקרים רבים לא יעלה על זו של סימן בינוני. הערכה מדויקת יותר של עוצמת הזיהוי תלויה בנתונים המדויקים של כל זיהוי וזיהוי. בכל אופן ברור כי ערכו של זיהוי מקובל ע"פ DNA איננו שווה לזיהוי בטביעת עין.

פרק ד. בדיקת אבהות באמצעות פרופיל אס-טי-ארים

המקור לדגימת הדנ"א יכול להיות כמעט כל רקמה מגוף הנבדק. לדוגמא: דם, רוק, שתן, זירמה, שיער, שיניים ועצם. הדרך הקלה והמקובלת היום היא לדגום ע"י שפשוף קל במטוש של דופן הפה הפנימית. וכאשר המטרה לשלול או לאשר

7. פסק ההלכה של הגר"ש ואזנר נשלח בשנת תשס"א לרב משמר הגבול הרב אלכסנדר לוינסון. הפסק נכתב ונחתם ע"י הרב משה קליין, חבר בית הוראה בראשות הר"ש ואזנר, על פי דעתו של הרב ואזנר ובאישורו של הגר"נ קרליץ, ופורסם תחת הכותרת 'זיהוי הלכתי על פי בדיקת דנ"א' בתחומין כא (תשס"א) עמ' 123-121; ובנשמת אברהם, (מהדורה חדשה תשס"ז) כרך שלישי, חלק אבן העזר, סימן ד, ס"ק א2.

8. דעת הגר"ש אלישיב הובאה בנשמת אברהם, שם, ס"ק א2(ד).

9. במדור התשובות של קובץ קול צבי - קובץ חידושי תורה, (הוצאת הכולל העליון בישיבת רבנו יצחק אלחנן, ניו-יורק) חוברת ד, תשס"ב, הוקדשו 5 מאמרים לשאלת העגונות מאסון התאומים. הכותבים שם הם: מ"ר מרדכי וויליג; הג"ר זלמן נחמיה גולדברג; הרב מנחם מענדל סנדרוביץ ומרן הג"ר עובדיה יוסף.

10. הרב זלמן נחמיה גולדברג, קול צבי, שם, עמ' 14-35, 41-43, בעמ' 42. חלק מתשובת הגרז"ג הובא גם בנשמת אברהם שם.

אבהות¹¹, נלקחת דגימה כזו מהאב הנטען ומהצאצא. בהתייחס לכך שיש לנו שני סטים של כרומוזומים, נוכל לזהות באותו אתר שני שיאים שונים המציינים שני אס-טי-ארים בעלי מספר חזרות שונה. באחד נקבע מספר החזרות על ידי האב של בעל הדגימה הנבדקת, ובשני על ידי אימו. אמנם אם באתר אס-טי-ארים מסויים מופיע שיא בודד, אנו יודעים שהנבדק ירש משני הוריו אס-טי-אר עם אותו מספר חזרות באתר המסויים הזה (ראה פרק ב' לעיל). ע"פ הבנה זו קל לבחון אם קיים יחס הורות בין האב הנטען לצאצא. אם קיים יחס כזה, אזי בכל אתר אס-טי-ארים של הצאצא, לפחות אחד השיאים חייב להיות שיא הנמצא גם בפרופיל של האב.

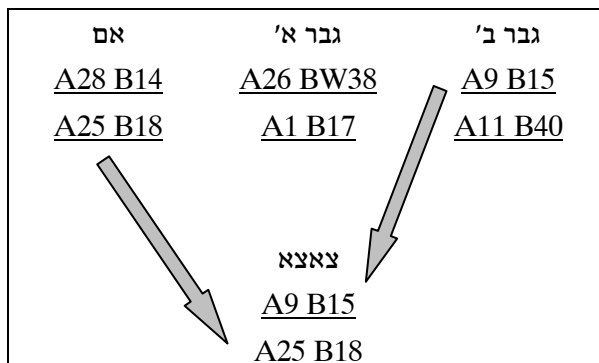
כדי לשלול באופן מוחלט את האבהות די בכך שבאחד האתרים הנבדקים ימצא אצל הצאצא שיא שלא קיים בפרופיל האב. מאידך, כדי לקבוע אבהות באופן חיובי עלינו לוודא קודם כל שקיימת התאמה כזו, דהיינו שבכל אתר של הצאצא יש לפחות שיא אחד שקיים גם בפרופיל של האב, ובהמשך לאמוד את הסיכוי שתהיה התאמה כזו עם אדם זר. אם הסיכוי לכך נמוך מאד-מאד, למשל אחד למיליארד, מהוה הדבר הוכחה סטטיסטית לכך שהנטען הוא באמת האב הביולוגי. אבל זו רק הוכחה סטטיסטית, שפירושה הוא כי הסיכויים שהנטען איננו האב, אלא אדם אחר בעל פרופיל דנ"א מתאים הוא האב - הם נמוכים עד כדי חוסר סבירות. במילים אחרות, שלילת אבהות היא מוחלטת (דהיינו 100% בהנחה שלא היו טעויות במעבדה), בעוד שקביעת אבהות חיובית איננה מוחלטת אלא הסתברותית, כלומר קביעה הנסמכת על שיקולי רוב גדול מאד. חשוב לדעת שגם אם באוכלוסיה הכללית הסיכוי להימצאות פרופיל דנ"א זהה לזה של האב הנטען הוא אפסי, הסיכוי להימצאות פרופיל כזה בקרב קרובי האב הנטען הוא הרבה יותר גבוה. חייבים לחשב את ההסתברות לקיום פרופיל כזה בין הקרובים, ולשקול את משמעותו.

את העיקרון החשוב הזה, המבדיל בין רמת התקיפות בשלילת אבהות גנטית לבין רמת התקיפות בקביעה חיובית של אבהות גנטית, הבהרתי כבר בשנת תשמ"ב¹². אמנם באותם הימים טרם פותחה שיטת זיהוי ע"פ דנ"א, אך היתה קיימת שיטת זיהוי ע"פ HLA, שהוא אנטיגן - חומר ביולוגי - שהמבנה שלו נקבע ע"פ הדנ"א. העיקרון של שלילת או קביעת אבהות ע"פ HLA זהה לעיקרון של השלילה או הקביעה ע"פ דנ"א, דהיינו הוא נובע ישירות מכללי התורשה האנושית של ההורים לצאצאיהם באמצעות שרשרות הדנ"א. סימן לב כולל כמה תרשימים גרפיים המסבירים בבירור את עיקרון ההורשה, את דרך שלילת האבהות או דרך אישורה. איור מס' 6 מציג באופן גרפי תוצאות בדיקת שני אתרים של HLA שהופקו מאם, מהתינוק שנולד לה, ומשני גברים. התמונה מדגימה שלילה

11. ראה: א' שטיינברג, **אנציקלופדיה הלכתית-רפואית** (מהדורה חדשה, מכון שלזינגר ירושלים, תשס"ו) כרך ב, ערך 'אבהות', עמ' 21-1.

12. לעיל סימן לב, בתחילת פרק ג - מגבלות השיטה, ובהערה 56 שם.

מוחלטת של אבהות גבר א', שכן פרופיל ה HLA של הצאצא מכיל אנטיגנים אותם הוא ירש מאביו, ואנטיגנים אלו אינם נמצאים אצל גבר א'. מאידך, אנטיגנים אלו כן נמצאים בפרופיל של גבר ב', ומשום כך קיימת הסתברות גבוהה מאד לקביעת אבהות חיובית, כלומר לאישור אבהותו של גבר ב'.



איור מס' 6: בדיקת שני אתרי HLA של אם, צאצא ושני אבות נטענים

להבדלים בין שלילה מוחלטת של אבהות לבין קביעה פוזיטיבית הסתברותית של אבהות יכולה להיות משמעות בהלכות ממזרות. לפני שניתן יהי לקבוע ממזרות על סמך שלילת אבהות, יש לברר האם לקביעת ממזרות די בהוכחה חד משמעית של תוצאה (הנובעת בהכרח מסיבת הממזרות) כשם שהדבר נכון בדיני ממונות, ואז יתכן כי שלילת אבהות מוחלטת בבדיקה גנטית תקבע ממזרות, או שמא לקביעת הממזרות נדרשת עדות על עצם המאורע הקובע המהווה את הסיבה לממזרות ואין די בהוכחה של התוצאה. ניתן להביא ראיות לכך שהוכחה על התוצאה מספיקה. משיטת ר' יהודה בדין "יכיר" מוכח כי ממזרות יכולה להיקבע על סמך שלילת יחס האבהות בין אדם לבין אחד מהילדים שנולדו לאשתו במהלך נישואיהם¹³. עדיין יש מקום לשאול אם להלכה ניתן לקבוע ממזרות על סמך בדיקות טבעיות, שלא על סמך נאמנות עד או אב. גם על כך יש תשובה בדברי הרש"ש במס' בבא בתרא, נח, א. הרש"ש מסביר כי רבי בנאה נמנע מלבצע בדיקת דם (שמתוארת בספר חסידים) לשלילת אבהות בסכסוך ירושה, אך ורק כדי למנוע ממזרות שיכולה להיקבע מתוצאות הבדיקה המדעית¹⁴.

מאידך ישנם מצבי ממזרות שאינם נקבעים על סמך שלילת אבהות אלא רק על סמך קביעת אבהות. לדוגמא, בן של ממזר גם הוא ממזר. לקביעה כזו יש צורך בקביעת אבהות ברורה, ולא די בשלילת אבהותו של אחר. כמו כן בצאצא מאיסורי

13. ראה רמב"ם איסורי ביאה טו, טז.

14. עוד על האפשרות לקביעת ממזרות על סמך שלילת אבהות גנטית, ראה: קובץ תשובות לגר"ש אלישיב, ח"א (תש"ס), סי' קלה; מ' הלפרין, 'בדיקת רקמות - השלמה לדיון', אסיא סז-סח, עמ' 101 (תשס"א), ובמקורות המצויינים שם; נשמת אברהם, (מהדור' חדשה תשס"ז) כך שלישי, חלק אבן העזר, סימן ד, ס"ק אז, והע' 18.

עריות שאינם אשת איש, אלא אשת אחיו או אחות אשתו בחייה, במקרים כאלה חובה להוכיח אבהות פוזיטיבית ברורה כדי לקבוע ממזרות של הצאצא.

לאור האמור למעלה שהוכחת האבהות הפוזיטיבית הינה לא יותר מהוכחה בדרגה של רוב, יהיו מקרים בהלכות ממזרות שניתן יהיה להתיר את העשוקים. ואכן על סמך הכרת העיקרון הזה, לפני כחמש שנים הותרו לבוא בקהל צאצאים אשר קביעת אבהות פוזיטיבית באמצעו HLA היתה לכאורה הוכחה מכרעת לממזרותם. בסיס מוצק להיתר היתה הידיעה כי ה**וכחה פוזיטיבית** איננה יותר מהוכחת רוב¹⁵, שלא כמו **שלילת אבהות** שהיא מוחלטת.

גם נושא **הפטור ממזונות** בהסתמך על שלילת אבהות גנטית, כבר נדון בבתי הדין. יש הרכבים בארץ שסומכים על בדיקה גנטית לחיוב ולשלילה, ויש הרכבים בארץ שלא סומכים¹⁶. באחד המקרים ביה"ד הרבני בחיפה פטר ממזונות אדם שבדיקה גנטית (HLA) שללה את אבהותו¹⁷. העיקרון שניתן לפטור ממזונות על סמך שלילת אבהות גנטית, נקבע כבר בפסק דין של הגר"ש דוכובסקי בעת היותו אב"ד הרבני באשדוד, בפס"ד מעניין שניתן באייר תשמ"ב¹⁸ ופורסם בספר **אסיא ה** (מכון שלזינגר, ירושלים תשמ"ו) עמ' 163-178. בפסק הדין של הגר"ש דוכובסקי נקבע העיקרון, בלא יישומו למקרה הנדון שם. אולם בפסק דין של ביה"ד בחיפה יושם הפטור הלכה למעשה. תיק ביה"ד הרבני מחיפה עלה לערעור בביה"ד הגדול בירושלים¹⁹. דייני בית הדין הגדול קיבלו את הערעור, וחייבו את הבעל במזונות הצאצא, למרות הבדיקה הגנטית ששללה באופן מוחלט את אבהותו.

באחד הבקרים, שבועות ספורים אחרי קבלת הערעור, נפגשתי לשיחה אישית עם דיין בכיר בהרכב הערעור. אמרתי לו בידידות כי לענ"ד הם עשו עוול במשפט, וחייבו אדם לשלם מזונות שלא כדין עבור צאצא שבודאי אינו שלו. הדיין הסביר את פסק הדין בכך שבדיקות האבהות אינם יותר מאומדנא, ואומדנא איננה מספיקה לבטל את חזקת רוב בעילות אחר הבעל.

15. על הכרעת ההיתר שניתן בקיץ תשס"ז חתמו הגר"ע יוסף שליט"א, הגר"ז גולדברג שליט"א, הגר"ר ניסים בן שמעון שליט"א, הגר"ר אשר וייס שליט"א, והגר"ר זאב ליטקה שליט"א.

16. הרב מרדכי אליהו, 'זיהוי גנטי וייחוס משפחתי - היבט הלכתי', בתוך: גינקולוגיה, גנטיקה, פוריות וילודים לאור ההלכה (עורך: הרב יואל קטן, ירושלים תש"ס) עמ' 110-116, בעמ' 112.

17. ביה"ד הרבני בחיפה, תיק 8734/תשמ"ו.

18. ביה"ד הרבני באשדוד, תיק 1245/תשמ"א; 378/תשמ"ב. בפס"ד זה טמונה מחלוקת מעניינת בין הרב דוכובסקי לבין הרב יעקב אליעזרוב. אב ביה"ד הרב דוכובסקי סבר כי גם במצבים בהם ניצבת על הפרק שאלת ממזרות, והכרעת הדין היא שלא להסתמך על בדיקות גנטיות לקביעת ממזרות, בכל זאת לעניין החיוב הממוני של מזונות יש לפטור את האב הנטען ממזונות ברגע שהבדיקות הגנטיות שללו את אבהותו. לעומתו הרב אליעזרוב סבר (הע' 17 בעמ' 173 שם) שפסיקה כזו הינה 'תרתי דסתרי', ולא ניתן לחלק בין שאלת הממזרות לשאלת המזונות. לכן כמו שלא ניתן לקבוע ממזרות על סמך הבדיקה, לדעתו גם לא ניתן לפטור ממזונות, למרות תוצאות הבדיקה שוללת האבהות.

19. בית הדין הגדול, ערעור 86/תשמ"ז.

הבהרתי לו בפירוט את דרכי הבדיקה. מהר מאד הסכמנו שלא מדובר באומדן כפי שסבר, אלא בבדיקה ברורה וחד משמעית לעיני כל המעיין בה, בדיקה השוללת באופן מוחלט את האבהות. נאנח אז הדיין ואמר לי את הדברים הבאים: "לצערי אף אחד לא טרח להציג בבית הדין את ההסבר המדויק על מהות הבדיקה. מסקנות הבדיקה הוצגו בפנינו כאומדן בלבד ולא כהוכחה ברורה". הוא הוסיף ואמר שאילו בזמן הדיון היה מגיע לידי המידע המלא על מהות הבדיקה ואמינותה - פסק הדין בערעור היה שונה.

פרק ה. סיכום

1. התאמה מלאה בין פרופיל אס-טי-ארים מדגימת גופה לפרופיל אס-טי-ארים של נעדר - מהווה סימן מובהק ביותר על פיו ניתן לזהות חלל ולהתיר עגונה.
2. כאשר דגימת האס-טי-ארים של הנעדר איננה דגימה ישירה, אלא שוחזרה באמצעות דגימת אס-טי-ארים מקרובי משפחתו - חייבים לבדוק כל מקרה בפרוטרוט. יתכנו מצבים בהם התוצאה לא תיחשב אפילו כסימן בינוני, בעוד שבמקרים אחרים ניתן להגיע לרמה של סימנים מובהקים. הדרך היחידה לבצע ניתוח הלכתי במקרים אלו היא לוודא שאיש הלכה מובהק שמכיר לעומק את טכנולוגיית הזיהוי באמצעות דנ"א ואת החישובים הסטטיסטיים הקשורים, יהיה מעורב באופן מלא בתהליך הזיהוי.
3. שלילת אבהות באמצעות דנ"א או HLA היא הוכחה חד משמעית כי קטעי דנ"א שצאצא קבל מאביו הגנטי לא נמצאים ברקמות האב הנטען. ברמה העקרונית מדובר בשלילה מוחלטת של האבהות על כל המשתמע ממנה. לדעת הרש"ש בסוף חזקת הבתים בדיקה מהימנה מסוג זה גם קובעת ממזרות ולכן אסור לבצע אותה, וכן משמע מתשובת הגר"ש אלישיב שליט"א. אמנם עדיין יש פסקי דינים סותרים בבתי דין רבניים שאפילו לא פוטרים ממזונות ע"פ הבדיקה, אך לפחות חלק מפסקים אלו ניתנו בלא שמהות הבדיקה הוצגה לדיינים כנדרש.
4. בניגוד לשלילת אבהות שהיא שלילה מוחלטת ברמה המדעית, קביעת אבהות פוזיטיבית איננה יותר מהוכחת רוב. הבחנה זו בין שלילת אבהות לקביעה חיובית כבר הביאה לביטול כתם ממזרות בישראל.