

שלומי גייסקין

תאי דם שנוצרו מרקמת עור

ראשי פרקים:

- א. מבוא
- ב. שאלות הלכתיות
 - כשרות
 - "זריקת הדם"
 - טומאה וטהרה
 - דם מן החי
 - שבעת המשקין
 - עור חילזון שהפך לדם
 - "מן המותר בפיך"
- ג. דברים לסיום

א. מבוא

בפרשת שופטים, אומרת התורה: "כי יפלא ממך דבר למשפט בין דם לדם בין דין לדין ובין נגע לנגע דברי ריבת בשעריך וקמת ועלית אל המקום אשר יבחר ה' אלהיך בו" (דברים יז, ח) כאשר ישנו ספק, יש לעלות אל המקום אשר יבחר ה', לבית הדין הגדול, ושם יפסקו לנו את הספק, והם יבררו "בין דם לדם".

אך מה יקרה כאשר דם זה כלל איננו דם באמת? מה אם הדם הזה הוא במקורו חומר אחר?

הקב"ה בכבודו ובעצמו הפך את מימי היאור לדם, במכה הראשונה של מצרים, כמו שנאמר בפרשת וארא (שמות ז, יז) "בזאת תדע כי אני ה', הנה אנכי מכה במטה אשר בדי עלי המים אשר ביאר ונהפכו לדם", ואז כתוב "ויצשו כן חרטי מציצים בלטיהם" (פס' כב), אבל חרטומי-המדע של היום הצליחו להפוך גם רקמת-עור לתאי-דם.

בשנים האחרונות הצליחו חוקרים קנדיים מאוניברסיטת מקמאסטר שבהמילטון, אונטריו, לייצר תאי דם ישירות מרקמת עור אנושית של אדם בוגר. בשיטה חדשה זו, לא נדרש שלב ביניים של הפיכת תאי העור לתאי גזע פלורופוטנטיים (pluripotent), תאי גזע עם פוטנציאל התמיינות גבוה ובעלי פוטנציאל להפוך לכל סוג של תא אנושי. החוקרים הצליחו למיין את תאי עור ישירות לתאי דם.

מבחינה מעשית, משמעות הגילוי היא שבקרוב אפשר יהיה אולי ליטול דגימת עור מחולים הזקוקים לתאי דם לצורך טיפולים, ולייצר מאותה

רקמה אישית תאי דם שלא יגרמו לדחיה חיסונית. תגלית זו עשויה להציל בקרוב את חייהם של חולים רבים, ביניהם חולים הזקוקים להשתלת מוח עצם אשר לא מצאו תורם מתאים, חולים הזקוקים למנות דם נדיר, וכן לצורך טיפולי סרטן ומחלות דם קשות כדוגמת אנמיה.

במסגרת המחקר בודדו החוקרים תאים מרקמת עור המכונים פיברובלסטים (Fibroblasts), או תאי-סיב. אלו תאים המהווים אבני בניין של רקמת חיבור המעניקים לעור את צורתו. החוקרים השתמשו בגורמי גדילה בתנאי מעבדה, מיון ושגשוג שונים, והצליחו להפוך את אותם תאים גם לסוגים שונים של לויקוציטים (leucocytes – תאי דם לבנים הקשורים למערכת החיסון), וגם לאריתרוציטים (Erythrocytes – תאי דם אדומים).

תאי הגזע של הדם עברו לייצר את כל שלושת הסוגים של תאי דם אנושיים: לבנים, אדומים וטסיות דם. בדיקות נוספות הראו שהם תפקדו כהלכה ותאי הדם האדומים אפילו נשאו המוגלובין בוגר, ולא את צורתו העוברית.

אחד מהיתרונות הבולטים של שיטה חדשה זו הוא שייצור תאי הדם לא דרש שלב ביניים המקובל בחקר תאי גזע – אותו הליך שנדרש כדי למיין תאי גזע לתאי רקמות שונים, אז נאלצים תחילה החוקרים להפוך את תאי העור לתאי גזע פלורופוטנטיים – תאי גזע עם פוטנציאל התמיינות גבוה. החוקרים הצליחו לדלג על שלב זה ולמיין את תאי העור ישירות לתאי הדם. היתרון ביצירת תאי גזע ללא צורך לעבור בשלב הביניים הוא שיהיה זה תהליך בטוח יותר, מאחר והוא יימנע את הסיכון של גידולים. ואכן, העכברים בהם הם השתמשו בניסוי לא פיתחו טרטומות (Teratoma), סוג של גידולים הנגרם על ידי תאים פלורופוטנטיים. עם זאת, גורם זה וגורמים אחרים צריכים עדיין להיבדק.

עד כה, החוקרים הוכיחו את העיקרון בעכברים, תוך שימוש בתאים אנושיים. הבדיקה הסופית אשר תוכיח שזה עובד גם בבני אדם היא לבצע ניסויים קליניים בבני אדם. לדברי החוקרים, משמעות הגילוי היא שבקרוב אפשר יהיה ליטול דגימת עור מחולים הזקוקים לרקמת תאי דם לצורך טיפולים, ולייצר מאותה רקמה אישית תאי דם שיתאימו לפרופיל האישי של חולים שלא יגרמו לדחיה חיסונית. השלב הקליני של המחקר התחיל כבר בשנת 2012.

הממצאים הם תוצר של מחקר ארוך שבו חזרו החוקרים על הניסויים כדי להיות בטוחים שהתוצאות תקפות. במהלך המחקר בחנו החוקרים תאי עור מרקמות של אנשים בגילאים שונים, כדי לבדוק אם השיטה תקפה ויעילה לכל הגילאים.

האפשרות לייצר תאי דם בלי צורך במיון תאי העור לתאי גזע פלורופוטנטיים, פותחת בפני המדע עולם שלם של אפשרויות, מקצרת תהליכים ומוזילה עלויות. כעת, החוקרים מנסים לייצר סוגי תאים נוספים מרקמת עור בוגרת¹.

ב. שאלות הלכתיות

נורא זה פותח בפנינו מספר שאלות הלכתיות שיש להתייחס אליהן. השאלה הראשונה העולה היא, מהי מהות הדם המיוחד הזה לעניין איסור והיתר, האם זהו "דם", או שזהו "עור" שרק נראה כמו דם כעת, או שהוא בעצם נוזל בעל מהות חדשה?

שאלה נוספת היא האם דם מעובד מפקיע כל דין, מצווה או איסור שהיה קיים בו כאשר היה עדיין במצב של עור, או שמא דם זה ממשיך הלאה דינים ואיסורים אלו גם במצבו החדש כדם?

ולבסוף, האם דם זה יכול לקבל עליו דינים השייכים דווקא לדם, למרות שבמקור הוא עור ולא דם. להלן שאלות הלכתיות ספציפיות העולות לעלות בנושא זה.

• עור שעובד לדם מבעל חיים שנשחט כהלכה – כשר לאכילה?

התורה אוסרת אכילת דם כמה פעמים², ויש בכך חמישה לאוים³. הטעם לאיסור הוא "כִּי נֶפֶשׁ הַבֶּשֶׂר בַּדָּם הוּא וְאִנִּי נִתְּנִי לָכֶם עַל-הַמִּזְבֵּחַ לְכַפֵּר עַל-נַפְשֵׁיכֶם", "כִּי-נֶפֶשׁ כָּל-בֶּשֶׂר, דָּמוֹ בְּנִפְשׁוֹ הוּא", "כִּי הַדָּם הוּא הַנֶּפֶשׁ"⁴. חיוב כרת הוא על הדם שהנפש יוצאת בו⁵. יש מי שכתב, שאם

1. Eva Szabo et al, "Direct conversion of human fibroblasts to multilineage blood progenitors.", *Nature*, 7 November 2010. DOI:10.1038/nature09591; William Hudson – CNN Medical Associate Producer, "Engineers create human blood vessels from skin cells", The Chart blogs – CNN Health, June 28th, 2011 <http://thechart.blogs.cnn.com/2011/06/28/engineers-create-human-blood-vessels-from-skins-cells/>;

חוקרים הסבו ישירות תאי עור לתאי דם, אתר "Cancer Help" – כל מה שבריא לך לדעת" 16/11/2010

<http://www.cancerhelp.org.il/news/Scientists-Convert-Skin-Cells-Into-Blood-Cells>;

רועי שני, מדענים ייצרו תאי דם מרקמת עור אנושית: התגלית המהפכנית יכולה בעתיד לסייע בהצלת חייהם של רבים, דוגמת חולי סרטן וכאלה הסובלים ממחלות דם, רפואה nrg <http://www.nrg.co.il/online/29/ART2/176/631.html>, 10/11/2010

2. ויקרא יג יז; שם, ז כו; שם, יז יב; שם, יז יד; שם, יט כו; דברים יב טז; שם, יב כג-כד. רמב"ם, ס' המצוות, שורש ט; רבנו בחיי, דברים יב כג.

3. כריתות ד ב.

4. ויקרא יז יא; שם, יז יד; דברים יב כג.

5. כריתות כב א וברש"י שם; רמב"ם, מאכלות אסורות ו ג.

הפריד בין עיקר הדם שמראהו אדום, לבין החלק הצלול והמימי, החיוב הוא רק על החלק האדום, ואין דין דם על החלק המימי; אבל כל עוד הם בחיבורם הטבעי, דין דם יש על כל החלקים, וכולם מצטרפים לשיעור⁶. איסור אכילת דם הוא בבהמה, חיה ועוף⁷, דם אדם אסור מדברי סופרים, ולוקים עליו מכת מרדות⁸.

עתה נתאר מקרה: בהמה כשרה נשחטה כהלכה. העור שלה עובד במעבדה להיות דם. האם דם זה כשר לאכילה? כאשר נשחטה הבהמה זה לא היה דם כלל, זה היה עור. העור מותר באכילה מן התורה, ולכאורה אף אם יוצרים ממנו במעבדה דם, לכאורה הדם הזה יהיה מותר באכילה כי הוא במקורו עור. זה לכאורה כמו דם שלא פירש שמותר, ואף יותר מזה, כי אין זה באמת דם כלל, במקורו⁹.

• זריקת הדם

בהקרבת הקרבנות, זריקת דם הקורבן על המזבח, על ידי כהן מזרע אהרן, היא אחד משלבי הקרבת הקרבן. זריקת הדם מהווה כפרה וטהרה¹⁰, לא רק בקרבנות אלא בעניינים נוספים. לדוגמא, דם נזרק על המצורע לטהרתו¹¹, דם נזרק על הבית המנוגע לטהרתו¹², ועוד. צורת זריקת-הדם ומקום הזריקה משתנים מקורבן לקורבן.

השאלה לענייננו היא, אם ניקח דם זה המצוי בתוך כלי השרת, ובו-במקום (אחרי התקדמות הטכנולוגיה בעתיד), נעבד את זה מיד במקומו להיות עור, האם ניתן יהיה לזרוק עור זה על גבי המזבח, או שמא פקעה כל הקדושה מחומר זה, והרי זה חולין ואף לא דם? האם תהיה כפרה בזריקת עור זה?¹³

כמו כן, אם ניקח עור מבית השחיטה של הקרבן ונעבד אותו מיידית לדם, תוך כדי יציאת הדם מבית השחיטה, ונזרוק אותו דם מחודש ספציפית על גבי המזבח, האם זה יכול להיחשב לזריקת-הדם המכפרת ומתירה את הבשר באכילה בקרבנות מסויימים?¹⁴

6. הרב צ. שכטר, **מסורה**, א, ניסן תשמ"ט, עמ' מד.

7. כריתות כא א; טור יו"ד סי' סו; **ש"ך** שם, סק"א.

8. רמב"ם, מאכלות אסורות ו ב.

9. אך דם זה מתפקד כדם הנפש לכל דבר.

10. ראה רמב"ם, מעשה הקרבנות ה א-יז.

11. ויקרא יד ז; רמב"ם, טומאת צרעת יא א.

12. ויקרא יד נא; רמב"ם, טומאת צרעת טו ב.

13. לכאורה "עור" זה לא גרע מדם שקרש, שנפסל מלהיזרק ע"ג המזבח. -- העורך.

14. גם אם דם שנוצר מתאי עור הוא דם לכל דבר, אך דם שנוצר מתאי עור, אפילו בזמן השחיטה, איננו דם הנפש, ולכן איננו כשר לזריקה. -- העורך.

מאידך, ייתכן שבמעשה הפיכת העור לדם נחשב לשינוי המפקיע מחומר זה את הקדושה מכל וכל, ואין לדם זה כבר שייכות לקרבן כלל. ואז יש לדון גם בשאלת איסור מעילה בהפיכת עור לדם בבית המקדש.

• עור המת שצובר לדם – נטהר?

דם היוצא מן המת הוא אחד מאבות הטומאה ומטמא במגע, במשא ובאוהל, ושיעורו לטומאה הוא ברביעית¹⁵. אם לוקחים דם זה ובמעבדה הופכים אותו לעור (שזה הכיוון ההפוך ממה שנעשה במחקר המדובר לעיל), או לוקחים עור מת והופכים אותו לדם, האם שינוי זה מפקיע את הטומאה מחומר זה, כי יש פה "פנים חדשות" והטומאה חלה על העור ועכשיו זה כבר לא עור (או חלה על הדם, וזה כבר לא דם) אלא משהו אחר? או שמא הטומאה חלה על חומר זה, וכל מה שתיצור מחומר זה בטבע או במעבדה עדיין יישא את הטומאה עליו? לכאורה אפשר לדמות את זה למעשה שריפה של הגוף, שהופכת אותו לחומר אחר, לאפר¹⁶, אלא שכאן הוא הופך מחומר גופני אחד לחומר גופני אחר, ולא לאפר שהוא ביטול החומר מקיומו.

• דם מן החי

התורה אוסרת לאכול אבר מן החי. האיסור מופיע לראשונה כמצווה לבני נח היוצאים מן התיבה: "אך בשר בנפשו דמו לא תאכלו" (בראשית ט, ד). האיסור לבני ישראל מופיע בספר דברים בעניין היתר בשר-תאווה (דברים יב, כג). במניין המצוות, מצווה זו היא מצוות לא תעשה קפ"ב בספר המצוות לרמב"ם, ומצווה תנ"ב בספר החינוך. בגמרא נחלקו התנאים אם יש איסור של דם מן החי, כדין איבר מן החי¹⁷.

אם ניקח עור מאיבר מן החי, נעבד אותו לדם, האם גם הוא יהיה אסור עדיין כאיבר, גם לשיטה המתירה דם מן החי? האם פקע מזה שם אבר מן החי לגמרי או שמא אותו עור ממשיך להיקרא עור ואסור אף אם הוא נראה כדם?¹⁸

15. אהלות ב א-ב; רמב"ם, טומאת מת ב יב; פיהמ"ש לרמב"ם, בהקדמה לסדר טהרות. ובעניין דם שנקרש ראה תוספתא טהרות, פ"ב; רמב"ם, טומאת מת א יט.

16. ההלכה קובעת שמת שנשרף, אם אין שלדו קיימת, אינו מטמא. ראה רמב"ם הל' טומאת מת ג ט; הגר"ש גורן, **תרומת הגורן**, ב, ירושלים תשע"ב, סי סג, עמ' 168.

17. סנהדרין נט א.

18. ראה עדויות פרק ו, משנה ג. מחלוקת רבי אלעזר ורבי יהושע אם כזית בשר הפורש מאבר מן החי מטמא. גם לרבי אליעזר המטמא כזית בשר הפורש מאבר מן החי, בכל זאת, כזית עור הפורש מאבר מן החי, לא מטמא. כמו שכזית עור הפורש מן המת איננו מטמא מן התורה לל"ק דעולא (חולין קכב, א). גם לל"ב דעולא, שעור אדם טמא מן התורה, אך עור אדם שעבר עיבוד, לכל הדעות לא מטמא. (חולין קכב, ב).

אך יש מקום לדון אם הפיכת העור לדם מחשבת כעיבוד המטהרו, או כביטול (ראה חולין קכב, ב, וברמב"ם, הלכות שאר אבות הטומאה, פרק א, הלכה ט). -- העורך.

• אחד משבעת המשקין?

דם הוא אחד משבעת המשקים, שבעה מיני הנוזלים, המכשירים את המאכלים לקבל טומאה¹⁹. אוכל הראוי לקבל טומאה, אינו מקבל טומאה אלא אם כן נרטב באחד מ"שבעת משקים" המכשירים לקבלת הטומאה.

אם במעבדה יצרו דם מעור, והוא נפל על חפץ, האם הוא נחשב לאחד משבעת המשקים ומכשיר אותו לקבלת טומאה? האם זה כבר לא עור אלא משקה המכשיר לדיני טומאה וטהרה?

הסברה היא לומר שזה דומה לדם שנקרש, ומכיון שדם עומד לשתייה וזה קרוש אינו מכשיר כבר. לכאורה עור הוא יותר מדם קרוש, הוא פשוט איננו דם כלל. או שמא אין זה חשוב כלל, כל עוד שבעינינו אנו רואים שעתה הוא דם, והוא נראה כדם, הרי הוא מכשיר לקבל טומאה מכל מקום, כי מה שחשוב הוא המציאות עתה כפי שנגלית לעינינו, ועתה זה דם.

• עור החילזון שהפך לדם – תכלת כשרה לציצית?

בתכלת השתמשו עבור חוטי הציצית, אך גם עבור יריעות המשכן ובגדי הכהונה בבית המקדש. בפרשת ציצית (במדבר טו, לח) נאמר: "וְדָבַר אֶל בְּנֵי יִשְׂרָאֵל וְאָמַרְתָּ אֲלֵהֶם וַעֲשׂוּ לָהֶם צִיצִת עַל כְּנָפֵי בְגָדֵיהֶם לְדֹרֹתָם וְנָתַנוּ עַל צִיצִת הַכְּנָף פֶּתִיל תְּכֵלֶת". בתוספתא למסכת מנחות (פרק ט) נאמר כי התכלת לציצית צריכה להיעשות דווקא מ'חילזון', ותכלת שנעשתה באופנים אחרים – פסולה. התכלת בעצם הופקה מדם החילזון.

אם ניקח את עור אותו חלזון ונהפוך אותו לדם, האם הוא יהיה כשר עבור מצוות ציצית ובגדי הכהונה לבית המקדש? לכאורה זהו דם שמקורו באותו חילזון, רק לא בדרך שגרתית. כלומר: החילזון הוא אותו חילזון, הדם המופק הוא אותו דם, רק שהוא במקורו היה עור ולא דם. השאלה היא אם זה גורם פוסל או לא, ואם פקע ממנו שם חלזון בכך שעבר תהליך זה, והוא 'חומר בלתי מיוחס' כי הוא מעובד²⁰.

19. מכשירין ו ד; רמב"ם, טומאת אוכלין א ב. שבעת המשקין הם: מים, טל, שמן זית, יין, חלב, דם ורובש דבורים. ובטעם עניין זה ראה: חינוך מצוה קס: "ולפי שדרך בני אדם בקצת פירות וירקות להדיחם מעפרם טרם שיאכלו אותם, לכן נאמר על כולם דרך כלל, שלא יהיו נקראים אוכל, עד שיוכשרו במים".

20. הראשונים (מסכת שבת דף עה, א, תוד"ה כי היכי) חולקין בשאלה אם "דם" חילזון שממנו צובעים את התכלת, הוא חלק ממחזור הדם של החילזון או שהוא כנוס במקום נפרד, והוא אינו זהה לדם מחזור הדם של החילזון. כיום, רבו המזהים את חילזון התכלת עם ה"מוראקס" – ארגומן כהה קוצים. ואכן הנוזל ממנו מכינים את התכלת איננו חלק ממחזור הדם של החילזון, אלא נוזל שונה לחלוטין הנמצא בבלוטת הצבע של החילזון. בפשטות, הדיון כאן מתאים לשיטות הראשונים שנוזל הצבע הוא דם רגיל, ולא לסוברים שנוזל הצבע הוא נוזל שאינו דם אלא צבע. -- העורך.

• מן המותר בפיו

בפרשת תפילין נאמר "וְהָיָה לְךָ לְאוֹת עַל יָדְךָ וּלְזִכְרוֹן בֵּין עֵינֶיךָ לְמַעַן תִּהְיֶה תּוֹרַת ה' בְּפִיךָ" (שמות יג, ט). חז"ל דרשו²¹ מפסוק זה שכתובת הפרשיות, עור הבתים והרצועות, צריכים להיות מעור בהמה טהורה. וכך כל המצוות צריכות להיות "מן המותר בפיו" ולא ממין בהמה טמאה²². במסכת שבת (קח א) למדנו שמותר לכתוב תפילין על גבי עור נבלות וטרפות של בהמה טהורה. ברם, מה לגבי עור שנוצר מעיבוד של דם בהמה כשרה, האם מותר לכתוב על עור זה פרשיות תפילין?

הסברא לאסור היא שבעור עור נבלה וטרפה היה ראוי למאכל מלכתחילה, שהרי זו בהמה כשרה, רק שלא נשחטה כהלכה ולכן העור אסור לאכילה, ולכן מותר לכתוב עליו פרשיות. לעומת זאת, דם הבהמה לא היה ראוי למאכל מלכתחילה, גם לו היתה כאן שחיטה כשרה, ולכאורה אין זה כלל "מן המותר בפיו".

סברא להתיר תהיה לכאורה רק אם כן נאמר שעור מחודש זה, שהיה במקורו דם, איבד לגמרי את שיוכו לחומרו המקורי (קרי: דם) והוא חומר חדש ותלש מבחינה הלכתית. וזה יהיה תלוי בדעת הפוסקים.

ג. דברים לסיום

השאלות בעניין תאי דם שנוצרו מרקמת עור חשובות עבור ידיעת התורה, ויש גם חשיבות נוספת בבירור דינים הקשורים בדם. הדם מופיע הן בתהליך לידת האדם והן בלידת עם ישראל. הנביא יחזקאל אומר (טז, ו): "וְאָמַרְתָּ עָלֶיךָ וְאָרְאָה מִתְבוֹסֶסֶת בְּדַמֶּיךָ וְאָמַרְתָּ לְךָ בְּדַמֶּיךָ חַיִּי וְאָמַרְתָּ לְךָ בְּדַמֶּיךָ חַיִּי". רש"י על המקום מפרש 'בדמיך חיי': "...לפי שבדם פסח ודם מילה נגאלו", וכשם שנגאלו במצרים בזכות הדם, כך יה"ר שיגאלו בזכות כך גם בגאולה העתידה הקרובה, בְּדַמֶּיךָ חַיִּי.

21. שבת כח ב; שם קח ב.

22. ס' החיים סי' תרעג, ע"פ מג"א תקפו ס"ק ג שכ"כ בכל המצוות; וראה אנצ' תלמודית טז, חנכה, טור שלב הערה 355.