

הערכה של ההשפעה המסרטנת של קרינת רדיו ומכ"מ בצבא ובתעשייה

מסמך זה הינו גרסה מקוצרת בעברית של המאמר

Radio frequency radiation-related cancer: assessing causation in the occupational/military setting

Michael Peleg, Or Nativ, Elihu D. Richter

Environmental Research, Volume 163, May 2018, Pages 123-133, ISSN 0013-9351,

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.003>.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935118300045?via%3Dihub>

דגשים:

- נבחנה השפעה מסרטנת של קרינת רדיו ומכ"מ.
- הדגש היה על סרטני המערכת החיסונית בסביבה הצבאית והתעסוקתית.
- נמצאו אחוזים גבוהים באופן חריג של סרטני המערכת החיסונית בחולי סרטן מפעילי ציוד קורן בישראל.
- אחוזים גבוהים באופן דומה של סרטני המערכת החיסונית נמצאו בשלוש קבוצות דומות נוספות בישראל ובעולם.
- הממצאים תומכים בסיוג הקרינה כגורם מסרטן לבני אדם.

תקציר:

מאמר זה [1] בוחן האם קרינת רדיו ומכ"מ מסרטנת. המאמר מתמקד בסביבה הצבאית והתעשייתית.

בתחילה מנותחת קבוצת חולי סרטן מצה"ל ומהתעשייה בישראל שדווחה במחקר קודם. חולים אלה נחשפו בשנים שלפני פרוץ מחלתם לקרינת רדיו ומכ"מ חזקה מזו של משתמש מזדמן בטלפון נייד. החשיפה הייתה עדיין בתחום התקנים הנהוגים בצה"ל עם חריגות בחלק מהמקרים. התברר שלמחלות הסרטן של קבוצת חולים זו היו שני מאפיינים חריגים מאוד השונים מחולים רגילים בישראל. היות ומאפייני המחלה שונים מאוד מאלה שמוצאים ברישום הסרטן בישראל, היה חייב להיות גורם מסרטן לא רגיל שפעל על קבוצה זו, והקבוצה ייחודית רק בחשיפה לקרינה. המאפיין העיקרי היה אחוז גבוה מאוד של סרטני המערכת החיסונית ביחס לכלל מקרי הסרטן, 40% במקום 23% באוכלוסייה באותם הגילאים בישראל. מאפיין נוסף היה מספר חולי סרטן עם מחלות סרטן מרובות באותו חולה. מדובר ב-13%, זה הרבה יותר מהרגיל ומהווה אינדיקציה לתחלואה מוגברת בסרטן.

בשלב השני נסקרו שלוש קבוצות אחרות של חולי סרטן מהמגזר הצבאי והתעשייתי בארץ ובעולם שנחשפו לקרינה דומה. התברר שבכולן הופיע המאפיין של אחוז גבוה באופן חריג של מחלות סרטן של המערכת החיסונית. הממצאים בכל קבוצה לחוד משמעותיים סטטיסטית. נמצא שבקרב חולים מהמגזר הצבאי והתעשייתי יש סיכון מוגבר מאוד של סרטני המערכת החיסונית ושמבין חולי הסרטן אחוז הלוקים בסרטני המערכת החיסונית הוא מאוד גבוה ביחס לאוכלוסייה רגילה ו\או ביחס לקבוצות ביקורת שלא נחשפו לקרינה.

ממצאים אלו מצביעים על גרימת הסרטן ע"י קרינת רדיו ומשלימים את המחקרים במשתמשים בסלולארי המגיעים לאותה המסקנה לגבי סרטני מוח וראש. חיזוק נוסף מתקבל ממחקרים על חיות מעבדה ומכך שהוצעו מנגנונים פיזיקאליים שייתכן שהם אלה הגורמים לתחלואה. כל אלה יחד מצדיקים לעדכן את סווג קרינת רדיו ומכ"מ כגורם מסרטן לבני אדם.

התמונה המתקבלת היא תחלואה קיצונית בסרטן בקרב חיילים ועובדים בתפקידים של מפעילי ומפתחי ציוד קורן וסיכון מוגבר לסרטן בקרב האוכלוסייה הכללית. המוטיבציה להקטנת החשיפה בקרב החיילים והעובדים הוא סיכון אישי חזק מאוד לחלות עבור כל אחד מהם. באוכלוסייה הכללית המוטיבציה להקטנת הקרינה היא מספר המשתמשים העצום בעולם (מיליארדים) אשר גורר מספר חולים גדול גם אם הסיכון האישי הוא בינוני בלבד.

המלצותנו:

1. להקטין משמעותית את החשיפה לקרינה של חיילים המפעילים ציוד קורן, של עובדי התעשייה ושל כלל האזרחים. זאת ע"י שיפור התקנים וע"י שיפורים טכניים ואמצעי הגנה.
2. למנוע או להגביל פריסת טכנולוגיות חדשות שמגדילות את חשיפת האזרחים לקרינה ללא צורך משמעותי המצדיק את הסיכון הבריאותי. למשל טעינה אלחוטית מוצדקת רק לצרכים של שתלים רפואיים ואת תקשורת דור 5 ניתן ומומלץ לפרוס באופן שלא יגדיל עוד את חשיפת האזרחים לקרינת רדיו.
3. לעקוב אחרי כלל מפעילי ציוד קורן בצבא ובתעשייה בהיבטים של תיעוד החשיפה ומעקב מרובה שנים אחרי התוצאה הבריאותית. זאת כדי ללמוד על התלות בין הסיכוי לחלות בסרטן למידת החשיפה ולסוג החשיפה כגון תדרים וקיום פולסי מכ"מ. יש לחקור גם השפעות בריאותיות אחרות בנוסף לסרטן.
4. אי-אפשר להתעלם מכך שיש עוד דרך לא רעה להקטין את החשיפה של החיילים: שלום.

1 מבוא

1.1 קרינת רדיו ומכ"מ לשימוש צבאי

קרינת רדיו היא קרינה אלקטרו-מגנטית בתחום תדרים רחב והיא כוללת בתוכה את תחום תדרי המיקרוגל. במגזר האזרחי קרינה זו משמשת בעיקר לתקשורת אלחוטית (סלולארי, WiFi ועוד) ולחימום אוכל בתנורי מיקרוגל. בתחום הצבאי היא משמשת לתקשורת רדיו מסוגים שונים ולמכ"מ לזיהוי כלי טייס ולהנחית טילים. כמו כן קרינה זו משמשת ללוחמה אלקטרונית, ז"א משודרת כדי לשבש תקשורת רדיו ומכ"מ. קרינת רדיו היא סוג של קרינה אלקטרו-מגנטית בלתי מיננת יחד עם שדות מגנטיים מרשת החשמל, קרינת אינפרא-אדום ועוד.

תקני הקרינה בישראל נגזרו מתקני ICNIRP שנועדו למנוע בעיקר חימום יתר והם אינם מתחשבים בסרטן. הם מרשים, בין היתר, חשיפה לפולסי מכ"מ בעוצמות מאוד גבוהות כל עוד יש זמן מספיק בין הפולסים למנוע חימום יתר. התקן הנהוג במגזר האזרחי בישראל נמוך פי-10 מהתקן האזרחי של ICNIRP. התקן הנהוג בקרב מפעילי ציוד קורן בצה"ל ובתעשייה הוא ה-ICNIRP התעסוקתי אשר גבוה פי-5 מה-ICNIRP האזרחי. כך שעל מפעילי ציוד קורן בישראל חלים תקנים הגבוהים פי-50 מאשר על אזרחים רגילים.

1.2 השפעה מסרטנת של קרינת רדיו

קרינת רדיו סווגה ב-2011 ע"י זרועה חקר הסרטן IARC של ארגון הבריאות העולמי כגורם מסרטן אפשרי לבני אדם. משמעות הסיווג היא קיום ממצאים אמינים המעידים על השפעה מסרטנת ביחד עם אפשרות שהמחלה נגרמת ע"י גורם אחר שייתכן ולא נתגלה. מאז פורסמו מחקרים חדשים, למשל אלה של הרדל על תקשורת סלולארית, המצהירים שההשפעה המסרטנת הוכחה. תמיכה לכך מתקבלת גם ממחקר אמריקאי חדש על סרטן בקרב חולדות מעבדה שנחשפו לקרינה זו. בעבר נטען שקרינת רדיו "לא מסוגלת" לגרום לסרטן מנימוקים פיזיקאליים, טענה זו הופרחה במספר מאמרים. השאלה האם ובאיזה אמינות הוכח שקרינת רדיו מסרטנת נמצאת במחלוקת בעולם, יצרני ציוד קורן נמצאים בדרך כלל בצד הטוען לנזקי קרינה נמוכים יותר.

1.3 מה עשינו במחקר זה

במחקר זה בצענו ניתוח סטטיסטי נוסף של קבוצה של 47 חולי סרטן שנחשפו לקרינה בצה"ל או בתעשייה בישראל ומצאנו שרבים מידי מתוכם חלו בסרטנים של המערכת החיסונית וזאת במידה שהיא משמעותית סטטיסטית, ז"א סיכוי שזה יקרה באופן מקרי הוא מאוד קטן. בהמשך ניתחנו קבוצות חולי סרטן נוספות עם רקע של חשיפה בצבאות ובתעשיות בעולם ובישראל.

2 שיטות המחקר ומקורות המידע

2.1 קבוצת החולים

מחקר זה ביצע ניתוח סטטיסטי חוזר של קבוצה של 47 חולי סרטן שדווחו במאמר קודם מ-2011. חולים אלה היו לפני להתגלות מחלתם חיילי צה"ל בחובה או במילואים שהפעילו ציוד קורן במסגרת שירותם או שהיו חשופים לו ועובדי תעשייה שבדרך כלל עבדו על פיתוח ציוד כזה. רבים מהם היו אנשי מקצוע, טכנאים, הנדסאים ומהנדסים. החולים פנו ליחידה לבריאות תעסוקתית של בית הספר לרפואה באוניברסיטה העברית כדי להעריך האם הסרטן נגרם מקרינה. כל חולי הסרטן שפנו ליחידה שותפו במחקר, לא נעשתה בחירת חולים כלשהי מעבר לווידי האבחנה של מחלת הסרטן.

החולים היו צעירים מאוד ביחס לחולי סרטן רגילים עם גיל ממוצע בזמן אבחנת המחלה של 33 שנים לאומת גיל ממוצע של 65 לחולים בישראל.

החולים נחשפו לקרינה מצידוד תקשורת ומכ"מ כפי שתואר בפרק המבוא. עבור כל חולה בוצע הערכה כמותית של החשיפה על בסיס נתוני חשיפה שהיו לחלק קטן מהחולים ועל בסיס חישובים לפי הערכות של הספק שידור ומרחקים מהאנטנות המשדרות שהיו עבור רוב החולים. עוצמות החשיפה היו כמתואר בפרק המבוא, כל החולים היו חשופים לקרינה משמעותית.

חלק מ-47 החולים נחשפו גם לשדות אלקטרומגנטיים בתדר נמוך מאוד, בדרך כלל בתדר רשת החשמל הארצית. בכל הניתוחים הסטטיסטיים ווידאנו שחשיפה זו אינה ההסבר לתוצאות החריגות שנתקבלו. במחקר זה לא הערכנו את ההשפעה הבריאותית של התדרים הנמוכים מאוד כי מאט מאוד מ-47 החולים נחשפו רק לתדרים נמוכים מאוד ולא לקרינת רדיו, זה כמובן לא אומר שאין השפעה בריאותית של תדרים נמוכים מאוד.

2.2 ניתוח סטטיסטי של אחוז סרטני המערכת החיסונית

בעולם מושלם היינו יודעים כמה חיילים ועובדים נחשפו לקרינה ומה היה גילם והיינו יודעים כמה מתוכם חלו בסרטן. על פי נתונים אלו היינו מחשבים איזה אחוז מהחיילים חלו בסרטן והאם זה יותר או פחות מהאוכלוסייה הרגילה הלא חשופה לקרינה. בשלב הבא היינו בודקים האם הסטייה מהתחלואה הרגילה משמעותית סטטיסטית, ז"א מה הסיכוי שסטייה כזו תתרחש באקראי בלי קשר לקרינה. בעולם הפחות מושלם אנו לא יודעים כמה חיילים נחשפו לקרינה, צה"ל לא מגלה, וגם ברור לנו ש-47 החולים שפנו ליחידה ולכן שותפו במחקר הם רק חלק מהחיילים ועובדים שחלו כי הרבה מהפונים דווחו על חברים שחלו גם הם באותם היחידות והמפעלים. לכן לא ניתן לבצע את החישוב הסטטיסטי הרגיל הנ"ל כדי להעריך האם הקרינה מסרטנת והיה צורך למצוא שיטה חלופית שתאפשר ניתוח אמין על פי הנתונים הקיימים – רשימת החולים עם תיאור המחלה, גיל בו המחלה אובחנה ותיאור החשיפה.

הכוון הבסיסי היה לבחון את מאפייני המחלות. אם מאפייני מחלות הסרטן בקבוצת חולים זו שונים מאוד מאלה של חולי סרטן רגילים בישראל בעלי אותו פרופיל של גיל ומין כמו קבוצת החולים שלנו, סביר מאוד שהסרטן נגרם ברובו ע"י גורם מסרטן שאינו פועל על האוכלוסייה הרגילה וכן פועל על קבוצה זו, ז"א קרינת רדיו ומכ"מ.

ואכן קיימת שיטת ניתוח מקובלת באפידמיולוגיה שנועדה לנתח את סוג הנתונים שבידינו. השיטה היא לחשב את אחוז ההופעה של סוג סרטן ספציפי בקבוצת החולים ביחס לכלל סוגי הסרטן בקבוצה זו.

התמקדנו בסרטנים של המערכת החיסונית (Hematolymphatic) כי היה רושם שחולים רבים חלו בסרטנים אלו וכי סרטנים אלה מוגדרים היטב וניתן להחליט בבירור האם אבחנת סרטן שייכת או לא שייכת לקבוצה זו.

על כן יכולנו לחשב את אחוז חולי הסרטן של המערכת החיסונית, להשוות אותה לאחוז הצפוי באוכלוסייה הרגילה בישראל באותם הגילאים ובאותם המינים על פי רישום הסרטן הלאומי ולחשב את המובהקות הסטטיסטית, ז"א מה הסיכוי שהסטייה הייתה במקרה וללא קשר לקרינה.

2.3 מוקדי סרטן מרובים באותו החולה

חלק מהחולים הצטרפו למחקר כאשר בגופם כבר אובחנו מספר מחלות סרטן שונות (לא גרורות אלא multiple primaries). זה קורה גם לחולי סרטן רגילים אבל זה די נדיר. מוקדי סרטן מרובים בחולים רבים מראים שחולים אלה היו חשופים לגורם מסרטן חזק. באוכלוסייה הרגילה זה קורה בדרך כלל בגיל מבוגר שבו סיכון לסרטן עולה. ניתוח סטטיסטי של תופעה זו מצריך נתונים על שכיחותה באוכלוסייה הרגילה בכל שכבת גיל ולא מצאנו נתון זה ברישומי הסרטן, לא בישראל ולא במספר מדינות בעולם. על כן השתמשנו בחישוב מקורב

המעריך את שכיחות מוקדי סרטן מרובים מתוך שכיחות הסרטן הרגילה. השיטה פורסמה ע"י מדענים לפני עשרות שנים, ולהבדיל מניתוח שכיחות סוגי הסרטן היא מקורבת. היא מאפשרת גם להעריך את הסיכוי לחלות בסרטן על פי אחוז חולי הסרטן עם מוקדים מרובים.

3 תוצאות המחקר

3.1 סרטני המערכת החיסונית בקרב 47 החולים.

תשעה עשר (19) מתוך 47 החולים אובחנו עם סרטן המערכת החיסונית, זה 40% כאשר הצפי באוכלוסייה הרגילה באותם גילאים ומינים הוא 23.4% . הסיכוי שזה יקרה במקרה קטן מ-אחד למאה, ז"א התוצאה היא מובהקת סטטיסטית. ז"א זה לא קרה במקרה.

3.2 מוקדי סרטן מרובים בקרב 47 החולים

שישה מתוך 47 החולים אובחנו עם מוקדי סרטן מרובים. זה 12.8% כאשר הצפי בחולי סרטן רגילים בעלי אותו חתך גיל ומין הוא רק 2.8%, הסיכוי שזה יקרה במקרה קטן מ-אחד לחמש מאות, ז"א יש מובהקות סטטיסטית. הערכת הסיכון לכלל סוגי הסרטן בקרב האוכלוסייה שממנה באו 47 חולים אלו, על פי נתונים אלו, היא הגדלת הסיכון לחלות בסרטן (ממוצע על כל סוגי הסרטן) פי 4.5, זה סיכון גבוה מאוד. זו ההערכה הטובה ביותר שיש לנו לגבי הסיכון לחלות בכל סוגי סרטן בקרב מפעילי ציוד קורן שמהם חלו 47 משתתפי המחקר. כאמור, להבדיל מניתוח סרטני המערכת החיסונית הנ"ל, חישוב של מוקדי סרטן מרובים הינו מקורב.

3.3 שכיחות סרטני המערכת החיסונית בקבוצות דומות בעולם

עלית אחוז החולים בסרטני המערכת החיסונית מתוך כלל חולי הסרטן מ- 23% ל- 40% היא תוצאה חזקה אבל, היות וזו רק קבוצת חולים אחת, היא אינה מספקת להגיע למסקנה חד-משמעית כי בקבוצה בודדת יש סיכוי לשגיאה כלשהיא בשיטת המחקר. על כן יש צורך לבדוק מה קורה בקבוצות דומות של חולים במקומות אחרים. איתרנו שלוש קבוצות כאלה של נחשפים לקרינה בצבא ובתעשייה שדווחו במחקרים קודמים ובכולן חזרה התופעה של עליה חזקה באחוז התחלואה בסרטני המערכת החיסונית מתוך כלל חולי הסרטן. בשלוש הקבוצות היו זמינים גם נתונים שהראו סיכון מוגבר לסרטן. בנוסף לכך אותה התופעה דווחה בקרב חובבי רדיו אמריקאים ובקבוצה מסוימת של טכנאי אלקטרוניקה ששרתו בצבא ארה"ב במלחמת קוראה. הינה הפרטים:

3.3.1 מערכת הביטחון הפולנית

ב-1996 דווח על מחקר רחב היקף של כל מערכת הביטחון של פולין במשך 15 שנה. עבור כל משרתי מערכת בטחון זו נבדק האם חלו במשך ה-15 שנה בסרטן, באיזה סוג סרטן והאם מקצועו הצבאי היה כרוך לחשיפה לקרינת רדיו.

התוצאות לגבי הנחשפים לקרינה היו חזקות מאוד:

1. עליה של פי-2 בסיכוי לקבל סרטן.
2. עליה של פי 6.3 לקבל סרטן של המערכת החיסונית.
3. 36% מתוך חולי הסרטן שנחשפו לקרינה אובחנו עם סרטני המערכת החיסונית לאומת 12% בלבד בקרב אלה שלא נחשפו לקרינה, סיכוי שזה יקרה במקרה הרבה יותר קטן מ-אחד לאלף.

3.3.2 מטווחי אנטנות בישראל

ב-2009 דווח על קבוצה קטנה של 5 חולי סרטן במטווחי אנטנות בישראל. הדווח מ-2009 חישב עליה בסיכוי לקבל סרטן (ממוצע על כל סוגי הסרטן) פי 8.3 עם מובהקות סטטיסטית (סיכוי שזה קרה במקרה) הקטנה מ-1 ל-200. הדווח מ-2009 לא התייחס לסרטני המערכת החיסונית כעל משהו מיוחד, רק דווח את סוגי הסרטן, מתוכם 3 אובחנו כסרטני המערכת

החיסונית. חישוב חדש שלנו מראה שזה 60% מתוך כלל מקרי הסרטן לאומת 17% הצפויים לפי הרכב גילאים ומינים של קבוצת חולים זו והסיכוי שזה קרה במקרה הינו אחד לעשרים וחמש. הניתוח החדש מהווה אישור בלתי תלוי להיגרמות של הסרטן בחולים אלו ע"י הקרינה.

3.3.3 קבוצת טכנאי מכ"מ בישראל

אחרי פרסום המאמר בעיתון המקצועי באנגלית התברר לנו שבישראל תועדה עוד קבוצה של טכנאי מכ"מ עם מאפייני תחלואה הדומים מאוד לאלה שבמטווחי האנטנות בסעיף הקודם. ראה את המקור [2] Richter et. al 2000, tables 2 and 3. הממצאים העיקריים הם: 7 מתוך 25 עובדים צעירים חלו בסרטן תוך בערך 8 שנים, זו עליה פי 50 בסיכון לחלות והיא מאוד מובהקת סטטיסטית, סיכוי שזה קרה במקרה קטן מאחד לאלף. מתוכם 5 חולים עם סרטני המערכת החיסונית, ז"א 70%. הסיכוי לקבל סרטן של המערכת החיסונית בקבוצה זו עלה פי-250 ביחס לאוכלוסייה רגילה עם אותו פרופיל של גיל. אחד החולים סבל משני סוגי סרטן בו-זמנית, ז"א 14%.

3.3.4 מפעילי מכ"מ בסוללות הוק של צבא בלגיה

ב-2009 דווח על מחקר שבדק השפעות בריאותיות של קרינת מכ"מ על מפעילים של טילי הוק של צבא בלגיה. טילי הוק משתמשים במכ"מ קרקעי לצורך זיהוי המטוס ועקיבה אחריו. היות והמחקר נערך שנים רבות אחרי החשיפה לקרינה החוקרים בדקו את מספר החיילים שמתו (הרבה שנים אחרי השחרור) ואת סיבות המוות. נבדקו אלה ששרתו בגדודים של סוללות הוק ולהשוואה נחקרו חיילים ששרתו בגדודים אחרים. התוצאות הן שוב חזקות. הסיכוי של חייל ששרת בגדוד מפעילי סוללות הוק למות מסרטן של המערכת החיסונית היה גדול פי-7 מאשר הסיכוי לאותו הגורל של חבריו בגדודים האחרים. חישבנו את אחוז הסרטנים של מערכת החיסון מתוך כלל מקרי הסרטן. אחוז המתים מסרטני המערכת החיסונית מתוך כלל הנפטרים מסרטן בקרב אלה שהיו פעם חיילים צעירים בגדודים שהפעילו סוללות הוק של צבא בלגיה היה 8.3% לאומת 1.4% (חייל יחיד) בגדודים האחרים.

3.3.5 מידע דומה נוסף

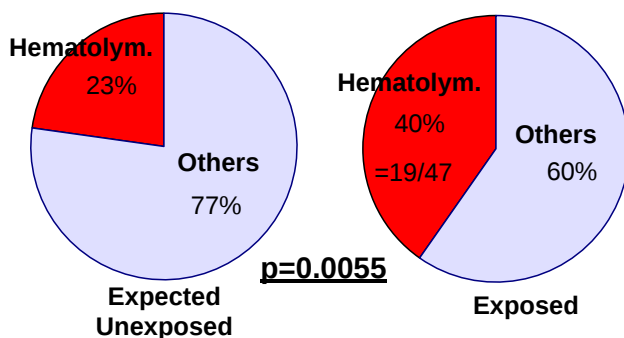
פורסמו שני מחקרים על תמותה עודפת מסרטני המערכת החיסונית בקרב חובבי רדיו אמריקאים. כמו כן התגלתה תחלואה מוגברת בסוג מסויים של לוקמיה (סרטן של המערכת החיסונית) בקרב קבוצה של טכנאים חשופים לקרינה ששרתו בצבא ארה"ב במלחמת קוראה.

3.4 הצגה גראפית של הממצאים העיקריים

בציור הבא מוצגים הממצאים העיקריים. כל שורה מתארת קבוצה אחרת מאלה שתוארו: 47 חולי סרטן ממערכת הביטחון בישראל, מערכת הביטחון בפולין, קבוצת עובדים במטווחי אנטנות בישראל והמשרתים בגדודים שהפעילו סוללות הוק בבלגיה.

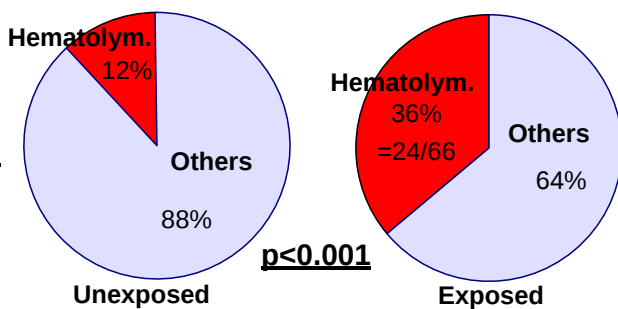
בכל שורה הגרף העגול השמאלי מציג את אחוז התחלואה בסרטני המערכת החיסונית ביחס לכלל חולי הסרטן כפי שניתן לצפות לגבי חולי סרטן רגילים עם אותו הרכב של גיל ומין כמו הקבוצה המוצגת. הגרף הימני מראה את האחוז, המאוד מוגדל בכל המקרים, של סרטני המערכת החיסונית בפועל בקרב קבוצת האנשים שנחשפו לקרינה. הערך κ בכל שורה הוא הסיכוי שדבר כזה יקרה במקרה, בכל השורות הוא מאוד קטן. בצד ימין יש נתונים נוספים שדווחו במחקרים השונים כגון סיכוי של הנחשפים לקבל סרטן.

Military and occupational, Israel, Stein et al., 2011



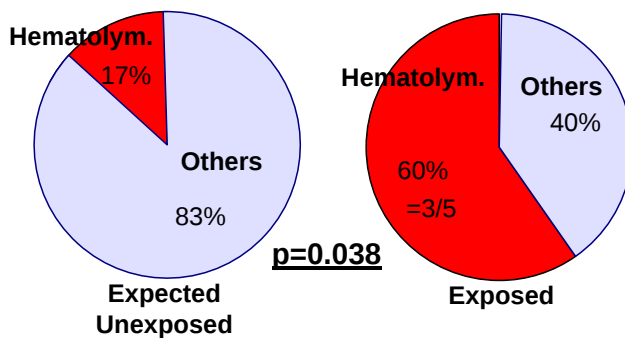
RR all cancers roughly estimated from multiple primaries data as 4.5

Military, Poland, Szmigielski 1996



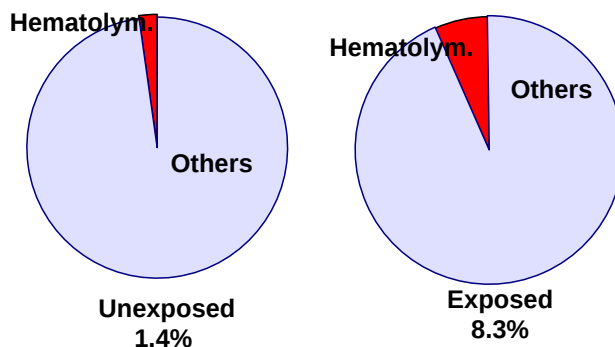
RR all cancers=2, p<0.05
RR HL.=6.3, p<0.001

Antenna ranges, Israel, Peleg 2009



RR all cancers=8.3, p<0.005

Radar operators, Causes of death, Belgium Degraeve 2009



RR HL.=7.2, CI95(1.09-47.9)

4 דיון

4.1 קשר בין הסרטן לקרינה

המידע שתואר בפרק הקודם והוצג בציור המסכם מראה קשר חזק בין אחוזים של סרטני המערכת החיסונית מתוך כלל מקרי הסרטן ובין היותם של החולים שייכים לקבוצות שנחשפו לקרינה. בנוסף, בכל אחד מארבע המחקרים זוהה סיכון מוגבר לסרטן, בהתאם לשיטת המחקר. הקשר בין סרטני המערכת החיסונית להשתייכות לקבוצה שנחשפה לקרינה חזק ומובהק סטטיסטית עבור כל הקבוצות בנפרד. אלה היו 4 קבוצות של נחשפים לקרינה משלוש מדינות בעולם, כל אחת נחקרה בגישה מחקרית שונה, היותם של כל ארבע המחקרים שגויים אינה סבירה.

האם הסרטן נגרם מהקרינה? בכל מחקר אפידמיולוגי, אחרי שנמצא קשר בין שתי עובדות, במקרה שלנו בין סרטני המערכת החיסונית ובין שייכות לקבוצה שנחשפה לקרינת רדיו ומכ"מ, עולה השאלה מה גרם למה, ז"א שאלת הסיבתיות. במקרה שלנו התשובה ברורה. אין אפשרות שתחלואה בסרטני המערכת החיסונית גרמה לאנשים לשרת לפני זה כמפעילי ומפתחי ציוד קורן. גם לא סביר שעבור כל אחת מארבע הקבוצות המפוזרות על שלוש מדינות ואשר הפעילו סוגי ציוד שונים ובמרווחי זמן של שנים רבות בין חלק מהקבוצות היה גורם מסרטן נסתר וחזק שעודד תחלואה דווקא בסרטני המערכת החיסונית. ההסבר הסביר היחידי לממצאים היא גרימת סרטני המערכת החיסונית ע"י הקרינה.

4.2 סוגי סרטן שעשויים להיגרם מקרינת רדיו ומכ"מ

מניסויים על חולדות מעבדה בארה"ב עולה שיש כנראה השפעה מסוימת של צורות הגל (תדר, קיום של פולסים וכדומה) על סוגי הסרטן כמוסבר במאמר המלא באנגלית. כך שמאוד ייתכן שיהיו קבוצות נחשפים עם סוגי סרטן בנוסף לאלה של המערכת החיסונית. מחקרים שונים בעבר שייכו (ברמת וודאות קטנה או גדולה בהתאם לכל מחקר) את הסרטנים הבאים לחשיפה של כל הגוף לקרינת רדיו ומכ"מ: סרטני מוח, סרטני ראש וצוואר, סרטני אשכים, סרטן עור, סרטן שד, סרטן קיבה וסרטן המעי הגס. ז"א קרינת רדיו ומכ"מ כנראה גורמת לסוגי סרטן רבים.

4.3 הקשר לסרטנים של המשתמשים בטלפונים חכמים

הממצאים שלנו על סרטני המערכת החיסונית משלימים את הממצאים על סרטני מוח וראש בקרב המשתמשים בסלולארי, אלה שני חלקים של אותה התמונה. הנחשפים לקרינה חזקה בכל חלקי גופם לוקים במקרים רבים בסרטני המערכת החיסונית. זה לא חוסך מהם עלייה בסיכון לחלות בסוגי הסרטן האחרים, המחקר על צבא פולין זיהה עליה של פי-2 בכלל סוגי הסרטן וגם עליה פי-2 בסרטני מוח בקרב הנחשפים לקרינה בצבא פולין. לעומתם המשתמשים בסלולארי חולים בעיקר בסרטני מוח וסרטני ראש אחרים, כנראה כי ראשם נחשף לקרינה חזקה פי הרבה מאשר חלקי גופם האחרים.

יש בכל זאת הבדל בין שתי הקבוצות. הנחשפים בכל גופם לרמת קרינה חזקה, שהם נושא של מחקר זה, נמצאים בסיכון אישי גבוה וחריג לחלות בסרטן. במחקר על הנחשפים במטווחי אנטנות כל עובד שישי מתוך קבוצה של עובדים צעירים חלה בסרטן תוך תקופה של כ-12 שנה. סיכון כה גבוה של בריאות העובדים אינו הוגן. הוא גם לא חוקי על פי חוקי הבטיחות בעבודה בישראל שאוסרים סיכון מוגזם של חיי אדם ומורים על תהליכי ניהול סיכונים. המשתמשים בסלולארי הם בסיכון אישי נמוך הרבה יותר, אבל היות ומדובר במיליארדים של משתמשים, מספר הנפגעים הוא גדול וגם זה חמור. ז"א, יש לנו שתי תופעות תחלואה בסרטן בעלות השלכות אנושיות שונות וצורך משותף לשתייהן להקטין את החשיפה לקרינה.

נזכיר שבמחקרים אחרים דווח על עליה בסרטן כתוצאה מחשיפה לשדות מרשת החשמל, ז"א בתדרים הנמוכים הרבה יותר מתדרי רדיו. יש מספר דווחים על לוקמיה (סוג של סרטן של המערכת החיסונית). לאחרונה פורסם גם מחקר המזהה עליה בסרטני מוח.

5 סיכום ומסקנות

במחקר זה הצגנו ראיות התומכות בכך שחשיפה לקרינת רדיו ומכ"מ גורמת לסרטני המערכת החיסונית. בקבוצה של 47 חולים היה אחוז מוגדל מאוד של סרטני המערכת החיסונית ביחס לכלל מחלות הסרטן. המספר גדול של חולים עם מחלות סרטן מרובות באותו חולה תומך גם הוא בהשפעה מסרטנת בסביבה הצבאית והתעשייתית. בשלושת הקבוצות הנוספות בשלוש ארצות התגלה סיכון מוגבר לסרטני המערכת החיסונית כתוצאה מקרינת רדיו. ראיות נוספות התומכות בהשפעה המסרטנת מגיעות מהמחקרים על סרטני מוח, בלוטות הרוק ועצבי השמיעה בקרב המשתמשים בסלולארי, מהשפעה מסרטנת שהתגלתה בניסויים על חיות מעבדה, מהשפעה של קרינת רדיו על תאים חיים, מקיום מנגנונים פיזיקאליים שייתכן שהם אלה שבעצמאותם קרינת הרדיו גורמת לסרטן ומעקרויות פיזיקלים המראים שלקרינה זו יש אפשרות לגרום להשפעה ביולוגית. כל אלה יחד הם בסיס מספק להכרה בקרינת רדיו ומכ"מ כגורם מסרטן בבני אדם, סיווג בקבוצה 1 של IARC.

התחלואה הרבה בסרטני המערכת החיסונית בקרב הנחשפים לפי תקינת ICNIRP מראה שתקנים אלה לא מספקים הגנה יעילה נגד סרטן ושיש להחליפם בתקינה המבוססת על קווים מנחים ביולוגים ועל הידע שהצטבר בנושא.

המלצותינו:

1. להקטין משמעותית את החשיפה לקרינה של חיילים המפעילים ציוד קורן, של עובדי התעשייה ושל כלל האזרחים. זאת ע"י שיפור התקנים וע"י שיפורים טכניים ואמצעי הגנה.
2. למנוע או להגביל פריסת טכנולוגיות חדשות שמגדילות את חשיפת האזרחים לקרינה ללא צורך משמעותי המצדיק את הסיכון הבריאותי. למשל טעינה אלחוטית משתמשת בשדות אלקטרומגנטיים חזקים והיא מוצדקת רק לצרכים של שתלים רפואיים. את תקשורת דור 5 מומלץ לפרוס באופן שלא יגדיל עוד את חשיפת האזרחים לקרינת רדיו.
3. לעקוב אחרי כלל מפעילי ציוד קורן בצבא ובתעשייה בהיבטים של תיעוד החשיפה ומעקב מרובה שנים אחרי התוצאה הבריאותית. זאת כדי ללמוד על התלות בין הסיכוי לחלות בסרטן למידת החשיפה ולסוג החשיפה כגון תדרים וקיום פולסי מכ"מ. יש לחקור גם השפעות בריאותיות אחרות בנוסף לסרטן.
4. אי-אפשר להתעלם מכך שיש עוד דרך להקטין את החשיפה של החיילים: שלום.

6 מקורות

נא ראה את המאמר המלא באנגלית לרשימת מקורות ולהצגה מפורטת יותר של שיטות הניתוח.

[1] Michael Peleg, Or Nativ, Elihu D. Richter; Radio frequency radiation-related cancer: assessing causation in the occupational/military setting, Environmental Research, Volume 163, May 2018, Pages 123-133, ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.003>.

[2] Elihu D. Richter, Tamar Berman, Eli Ben-Michael, Richard Laster & Jerome B. Westin (2000) Cancer in Radar Technicians Exposed to Radiofrequency/Microwave Radiation: Sentinel Episodes, International Journal of Occupational and Environmental Health, 6:3, 187-193, *DOI: 10.1179/oeht.2000.6.3.187*