



השפעת החשיפה לקרינה מטלפונים סלולריים במקומות סגורים על בריאות המשתמשים

(חלק שני)

בחלק הראשון סקרנו את מאפייני הטלפונים ואת סיכונים. בחלק זה נתמקד בסיכונים עקב משתמשים בטלפונים סלולריים בקרבתנו, בפרט בחללים סגורים, כגון מעליות, כלי-רכב ועוד

מאת ד"ר אמנון דבדבני

הכותב הוא מומחה לסיכוני קרינה בלתי מייננת ורעש. שימש במשך 20 שנה כאחראי להתגוננות בפני סיכוני הקרינה והרעש בצה"ל, במפקדת קצין הרפואה הראשי. בהשכלתו הוא מהנדס, בעל תואר Ph.D. בהנדסה ביו-רפואית, והוא חבר בוועדות תקינה בינ"ל ובוועדות לאומיות. דוא"ל: duvdamn@zahav.net.il

עת, נבחן את הסיכונים מהחשיפה לקרינה במעליות ובכלי-רכב. נתייחס לקרינה הכללית הנוצרת ע"י משתמשים אחרים בטלפונים הנמצאים בחללים הללו. בהמשך, נבחן מהם סיכוני הקרינה ממשתמשים סמוכים, במעליות ובכלי-רכב, וכן באופן כללי. נשתמש במדד ה-SAR כדי לבחון את הסיכונים.

סיכוני הקרינה במעליות

נבחן את סיכוני הקרינה במעליות עפ"י מספר השפעות (אשר הוצגו בחלק הראשון של הסקירה):

- **חסימת הקרינה** - מעליות שכל דפנותיהן עשויות מתכת (בלתי שקופות), מהוות מעין כליב החוסם את מרבית הקרינה. אי לכך, מידת הקליטה של הטלפון ואיכות הקשר בינו לבין האתר, הן נמוכות מאד, ועל כן הטלפון ישדר במלוא עוצמתו. כמו-כן, החסימה תגרום לכך שקיום התקשורת יהיה קשה מאד עד בלתי אפשרי.
- **החזרות קרינה** - מעליות מתכת עשויות מדפנות ישרות, אשר חוסמות את מרבית הקרינה ומחזירות את חלקה לחלל המעלית (חלק נבלע בחומרים המחפים אותן). קיימת גם השפעה חלקית של תהודות (תווך מהדהד).

- **הצטברות חשיפה לקרינה של משתמשים אחרים** - נבדוק מהו ה-SAR הכל גופי המתפתח בקרב הנוסעים במעלית. נניח שכל טלפון משדר בעצמתו המרבית - 0.25 וואט בקירוב, ושההספק "כלוא" במעלית ונבלע כולו (הנחה מחמירה) בגוף-האדם (נניח מסה של 60 ק"ג). את ה-SAR נקבל ע"י חלוקה של ההספק כלל הטלפונים במסת כלל האנשים במעלית. אם כל הנוסעים במעלית מפעילים טלפונים בו זמנית, מדובר ב-SAR של 0.004 וואט לכל ק"ג - כ-5% מהמותר. בפועל, מדובר בפחות מכך, כיוון שלא כולם מפעילים טלפונים בו זמנית וכיוון שחלק מהקרינה נבלע בחומרים לא מתכתיים במעלית. עוד יש להביא בחשבון שהתקן והקווים המנחים מתייחסים לחשיפה רצופה בת 6 דקות. בחשיפה ממוצעת במעלית, בנסיעה של דקה, מדובר בפועל בחשיפה לכ-1% מהמותר (עפ"י התקן או הקווים המנחים), וזאת במצב המחמיר ביותר האפשרי - כשכל הנוסעים מפעילים טלפונים בו זמנית ובהעדר בליעה. יש להניח שבפועל החשיפה היא אף פחות מכך, בשל העדר היכולת לקיים שיחות מעבר

הטלפונים הסלולריים הם הגורם המשמעותי ביותר לחשיפת האדם לקרינה בלתי מייננת בעת הנוכחית. היקף החשיפה לקרינה מאפשר אמנם לחוקרים לבחון את הסיכונים בצורה טובה יותר, אך גם מעורר דאגה בציבור לגבי ההשלכות לבריאותו בטווח הארוך. אחד החששות הוא להגברת הקרינה ולהגדלת הסיכון בחללים סגורים בהם נמצאים מספר משתמשים בטלפון, ובפרט בחללים מתכתיים - מעליות, מכוניות, תחבורה ציבורית ועוד. נשאלות שאלות האם קיים אפקט הדומה ל"עישון פסיבי", והאם החלל המתכתי מגביר את הקרינה. בסקירה שלהלן נלמד כי ההשפעה של החללים היא בעיקר על מידת החשיפה מהטלפון האישי, ונסקור דרכים שיאפשרו לנו להפחית את החשיפה לקרינה מהטלפונים.

הקדמה

בחלק הראשון של הסקירה, הוצגו מאפייני הקרינה של הטלפונים הסלולריים וסיכוני החשיפה לקרינה מהטלפונים, הידועים כיום. הוסבר כי הטלפונים משדרים בעוצמה חלשה - ההספק המרבי הוא מספר מאות מילי-ואט, והוא קטן משמעותית ככל שהקליטה טובה יותר. הוצג המדד המשמש לבחינת סיכוני הטלפונים הסלולריים - מדד שיעור הספיגה הסגולית, ה-SAR (Specific Absorption Rate). ה-SAR הוא ההספק, ביחידות של וואט, הנוצר בכל ק"ג של מסה של רקמת הגוף, עקב הקרינה החודרת לתוכו. הוסבר כי קיימות שתי מגבלות של SAR. האחת - SAR ממוצע לגוף כולו, והשנייה - SAR מקומי לחלקי רקמה של הגוף.

נדרש לעמוד בשתי המגבלות של שיעור הספיגה הסגולית, שהן 0.08 וואט לק"ג לגוף כולו, ו-1.6 או 2 וואט לק"ג לחלקי רקמה (כפי שהוגדר ע"פ התקינה האמריקנית או עפ"י הקווים המנחים של ICNIRP - הוועדה הבינ"ל להגנה בפני קרינה בלתי מייננת).



קרינה מטלפונים סלולריים של אנשים בסמיכות לנו - האם ישנו סיכון?

למספר שניות עקב הקליטה החלשה. גם החזרות או תהודות עקב דופנות המתכת, לא ישפיעו על כך מהותית. **לסיכום, מדובר בהשפעה זניחה.** לגבי החשיפה ממשתמשים סמוכים ולגבי העמידה במגבלת ה-SAR המקומי לחלקי רקמה, נפרט בהמשך.

סיכוני הקרינה בכלי-רכב (פרטיים וציבוריים)

האם נסיעה בכלי רכב ציבוריים, בהם רבים משתמשים בטלפונים, דומה לחשיפה בתוך מיקרוגל?

החשש מהצטברות קרינה בכלי-רכב עקב ריבוי המשתמשים בטלפונים ו"כליאת" הקרינה ע"י דופנות המתכת, ולחשיפה הדומה לזו המתרחשת בתוך המיקרוגל הביתי, אינו מוצדק. זאת בשל עוצמת השידור הקטנה של הטלפונים וכיוון שמדובר בחללים גדולים שאינם סגורים ושיש בהם בליעה ופיזור של קרינה.

לדוגמה, בכלי תחבורה ציבורי בו 25 אנשים מדברים בטלפונים בו זמנית, ובשידור בעוצמה המרבית של הטלפונים, נוצר הספק כללי של 6 וואט בלבד - חצי אחוז (0.5%) מהספק השידור בתוך מיקרוגל ביתי. בפועל, מדובר בהספק קטן מכך - פרומיל ומטה לעומת מיקרוגל ביתי, כיוון שהקליטה בד"כ אינה מזערית (עקב קיום חלונות בכלי הרכב).

בנוסף על כך, כיוון שמדובר בחלל גדול שאינו סגור (בשונה ממיקרוגל ביתי) ובו חומרים שונים, מתכתיים ולא מתכתיים, הקרינה הנוצרת בתוכו, חלקה משודר מחוץ לכלי-הרכב, חלקה נבלע או מפוזר בתוך חלל כללי-הרכב ורק חלקה נבלע בגוף-האדם.

אם נוסיף לכך את העובדה שבמיקרוגל ביתי ההספק נבלע במסה קטנה יחסית, הרי שהחשיפות לקרינת טלפונים סלולריים בכלי-רכב, **קטנות פי מיליונים** ויותר מאלה המתרחשות במיקרוגל ביתי (במונחי SAR כל גופי). לכן ההשוואה למיקרוגל שגויה ומוטעית לחלוטין.

סיכונים שונים

מהי מידת החשיפה לקרינה מהטלפון בדיבורית ברכב? האם ישנו סיכון מהחשיפה לקרינת תקשורת "שן כחולה" (Bluetooth)?

הטלפון המותקן בדיבורית ברכב מרוחק מהנהג. כפי שיוסבר בהמשך, המרחק גורם לכך שהחשיפה - במונחי SAR מקומי בגוף - קטנה לכדי 1% ומטה לעומת החשיפה כאשר הטלפון צמוד לראש. אם הדיבורית היא קבועה והאנטנה מותקנת מחוץ לרכב, מדובר בחשיפה זניחה לחלוטין. תקשורת Bluetooth בין הטלפון האלחוטי לבין מערכת השמע ברכב, היא בהספקים נמוכים מאד (סדר גודל של מילי-ואט), ומידת החשיפה אליה היא זניחה.

מה לגבי חשיפה לקרינה מטלפונים של אנשים הסמוכים אלינו? האם ישנה השפעה הדומה ל"עישון פסיבי"? האם ישנה הגברה של החשיפה אליהם במעליות ובכלי-רכב?

כאמור, המגבלה העיקרית בחשיפה האישית לטלפונים הסלולריים, היא מגבלת SAR מקומי אשר נובעת מהחשיפה המקומית של חלקי רקמה בגוף המשתמש (בד"כ באזור הראש). אולם, המרחק משפיע במידה רבה מאד על החשיפה, וככל שהמרחק גדל, ה-SAR המקומי המתפתח בגוף-האדם קטן בצורה משמעותית.

• חסימת הקרינה - כלי-רכב הם חללים סגורים המחופים במתכת, אך באופן חלקי, מכיוון שקיימים בהם חלונות. במכונית פרטית, מדובר בשטח חלונות גדול יחסית ובקרבה גדולה של הטלפון אליהם, ועל כן מידת ההשפעה של המתכת קטנה יחסית ומידת החסימה של הקרינה היא נמוכה, כך שעוצמת השידור של הטלפון גדלה אך במעט. באוטובוסים וברכבות, שטח החלונות היחסי הוא קטן יותר ועל כן מידת החסימה של הקרינה גדולה יותר, ובפרט כאשר הטלפון נמצא רחוק מהחלונות, בהימצאות באזור פנימי יותר. עם זאת, בשל אופי התפשטות הקרינה, מידת החסימה היא חלקית, והתקשורת מתאפשרת. עוצמת השידור של הטלפון גדלה באופן חלקי - בד"כ לא לעוצמה המרבית, באזורים בהם הקליטה סבירה.

• החזרות קרינה - דופנות המתכת גורמות לחסימה חלקית של קרינת הטלפונים ולהחזרה חלקית של הקרינה לחלל הרכב. כלי-רכב מותאפיינים במבנה מורכב של מישטחים מתכתיים ועצמים מתכתיים, וכן בריבוי חומרים שאינם מתכתיים, כגון פלסטיק וריפוד. על כן, התנהגות הקרינה בתוך כלי-הרכב היא מורכבת מאד. קיימות החזרות של קרינה מהדפנות לחלל הרכב, אך הן חלקיות, וחלק מהקרינה נבלע בחומרים בחלל הרכב או מפוזר בו. בנוסף, חלק מהקרינה משודר מחוץ לכלי-הרכב דרך החלונות ואינו מוחזר לחלל הפנימי.

• נסיעה - הנסיעה גורמת לכך שהקשר בין הטלפון לבין האתרים הסלולריים משתנה באיכותו באופן מהיר. הקליטה מתחזקת ונחלשת חליפות עקב שינוי המרחק בין הטלפון לאתר הקרוב ועקב המעבר בין אתרים שונים. קיים גם הבדל במידת הקליטה בנסיעה באזורים שונים - בעיר או מחוץ לעיר, באזורים מיושבים או בעלי אוכלוסייה דלילה. ככל שהקליטה חלשה יותר, עוצמת השידור עולה, ולהפך.

• משך החשיפה - זמן הנסיעה בכלי רכב (פרטיים וציבוריים) הוא ממושך יחסית, ועל כן ישנה אפשרות למשך חשיפה גדול יותר לקרינה, ומה גם שרבים מנצלים פרק זמן זה לניהול שיחות.

• הצטברות חשיפה לקרינה של משתמשים אחרים - בשל קיום חלונות אין מדובר בד"כ בשידור בעוצמה המרבית של הטלפונים. כמו כן חלק מהקרינה נבלע בחלל הרכב או מפוזר בו, או משודר מחוצה לו (דרך החלונות). במצב המחמיר ביותר בו כל האנשים מדברים בו זמנית וקרובים זה לזה, ובהנחה מחמירה מאד שכל ההספק נבלע בגוף-האדם, אפשר להעריך את ה-SAR הכל גופי בסדר-גודל של 1% מהמותר. בפועל, מדובר בפחות מכך, בסדר-גודל של פרומיל (אלפית) מהמותר (עפ"י התקן או הקווים המנחים) לכל היותר, כיוון שלא כולם מדברים בו זמנית ובשל הבליעה והפיזור של הקרינה בחלל הרכב, ועקב השידור מחוצה לו. גם כאן, החזרות או תהודות עקב דופנות המתכת, לא ישפיעו על כך מהותית.

לסיכום, מדובר בהשפעה זניחה. לגבי החשיפה ממשתמשים סמוכים ולגבי העמידה במגבלת ה-SAR המקומי לחלקי רקמה, נפרט בהמשך.



אחרים בסביבה הקרובה, כולל בחללים מתכתיים סגורים, היא נמוכה מאד עד זניחה. ההשפעה העיקרית של חללים מתכתיים סגורים היא על מידת החשיפה מהטלפון האישי בשל פגיעה בקליטה.

על-כן, כדי להפחית את החשיפות לקרינה מטלפונים סלולריים, יש להפחית את החשיפה לטלפון האישי.

ניתן לעשות זאת בכמה דרכים:

- קיצור משך השיחות.
- הקטנת תדירות השיחות.
- קיצור משך השיחות והקטנת תדירותן במיוחד כאשר הקליטה נמוכה, ובפרט:
 - במבנים סגורים (בהעדף אתרים פנימיים), באזורים בין עירוניים או שאינם מיושבים ועוד.
 - בכלי תחבורה, באזורים בהם הקליטה אינה טובה - אוטובוס, רכבת, מכונית (אין מדובר בנהג המשתמש בדיבורית) ועוד.
 - במעליות. במעליות ללא חלקים שקופים מדובר בהימנעות בשימוש, בשל השידור בעוצמה מרבית מחד גיסא, והתקשורת הגרועה עד הבלתי אפשרית, מאידך גיסא.
 - באופן כללי, כאשר המכשיר מציג קליטה נמוכה (מספר הקווים או העיגולים המסומנים במכשיר קטן), או כאשר איכות השמע נמוכה (שמיעה מקוטעת או מעוותת, רעש וכד').
- יש לציין שמידת החשיפה לקרינה מהטלפונים העדכניים מושפעת באופן ניכר מאד ממידת הקליטה, כיוון שהטלפונים יכולים להקטין במידה רבה מאד את עוצמת השידור כאשר הקליטה טובה.
- הגדלת השימוש בהודעות כתובות - מסרונים (הודעות SMS), WhatsApp וכד'. דרך זו מפחיתה את החשיפה לקרינה באופן ניכר מאד, עקב מרחק הטלפון מהגוף.
- הרחקת הטלפון מהגוף ושימוש ברמקול הפנימי בטלפון.
- הרחקת הטלפון מאזור הראש ע"י שימוש בדיבורית אישית.

האם יש צורך להימנע מחשיפה לקרינת טלפונים סלולריים של אנשים בקרבתנו? האם קיים אפקט הדומה ל"עישון פסיבי"?
 כפי שהוסבר, גם אם אנשים צמודים אלינו, מידת החשיפה היא נמוכה מאד, ולא תעלה על 1% (בקירוב) מהחשיפה שתגרום בשימוש בטלפון האישי שלנו. במרחקים גדולים יותר, החשיפה תהיה זניחה לחלוטין. ■

מקורות (רשימה חלקית)

- An investigation impact of user's positions in closed space over SAR in the head induced from mobile phone, Atanasov and Atanasova, The Environmentalist, Vol. 31 iss. 2, pp. 181-186, 2011
- Chou et al., Radio frequency electromagnetic exposure: Tutorial review on experimental dosimetry, Bioelectromagnetics, Vol. 17, pp. 195-206, 1996
- Human Exposure by mobile phones in enclosed areas, Toropainen, Bioelectromagnetics, Vol. 24, pp. 63-65, 2003
- Iskander et al., Polarization and human body effects on the microwave absorption in a human head exposed to radiation from handheld devices, IEEE Trans. on microwave theory and techniques, Vol. 48(11), pp. 1979-1987, 2000
- Specific absorption rate evaluation for passengers using wireless communication devices inside vehicles with different handedness, passenger counts, and seating locations, Lueng et al., IEEE trans. on Biomedical Engineering, Vol. 59, pp. 2905-2912, 2012

חשיפה לקרינת טלפונים סלולריים בכלי-רכב ציבוריים - האם היא מסוכנת?

בדיקות ה-SAR המקומי מתבצעות כאשר הטלפון צמוד פיזית לראש של המדמה, כדי לדמות את החשיפה האישית בעת שיחה רגילה. כאשר המרחק מהטלפון גדל, ערך ה-SAR המקומי קטן משמעותית. במרחק של חצי מטר עד מטר, לדוגמה, ה-SAR המקומי דועך לאחוזים בודדים בלבד מזה שמתקבל כאשר הטלפון צמוד לראש.

לכן, כאשר אדם מדבר בטלפון בצמידות אלינו, הקרינה אליה ניחשף תגרום ל-SAR מקומי של 1% לערך, לכל היותר, מזו שתגרום בשימוש אישי בטלפון. זאת בגלל המרחק מהטלפון וגם מסיבות אחרות - כיוון שחלק מהקרינה ייבלע בגופו של האדם המדבר בטלפון, וכיוון שמיקום החשיפה המקומית בגוף אינו קבוע. גם במצב מחמיר בו מספר אנשים הצמודים אלינו משוחחים בו זמנית בטלפון, לא תגרום השפעה מצטברת משמעותית של SAR מקומי, כיוון שהחשיפות לא תתמקדנה באותו אזור בגוף. במרחק גדול יותר (מטר ואילך), מדובר בחשיפה זניחה.

לסיכום, החשיפה לקרינת טלפונים של משתמשים אחרים בסביבה הקרובה, היא נמוכה מאד עד זניחה. דבר זה נכון במצבים שונים בהם אנשים נמצאים בקרבתנו ומדברים בטלפון: - בישיבות, בחדרי אוכל, בעמידה בתור, במופעים, באירועים וכד'.

- במעליות ובכלי-רכב - מחקרים שונים הראו כי השפעת ההחזרות מקירות של חללים סגורים מתכתיים או קיום השפעה של תהודות בחללים על ה-SAR המקומי המתפתח בגוף, היא מוגבלת יחסית, עפ"י רוב עד 10% (לעומת החשיפה ללא השפעות אלה). בהימצאות בסמיכות רבה למתכת תיתכן השפעה גדולה יותר, אך היא מקומית, ובדרך כלל אין מדובר בחשיפות ארוכות ובמיקוד של הקרינה באותם אזורים בגוף.

על כן החשיפה (ה-SAR המקומי) ממשתמשים סמוכים בטלפונים במעליות ובכלי-רכב, מושפעת במידה קטנה יחסית מדופנות המתכת, והיא נמוכה מאד עד זניחה. לגבי ה-SAR הכלל גופי, כפי שהוסבר קודם, תרומת ההחזרות (או התהודות) אין בה בכדי להשפיע מהותית, כיוון שהוא נמוך ממילא.

הפחתת החשיפה

מה ניתן לעשות כדי להפחית את החשיפה לקרינה מטלפונים סלולריים, ובפרט בחללים סגורים?
 כפי שהוסבר, גורם החשיפה העיקרי לטלפונים סלולריים הוא הטלפון האישי של המשתמש. החשיפה לטלפונים של משתמשים