

הכנס הבין-לאומי בסלובניה לסיכוני קרינה בלתי מייננת

ד"ר אמנון דובדבני, נציג המוסד לבטיחות ולגיהות, מביא את הרשמים

מאת ד"ר אמנון דובדבני

מדריך ארצי לקרינה בלתי מייננת, המוסד לבטיחות ולגיהות



אנחנו חשופים לקרינה בלתי מייננת באופן תמידי - לטלפונים סלולריים, לתשתית ווי-פי, בבית החכם, לטעינה חשמלית אלחוטית, לקווי מתח חשמלי, למערכות תגי RFID ועוד. החשיפה הנרחבת של אוכלוסיית העולם לקרינה בלתי מייננת מעוררת חשש בגלל ההשפעות הפוטנציאליות על הבריאות. הכנס הבין-לאומי המוביל בנושא סיכוני קרינה בלתי מייננת, BioEM 2018, התקיים השנה בחודש יוני בסלובניה, בעיירה פורטורוז.

הכנס נערך בהובלת האגודה הבין-לאומית לביו-אלקטרומגנטיות (BEMS – Bio-electromagnetics Society), ובשיתוף מועצת האגודה האירופית לביו-אלקטרומגנטיות (EBEA – European Bio-electromagnetics Association Council).

כנס זה הוא המוביל בעולם בתחום סיכוני הקרינה האלקטרומגנטית. מוצגים בו המחקרים המובילים והעדכניים בתחום זה והוא מהווה מקום מפגש לחוקרים ולמובילי התחום בארצותיהם ובעולם כולו. בכנס התקיימו סדנאות, הרצאות מליאה, מושבים ותצוגות פוסטרים.

בכנס נערכו פעילויות אלו:

סדנאות:

- חשיפות מציד סלולרי מהדור החמישי (5G) - מחקרים מובילים.
- מעבר אותות אלקטרו-מכניים ובקרה במערכות ביולוגיות, המושרים על ידי ננו-פולסים חשמליים.
- חשיפה לשדות אלקטרומגנטיים ותחלואת סרטן.
- גישות מתקדמות לניתוח השפעות ביולוגיות של פולסים של שדה חשמלי.

הרצאות מליאה ראשיות (plenaries):

- מנגנוני פעולה של שדות מגנטיים על קולטני אור.
- מגבלות החשיפה לקרינה.
- חקר תופעת הדיאלקטורפורוזה (שיטה להפרדת חומרים באמצעות שדה חשמלי) ויישומה במדעי הביו-רפואה.
- אלקטרופורציה (שיטה להכנסת חומרים לתוך תאים עקב הפעלת שדה חשמלי חזק המשפיע על חדירות ממברנת התא) - ממנגנונים ליישומים.

סדנאות הדרכה (tutorials):

- גישות לסקירה שיטתית במדעי בריאות הסביבה.
- חלקיקים ננו-מגנטיים כגורמים תרפויטיים - התמקדות בחלקם של המדען והמהנדס.
- הערכה של מחקרי תחלואת סרטן בבעלי חיים.

מושבים:

- מחקרי אנוש - מוח
- דווימטריה - מחקרים חישוביים
- מחקרים ברמת התא
- מחקרי MRI
- אפידמיולוגיה
- מחקרים ברמת החי
- מנגנונים
- ננו-פולסים
- סקירת פוסטרים נבחרים
- תצוגות פוסטרים, בנושאים שונים.**

הכנס במספרים: הכנס נמשך שישה ימים. ניתנו בו 160 הרצאות פרונטליות (134 הרצאות ו-26 סקירות של פוסטרים) והוצגו בו 148 פוסטרים. בסך הכול, הוצגו 283 עבודות שונות. מרבית העבודות שהוגשו (159) היו מאירופה, 69 מאסיה, 42 מצפון אמריקה, 17 מאוסטרליה ומניו-זילנד, 3 מדרום אמריקה ואחת מאפריקה. מבין המדינות, 33 עבודות היו מצרפת, 33 מארה"ב, 26 מיפן, 21 מדרום קוראה ו-19 משווייץ. בכנס השתתפו כ-400 איש.

תובנות עיקריות

מחקרי חשיפות לקרינה ברמת התא והחי, ובבני אדם - הוצגו ממצאי מחקרים שונים, ולהלן פירוט חלקי של עיקריהם (לפי סוגים):

- חשיפות לקרינה ובחינת השפעות מסוגים שונים ברמת התא והחי - השפעות על תאים ורקמות מסוגים שונים (תאי דם, תאי עצם דוגמת אוסטאובלסטים, תאי עצב ופעילויות עצבית, תאי שומן, תאי כבד, רקמות העור ועוד); השפעות על ממברנת התא (כגון שערי יונים) ועל העברת אותות (signaling) בתא, כגון מסלול AMPK, על מבנה ה-DNA (כגון במצבי תחלואה שונים - לדוגמה פרקינסון, נויורבלסטומה), על רמות של חומרים (יונים כגון סידן, ROS ובפרט רמות H_2O_2 , גלוקוזה, ועוד), על קצב גידול של תאים סרטניים, על תאים שנפגעו ממוטגנים, חשיפות של חיידקים לקרינה ועוד; השפעות חשיפה לשדות ולקרינה על ביצוע משימות ועל זיכרון, על זרימת דם ועל קצב התרפאות של פצעים, השפעות של חשיפה לעירור מגנטי טרנסקרניאלי ועוד. זאת, עקב חשיפות בתדרים שונים (שדות סטטיים, רשת החשמל, תדרי הסלולר, אור כחול ועוד) ולאזנות מסוגים שונים (כגון פולסים). חלק מהמחקרים הדגימו קשר בין החשיפות להשפעות.
- השפעת חשיפות אדם לקרינה על גלי EEG ובחינת הקורלציה עם ביצועים קוגניטיביים, תנועת עיניים, מהלך השינה ועוד, כולל השוואה בין אוכלוסיות שונות.
- חשיפות אדם לשדות מגנטיים בתדרים נמוכים ותופעות ביולוגיות.
- מודלים חישוביים של קצב ספיגה סגולי בגוף האדם - גישות שונות ובהן פיתוח מודלים לאוכלוסיות שונות ומודלים ייעודיים, השוואה בין חשיפות מבוגרים לילדים ובחינה של חשיפות ילדים בגילאים שונים (והדגמה של חשיפות גבוהות יותר אצל ילדים), בחינת חשיפה של עוברים ועוד.
- מודלים של חימום גוף האדם על ידי קרינה, כגון עבור חלקי גוף שונים, בחינה של השפעת הזרימה של הדם, ועוד.
- **עדכון בתוצאות מחקרים גלובליים** - הוצגו ממצאים ראשוניים של מחקרים בין-לאומיים, שמטרתם המשך של בחינת חשיפות האדם לקרינה ממקורות סביבתיים שכיחים, דוגמת אתרים סלולריים, WiFi ועוד, תוך התמקדות בנקודות קצה שונות, דוגמת חשיפה של ילדים. לדוגמה, מחקר GERoNimo (Generalized EMF Research using Novel Methods), אשר החל בשנת 2014 וגם ישראל משתתפת בו, ומטרתו (מתוך אתר "תנועה") הן לגשר על פערי הידע הקיימים לגבי ההשפעה של קרינה בלתי מייננת על הבריאות, לרבות הערכת סיכונים והערכת הגישות לקביעת מדיניות בתחום זה. הוצג מחקר משותף, במסגרת מחקר GERoNimo, של חמש מדינות, אשר בחן את החשיפות הסביבתיות

לקרינה ואת קצב הספיגה הסגולי של הקרינה, המתפתח בגוף האדם (SAR כלל-גופי). זאת, בקרב 52 מבוגרים ו-54 ילדים, בעת שהייתם בסביבות שונות במשך מספר ימים, עבור קרינת סלולר, WiFi וטלפונים אלחוטיים DECT. חשיפות המבוגרים היו גבוהות משל הילדים, אך רמות ה-SAR (ומידת הפיזור שלהן) היו גבוהות יותר בקרב ילדים, עקב ההבדלים האנטומיים בינם ובין מבוגרים. רמות ה-SAR בקרב ילדים ומבוגרים עקב הקרינה הסביבתית היו נמוכות מאוד - ערכים ממוצעים בקרבת $1 \mu W/Kg$ - כ-5 סדרי גודל ממגבלות ICNIRP (הוועדה הבינ"ל להגנה מקרינה בלתי מייננת) וערכים שיאיים, כ-4 סדרי גודל מתחת לכך.

מחקרי חשיפות שונות - הוצגו מחקרים רבים של הערכת חשיפות לקרינה ולשדות אלקטרומגנטיים ממערכות ומציוד, ובסביבות שונות - אישיות, ביתיות, המרחב הציבורי וחשיפות במקומות עבודה. לדוגמה, חשיפות בבית החכם לטעינה חשמלית אלחוטית; בכלי רכב חשמליים למערכות מתקדמות ברכב (דוגמת מכ"ם קרבה של מכוניות אחרות ומכשולים), למונים חכמים (smart meters), לאתרים סלולריים (קיימים ומסוגים מתקדמים ועתידיים), ל-MRI (לנבדקים ולצוות הרפואי, לנשים הרות ועוד), לקווי מתח חשמליים ולתחנות משנה (גם בקרב אוכלוסייה תעסוקתית - עובדי חברת חשמל), למערכות תגי RFID, לציד ריתוך, לציד לחימום מזון בהסעדה, חשיפות של בעלי קוצבי לב ובעלי שתלים מתכתיים, ועוד. נתקבלו רמות חשיפה במגוון ערכים, החל מחשיפות סביבתיות נמוכות מאוד ועד לערכים גבוהים, לעומת מגבלות החשיפה, ואף החורגים מכך (בעיקר בחשיפות תעסוקתיות).

חשיפות מציוד הדור הסלולרי החמישי (5G) ותדרים גבוהים (לרבות תחום הגלים המילימטריים) - קיימת כעת התמקדות רבה בחשיפות בתדרים אלו, עקב כניסה גדלה והולכת של ציוד ומערכות. הוצגו בכנס מערכות ושיטות מתקדמות להערכת הסיכונים בתחום תדרים זה. יש צורך בהמשך מעקב אחר ההתפתחויות לשם היערכות למתן מענה עבור חשיפות אלו, אשר יתרבו כבר בעתיד הקרוב ויהיו מוקד עניין גם מבחינת החשש הציבורי, בפרט במקומות עבודה. היבט החשיפות העתידיות מקרינה הוצג על ידינו בכנס הטכנולוגיות הראשון בטכניון (בשנת 2017). לנושא זה תוקדש בקרוב כתבה נפרדת.

חשיפות לקרינה לצרכים רפואיים - הוצגו תהליכים רפואיים, שבהם נעשה שימוש בחשיפות לקרינה ולשדות, דוגמת אלקטרופורזיה, חלקיקים ננו-מגנטיים, דיאלקטרופורוזה, היפרתרמיה, טיפולים שונים בתחלואת סרטן ובגידולים, טיפולים בארטריטיס מסוגים שונים ועוד. הוצגו מנגנוני הפעולה ברמת התא והרקמה.

הפחתת החשיפות לקרינה - הוצגו מחקרים שדנו בגישות להפחתת חשיפות האדם לקרינה מאנטנות באמצעות שיטות תכנון שונות, בפרט לצורך יישום עבור ציוד אישי הקרוב לגוף האדם - טלפונים סלולריים, טאבלטים, מחשבים אישיים וכד' (עבור שידורי סלולר ו-WiFi), תוך הדגמה של הפחתת ערכי ה-SAR בגוף האדם בעשרות אחוזים.

סיכום

המידע רב-הערך שהתקבל בכנס, והתובנות ממנו, יסייעו ביישום דרכים ושיטות להתגוננות מקרינה בלתי מייננת בסביבת העובד, לפי מיטב הידע המדעי העדכני. ■