

חלק א' – חשיפה תעסוקתית למתכות

1. חשיפה תעסוקתית לעופרת – Pb

העופרת (Pb) היא מתכת אפורה בעלת משקל סגולי 11.3 הניתכת בטמפרטורה של 327°C (נקודת הרתיחה 1525°C). העופרת ידועה למין האנושי ונמצאת בשימוש יוטר מ-4,000 שנה. כבר בימי קדם היה בה שימוש ניכר, בייחוד בהרכבים של סגסוגות מתכת. קיימת סברה שבתקופה הרומית נפגעה האוכלוסייה האצילה מהרעלות עופרת. הם נהגו להשתמש בכלי מתכת שהכילו עופרת, לשתית משקאות אלכוהוליים. גם בימינו ידוע על הרעלות עופרת בקרב האוכלוסייה הצורכת משקאות אלכוהוליים, לרבות יין, ושותה אותם מכלי קרמיקה שהגלזורה שלהם מכילה עופרת. בפרק זה נעסוק בעיקר בהיבט התעסוקתי של חשיפת העובדים לעופרת, אך גם בהשלכות הנוגעות לבריאות הציבור.

עפרות העופרת מצויות כמעט בכל חלקי העולם. העפרה העשירה ביותר היא הגאלנה (Galena, סולפיד העופרת - PbS). מהעפרות השונות מפרידים, בתהליכים שונים, את המינרלים המכילים עופרת ומקבלים את העופרת המתכתית. העופרת המתכתית והמלחים שלה רעילים לגוף האדם, בייחוד כשהם חודרים לתוכו דרך דרכי הנשימה בצורת אבק או נדפים, אך גם כשהם נכנסים לגוף דרך דרכי העיכול (גיהות לקויה) ואפילו דרך העור (במקרים מיוחדים של עופרת אורגנית).

בעולם כולו ערים, מזה זמן רב, להיבט התעסוקתי של רעילות העופרת ותרכובותיה, ולכן, בכל הארצות שיש להן תחיקת עבודה כלשהי מכירים בהרעלת העופרת כמחלה מקצועית. בישראל, מופיעה **הרעלת העופרת** ברשימת המחלות המקצועיות הראשונות שפורסמו בארץ עוד בימי שלטון המנדט הבריטי (החל מ-1945) - בפקודת התאונות ומחלות מקצוע (הודעה), 1945. בהתאם לפקודה זו, הנמצאת בתוקף עד היום, חלה על הרופא המטפל ועל המעביד חובה להודיע למפקח עבודה אזורי על כל מקרה של הרעלת עופרת (לצורך בירור או חקירה אפידמיולוגית). גם המוסד לביטוח לאומי קבע, כבר מיום היווסדו (באפריל 1954), את הרעלת העופרת בראש רשימת מחלות המקצוע המזכות את הנפגעים בהן לפיצוי.

משרד העבודה והרווחה פירסם, כבר **בשנת 1962**, את "תקנות הבטיחות בעבודה - בדיקות רפואיות לעובדים בעופרת", אשר הוחלפו ב-**1983** ב"תקנות הבטיחות בעבודה - גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת". בתקנות החדשות נקבעו, בנוסף לחובת עריכת הבדיקות הרפואיות התקופתיות לעובדים בעופרת, גם תקני חשיפה וחובת ביצוע בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות תקופתיות, וסידרת הוראות קפדניות בנושאי גיהות, כדי למנוע מהעובדים הרעלת עופרת.

בהחלטת IARC (הארגון הבינלאומי לחקר הסרטן), בשנת 2004, נקבע כי קיימת הוכחה מוגבלת לכך שהעופרת האנאורגנית ותרבותיה הן גורמים מסרטנים לבני אדם - **קבוצה 2A** (= גורם קרוב לוודאי מסרטן לבני אדם; מסרטן מוכח לבעלי חיים, אך ללא הוכחות אפידמיולוגיות מספיקות לגבי בני אדם). ארגון הגיהותנים הממשלתיים בארה"ב (ה-ACGIH) סיווג בשנים האחרונות את העופרת האנאורגנית ותרבותיה כ-**A3** (= גורם מוכח כמסרטן לבעלי חיים, אך ללא הוכחות אפידמיולוגיות מספיקות לגבי בני אדם).
(בסוף הפרק מובא דיון מפורט יותר בנדון).

השימוש התעסוקתי בעופרת ותרבותיה

את תהליכי העבודה השונים, שיש בהם חשיפה תעסוקתית לעופרת ולתרבותיה, ניתן לחלק ל-2 קבוצות, בהתאם לאמור בתוספת הראשונה ובהגדרות של תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983 (ק"ת 4556). (מאחר שבישראל אין מכרות עופרת, לא נדון במסגרת זו בנזקים הבריאותיים-תעסוקתיים הנובעים מתעסוקה בכרייה):

א. קבוצה ראשונה:

"מקומות עבודה ותהליכי עבודה שהתקנות חלות עליהם גם אם ריכוז העופרת באוויר נמוך ממחצית החשיפה המשוקללת המרבית המותרת":

קבוצה זו כוללת בעיקר, את תהליכי העבודה הבאים, בהתאם לצורת הופעת העופרת:

- 1. התכה ויציקה של עופרת מתכתית:** חשיפה לאדי עופרת מתכתית.
- 2. ייצור, חידוש, תיקון ופירוק של מצברי עופרת:** חשיפה לאדי עופרת מתכתית (יציקת לוחות ואבזורים) + חשיפה לאבק המכיל תחמוצת עופרת $Pb_3O_4 + PbO$ (ייצור תחמוצת העופרת; מריחת לוחות עופרת בתחמוצת העופרת; סידור לוחות מרוחים, וחוצצים; הכנסת קבוצות של לוחות עופרת וחוצצים לטעינה חשמלית; פירוק ושבירה של מצברים ישנים).
- 3. הוספת מלחי עופרת** (כגון: סולפאט העופרת; פוספאט העופרת; קרבונט העופרת) כמייצבים לחומרים פלסטיים, בייחוד ל-PVC, ויצירת "קומפאונד" הנכנס לאקסטרודרים: חשיפה לאבק המכיל מלחי עופרת (שקילה + הכנסה למערבל).
- 4. הוספת תחמוצות עופרת** (כגון: Pb_3O_4) לייצור צבעים ובמיוחד לייצור צבעי יסוד מסוג "מיניום", לרבות "מיניום סינטטי": חשיפה לאבק המכיל מלחי עופרת (שקילה והכנסה למערבל) + חשיפה לאדי עופרת בצבע המוכן (מילוי קופסאות הצבע).
- 5. עבודה בטרה-אתיל או טרה-מתיל עופרת,** בריכוז העולה על 1% (ביחידות משקל) מסה"כ התערובת. מדובר בעיקר בהוספת התרכובות האורגניות הנ"ל של עופרת כ"אנטינוק" לדלק מנועי (בנזין) בבתי הזיקוק לנפט, כדי לקבל דרגת אוקטן גבוהה: חשיפה לאדים ולחדירה דרך העור של התרכובות האורגניות האלה, המהוות סיכון גבוה מאוד בעבודה עם עופרת (לכן גם קיים הצורך בלבישת ביגוד מיוחד המכסה את כל חלקי הגוף, ושימוש בצידוד מגן להגנת דרכי הנשימה!). הנטייה היום היא לייצר ולהשתמש בבנזין נטול עופרת.

ב. קבוצה שניה:

"מקומות עבודה ותהליכי עבודה שנמצא בהם (בבדיקות הסביבתיות-תעסוקתיות) ריכוז של עופרת באוויר העולה על מחצית החשיפה המירבית המשוקלת המותרת", כלומר - מעל לרמת-הפעולה (Action Level). בקבוצה זו נכללים כל שאר מקומות העבודה ותהליכי העבודה הפוטנציאליים, שבהם "עובדים בעופרת" (לפחות חודשיים בשנה, או 200 שעות בשנה - בהתאם לתיקון שיפורסם בעתיד).

"עופרת" מוגדרת בתקנות כדלקמן: "לרבות תרכובותיה האורגניות והאנאורגניות, וכן תערובות המכילות עופרת מתכתית או תרכובות אורגניות ואנאורגניות של עופרת, בכל צורה שהיא".

קבוצה זו כוללת בעיקר את תהליכי העבודה הבאים (בנוסף לתהליכים שמנינו בקבוצה הראשונה), בהתאם לצורת הופעת העופרת:

1. עופרת מתכתית (35% מכלל השימוש בעופרת):

- ייצור לוחות וצינורות מעופרת מתכתית (גמישות + עמידות לקורוזיה) - למפעלים כימיים ולבניין (לניקוז).
- ייצור תחמושת (כדורים) המכילה עופרת מתכתית - תעשייה צבאית וביטחונית + שימוש בתחמושת כזו במיטווחי ירי¹.
- ייצור וטיפול במעטה לכבלי טלפון - תעשיית הכבלים; התקנת מערכות טלפונים.
- מילוי בעופרת מתכתית - בתעשיית המכוניות.
- ייצור ושימוש בחוטי בדיל (60%) + עופרת (40%) להלחמות - תעשיית האלקטרוניקה + תעשיית קופסאות פח, ועוד.
- ייצור ציוד מגן (סינרים, כפפות) - להגנה בזמן חשיפה לקרינה מייננת (רנטגן, איזוטופים).

2. סגסוגות של עופרת (25% מכלל השימוש בעופרת):

- הוספת מתכות אחרות (כגון: אנטימון, ארסן, בדיל, ביסמוט) לעופרת, כדי לשפר את תכונותיה הכימיות והמכניות. כך לדוגמה, במרכזים אונקולוגיים של מספר בתי חולים בארץ מתיכים ויוצקים סגסוגת המכילה עופרת (26.7%), ביסמוט (50%), קדמיום (10%) ובדיל (13.3%), המשמשת להגנת אזורים בגוף החולה, מסביב למקום המיועד להקרנה.
- הוספת עופרת למתכות אחרות, כדי לקבל תכונות ואיפיונים רצויים אחרים על המתכת הטבעית, כגון: ייצור נחושת קלל + ברונזה; ייצור פלדה; תוספת לאבץ לצורך גיליון צינורות וכיו"ב.

1. בארץ קיימים עשרות מיטווחי ירי, לאימונים ולהנפקת רישיונות לנשק - במערכת הביטחון (צה"ל, משטרה ומוסדות ביטחוניים אחרים) וגם במיגור האזרחי. רוב כדורי הירי המשמשים במיטווחים מכילים עופרת מתכתית. החשיפה לעופרת מתכתית מתחילה עם המגע בקליע המכיל עופרת ובהמשך - חשיפה לחלקיקי עופרת זעירים (fumes) הנוצרים בחיכוך בין הקליע לקנה אשר נפלטים לחלל המיטווח כ"עננת עשן". עננת החלקיקים מרחפת בחלל המיטווח במקום שבו נמצאים היורים, מתפזרת ושוקעת בסביבת היורים ועל גבי מישטחים שונים במיטווח - דבר הגורם לחשיפה משמעותית לעופרת של כל הנוכחים במקום (ראו סקר ודף מידע בנושא בסוף הפרק).

3. תרכובות עופרת (35% מכלל השימוש בעופרת):

מדובר בעשרות רבות של תרכובות אנאורגניות ואורגניות של עופרת, המשמשות בתהליכי התעשייה השונים. נימנה כאן רק את החשובות והשכיחות מביניהן:

א. תרכובות אנאורגניות:

- עופרת חד-חמצנית - PbO (תעשיית מצברי עופרת + תעשיית הגומי);
- עופרת דו-חמצנית - PbO₂;
- עופרת ארבע-חמצנית - Pb₃O₄ (תעשיית מצברי עופרת + תעשיית הצבעים);
- עופרת ססקי-חמצנית - Pb₂O₃;
- קרבוונאט העופרת - סולפאט העופרת (תעשיית גומי ופולסטיקה);
- כרומאטים של העופרת (פיגמנטים בצבע כתום, צהוב, אדום);
- כלוריד העופרת;
- אזיד העופרת (תעשיית חומרי נפץ);
- סיליקאט העופרת;
- ארסנאט העופרת (ייצור חומרי הדברה).

ב. תרכובות אורגניות:

- טטרה-אתיל העופרת (לדלק);
- טטרה-מתיל העופרת (לדלק);
- אצטאט העופרת (תעשייה כימית);
- פתאלאט העופרת;
- סליצילאט העופרת;
- סטאראט העופרת;
- פאלמיטאט העופרת;
- אוליאט העופרת;
- נפטנאט העופרת (משמש כמייבש).

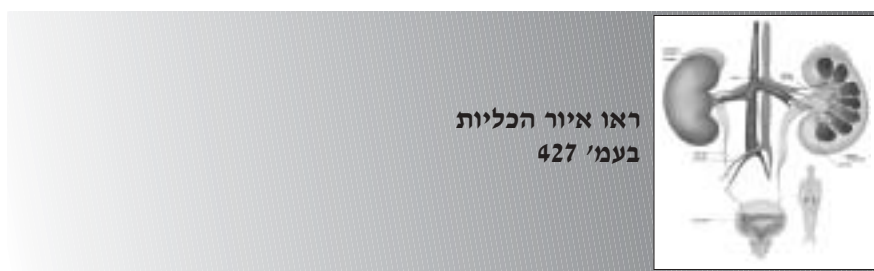
השימוש התעסוקתי בתרכובות העופרת הנ"ל, בנוסף לתהליכי העבודה שנימנו בקבוצה הראשונה, הם: תעשיית הקדרות (בתהליך ציפוי גלזורה); צביעת מתכת בצבעים על בסיס של עופרת (בייחוד צבעי מיניום); הסרת צבעים ממתכת שהיתה צבועה בצבע המכיל עופרת (על ידי גירוד, שריפה, ריתוך וחיתוך אוטוגני או חשמלי) - בנייה, הריסה של מבנים, תחזוקת אוניות וכיו"ב.

הנזק הבריאותי הנובע מחשיפה תעסוקתית לעופרת

העופרת היא רעל מצטבר, החודר לגוף באופן איטי, דרך דרכי הנשימה (הדרך השכיחה ביותר) ודרכי העיכול (גיהות אישית לקויה) - כשמדובר בעופרת אנאורגנית, וגם דרך העור - במקרה של עופרת אורגנית (כגון: טטרה-אתיל וטטרה-מתיל העופרת).

העופרת מצטברת בגוף האדם בתוך העצמות, כשהיא תופסת את מקומו של הסיידן (הקלציום) שבעצם; העופרת גם משתחררת מהעצמות - באופן טבעי, או בעזרת טיפול בדיסודיום ורסנאט בתהליך דומה לזה של שחרור הסיידן מהעצם.

העופרת מופרשת בצואה ובשתן (ואפשר למדוד בהם את ריכוזיה, החריגים או התקינים).



לפני שהעופרת מגיעה לכליות ולשתן היא עוברת במחזור הדם. הדם הוא המקום הטוב ביותר לניטור ביולוגי קפדני של ערכי העופרת, התקינים או החריגים. אם מספיקים להפסיק את המגע או החשיפה לריכוזים גבוהים מהמותר של העובד בעופרת, כאשר ריכוזי העופרת בדם גבוהים אך עדיין נמוכים מ-60 מיקרוגרם לכל 100 מיליליטר של דם (מ-BEI - סמן ביולוגי לחשיפה תעסוקתית) - קיים סיכוי סביר מאוד שהעובד לא יחלה ולא ייפגע מהרעלת עופרת. מכאן החשיבות שבעריכת בדיקות רפואיות תקופתיות, אחת ל-6 חודשים, כנדרש בתקנות - כדי ליישם את הרפואה המונעת הלכה למעשה.

הנזק למערכות הגוף מתחיל לתת את אותותיו רק כשכמות העופרת החודרת לגוף, בכל אחת מדרכי החדירה שזכרו, תהיה גדולה מכמות העופרת אשר יכולה להשתחרר מהגוף, בייחוד דרך הדם ← הכליות ← השתן.

הערכים הבאים של עופרת בדם ובשתן נחשבים כערכים גבוליים בישראל, ב-2007:

העובדים הנבדקים	עופרת בדם	עופרת בשתן	ZPP בדם	זלתא ALA בשתן
גברים ונשים בכל הגילים	$30\mu\text{g}/100\text{ml}$ *	$150\mu\text{g}/\text{G}$ Creatinine	$100\mu\text{g}/100\text{ml}$	$15\text{mg}/\text{L}$

* הערך יהיה $45\mu\text{g}/100\text{ml}$ לגברים העובדים בייצור וביחזור מצברים למשך 2 שנים מיום פרסום תקנות הניטור

הערה: בהתאם להחלטת ועדת הגיהות של אגף הפיקוח על העבודה (מ-2006.1.26) - רמת ה-BEI של עופרת בדם ל-"נשים בכל הגילים + גברים" תשונה בעתיד מ-60µg/100ml ל-30µg/100ml (בדומה לקיים היום לגבי נשים עד גיל 45).

הערכים הנבאים נחשבים כתקינים בדם ובשתן לגבי כלל האוכלוסייה (שאיננה

עובדת בעופרת אלא סופגת את העופרת מהסביבה - אוויר, מים, מזון):

■ **עופרת בדם: גברים:** עד - 13µg/100ml; **נשים:** עד - 11µg/100ml;

■ **ZPP בדם:** עד - 35µg/100ml;

■ **ALa בשתן:** עד - 5mg/G Creatinine.

חדירת העופרת לגוף והפרשתה ממנו

החדירה של העופרת האנאורגנית ותרכובותיה לגוף האדם היא בעיקר דרך דרכי הנשימה (אבק ונדפים של עופרת), **ומיעוטה - דרך דרכי העיכול** (ידיים מזהמות בעופרת והצטברות עופרת מתחת לציפורני הידיים ועל השיניים גורמות לכך שמגע ישיר עם האוכל מחדיר את העופרת גם לדרכי העיכול. מרבית העופרת הזאת מופרשת בצואה).

החדירה של העופרת לריאות היא העיקרית והמשמעותית ביותר מבחינה תעסוקתית. חלקיקי עופרת ותרכובותיה (אבק ונדפים) הקטנים מ-10 מיקרון נכנסים בקלות לאלבאולות של הריאות, וחודרים עם חילוף הגזים למחזור הדם הריאתי ומשם למחזור הדם הכללי. גם בחדירה אל דרכי הנשימה - היעדר גיהות אישית וביחוד **עישון במקומות העבודה ובזמן העבודה עם עופרת**, מגדילים את כמות העופרת הנשאפת לתוך הריאות, גם כאשר ריכוזי העופרת באוויר, בקירבת דרכי הנשימה של העובד, הם בתחום התקן המקובל.

הנוק הבריאותי מחלקיקי עופרת מרחפים קשור לגודלם. 10%-30% מהעופרת הנשאפת כוללים חלקיקים קטנים מ-10 מיקרון, אשר נשארים בתוך הריאות ומהן הם עוברים לדם. חלקיקים גדולים יותר (5%-10% מחלקיקי העופרת המרחפים) מגיעים לדרכי הנשימה העליונות, ומשם מועברים לאזור הנאזו-פארינקס ונבלעים בדרכי העיכול. האדים של עופרת טטרה-אתילית נספגים היטב דרך הריאות.

העופרת הנספגת בגוף מועברת על ידי הדם לאברים שונים. כ-95% מהעופרת **בדם נקשרת לכדוריות האדומות**. העופרת מגיעה לבסוף לרקמות הקשות (עצמות, שיער, ציפורניים, שיניים) ולרקמות הרכות (יִמּוּח העצם, מערכת העצבים, כליות, כבד). למעשה, **רעילות העופרת פוגעת בעיקר ברקמות הרכות**. העופרת המצויה ברקמות הקשות נשארת קשורה לרקמות האלה ומהווה מאגר עבור הרקמות הרכות, כשהן מתרוקנות מהעופרת שהן מכילות. מכאן ניתן להבין שקשה לקבוע מהי "מחצית-החיים" של העופרת, אך ידוע שכדי לרוקן את מחצית מיטען העופרת מהגוף יכולות לעבור מספר שנים.

הפרשת העופרת מהגוף נעשית דרך השתן (75%-80%) והצואה (כ-15%).
העופרת מופיעה בשתן במהירות, אפילו לאחר ספיגה בינונית של עופרת בגוף. למעשה, קיים שיווי משקל בין העופרת הנספגת בגוף לבין העופרת המופרשת מהגוף דרך השתן, הצואה, המרה, הזיעה, השיער והציפורניים.

ההפרשה דרך השתן נעשית בעזרת מערכת הסינון הגלומרולרית בכליות.

הסימנים הקליניים של הרעלת עופרת

א. הסימנים המוקדמים של הרעלת עופרת אינם ספציפיים, אך יש להם חשיבות כשהם משובצים במסגרת הכוללת של סימנים לחשיפת יתר לעופרת. הסימנים הם:

- עייפות; ליקוי בכושר הריכוז; חולשה כללית.
- חוסר תיאבון; הפרעות במערכת העיכול העליונה (בחילות, הקאות); טעם מתכתי.
- כאב ראש; כאבים בשרירים ובעצמות; נדודי שינה.
- עצירות או שלשולים לסירוגין.

ב. הסימנים הברורים של הרעלת עופרת מופיעים בשלב מאוחר יותר, אך הם אינם נראים כמעט בימינו:

- הקוליקה של עופרת (כאבי בטן עזים) - יכולה להטעות ולהוביל לביצוע ניתוח בטן מיותר (אבחנה מבדלת עם דלקת התוספתן);
- נירופאטיה היקפית - שיתוק הנגרם מעופרת ופוגע בעיקר בשרירים שבהם משתמשים יותר, ולכן הם יותר "עייפים" (שיתוק העצב הרדיאלי בגפיים העליונות הגורם ל"שורש כף יד נפולי");
- האנצפלופאטיה של עופרת - נדירה מאד היום;
- הפס האפור-כחול, על שם בורטון, על השיניים, בגבול עם החניכיים - עדיין יכול להימצא מזמן לזמן, כאשר ההקפדה על גיהות השיניים לקויה. קיומו של הפס הזה מעיד על חשיפת יתר לעופרת אך לא על מצב של הרעלה.

ג. הסימנים הקליניים של הרעלת עופרת אורגנית אצל מבוגרים, **שונים מאלה של הרעלת עופרת אנאורגנית.** הדגש בהרעלת עופרת אורגנית הוא הופעת סימנים פסיכיאטריים.

ד. אפשר לחלק את הסימנים של הרעלת עופרת אנאורגנית ואורגנית, לפי סדר שכיחות הופעתם, כדלקמן:

עופרת אנאורגנית	עופרת אורגנית
כאבי בטן	הפרעות בשינה
עצירות	בחילות
הקאות	אנורקסיה
כאבים מחוץ לאזור הבטן	הקאות
אסתניה	ורטיגו וכאב ראש
פאריסתיזיה	חולשה בשרירים
סימנים פסיכולוגיים	ירידה במשקל
שלשולים	שלשולים
	כאבי בטן
	היפראקסיטאביליות
	מאניה

הנזק הטוקסי של העופרת על מערכות הגוף

העופרת פועלת באופן טוקסי על מערכות הגוף הבאות: **הגסטרואינטסטינלית**, **ההמטופוייטית**, **מערכת העצבים (היקפית ומרכזית) והכליות**.

השפעת העופרת על המערכת הגסטרואינטסטינלית

התופעה השכיחה ביותר היא הקוליקה האינטסטינלית (התכווצויות חזקות של המעייים הדקים), המלווה בעצירות.

השפעת העופרת על המערכת ההמטופוייטית

האנמיה - נראית רק בהרעלת עופרת אנאורגנית, ומופיעה בשלב מאוחר של המחלה. אולם **ההפרעות לייצור הסינתזה של ה-HEM** יכולות להתגלות כבר מתחילת החשיפה לעופרת, ומוצאות את ביטוין ב:

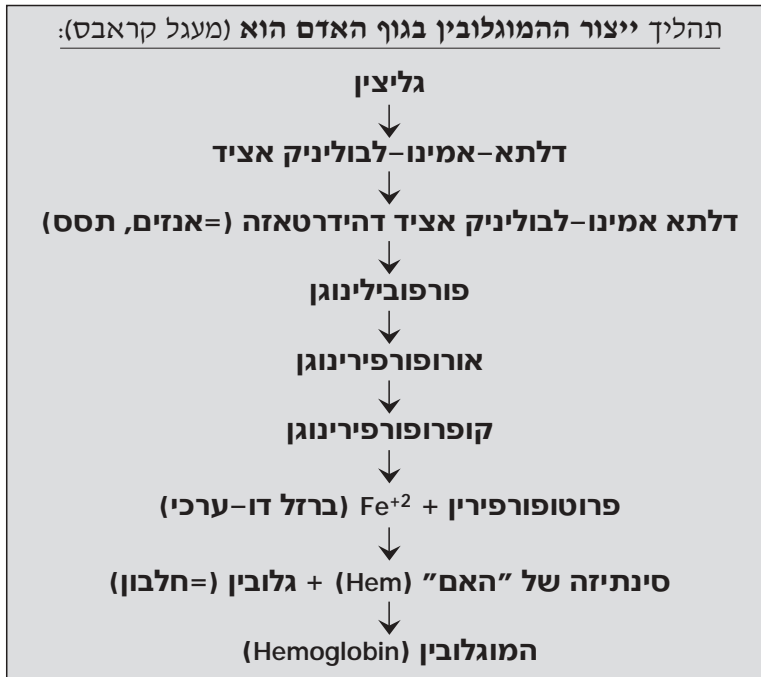
■ **ירידה בפעילות האנזים דלתא-אמינו-לבוליניק אציז דהידרטאזה בכדוריות האדומות;**

ולכן יש

■ **הפרשה מוגברת של דלתא-אמינו-לבוליניק אציז + קופרופורפירין בשתן.**

העופרת האנאורגנית גורמת להתכווצות מערכת כלי הדם היקפיים, **פוגעת בדם ובמערכת ההמטופוייטית** (לרבות במח העצם, היוצר את הדם ומרכיביו השונים). הסימנים ההמטופוייטיים של פגיעה בדם ובמרכיביו מופיעים מוקדם מאד, עוד לפני הופעת סימנים אחרים, ומכאן חשיבותם המכרעת בקביעת האבחנה.

הפגיעה הטוקסית של העופרת במערכת הדם מתבטאת בקיצור ימי חייהן של הכדוריות האדומות (זמן החיים הנורמלי שלהן הוא 120 יום), וגם בהפרעה לסינתזה של ההמוגלובין (המרכיב בכדורית האדומה האחראי להעברת החמצן מהריאות לרקמות הגוף).



דרכי פעולתה של העופרת על תהליך ייצור ההמוגלובין בגוף האדם:

1. מפחיתה את כושר פעולתו של התסס (האנזים) דלתא-אמינו-לבוליניק אצייד דהידרטאזה. לכן חלק גדול יותר של הדלתא-אמינו-לבוליניק אצייד, אשר חייב לייצר את הפורפובילינוגן כדי להמשיך ולייצר את ההמוגלובין, אינו משתנה והוא נשאר במחזור הדם ונפלט מהגוף דרך הכליות והשתן. לכן, ערכיו בדם ובשתן יהיו גבוהים מהערכים הנורמליים. בשתן: דלתא-אמינו-לבוליניק אצייד - מעל 15 מ"ג לליטר שתן.
2. מגדילה את כמות הפרוטופורפירין (PP) בכדוריות האדומות. לכן, הצינק פרוטופורפירין בדם (ZPP) יהיה גבוה, מעל 100 מיקרוגרם ל-100 מיליליטר של דם (100µg%), ויישאר ביחס ישיר לכמות העופרת בדם.
3. מגדילה את כמות הקופרופורפירין המופרש בשתן, מעל ל-500 מיקרוגרם לליטר של שתן.
4. ההפרעה של העופרת לייצור תקין של המוגלובין מפחיתה את ערכי ההמוגלובין בדם אל מתחת ל-11g% - דבר המוביל להתפתחות אנמיה היפוכרומית.

5. כתוצאה מהתפתחות האנמיה גדל מספר הרטיקולוציטים (כדוריות אדומות צעירות).

6. ההמוליזה (הרס) של הכדוריות האדומות, הנובעת מאי היכולת לסנתז את כל כמות ההמוגלובין הדרושה לגוף, משחררת את הברזל או לא עושה בו שימוש, ולכן רמת הברזל (Fe) בסרום גבוהה.

7. לבסוף אפשר למצוא בתמונת הדם מספר גדול של תאים בזופיליים מגורענים, המעיד על התהליך ההרסני והניווני של מערכת הדם.

בנוסף על פעולת מניעת הסינתיזה של ה-HEM, העופרת פועלת גם באופן ישיר על הפרמאביליות (החדירות) של מעטפת תאי הדם, אשר גורמת: להפרשת יתר של פוטאסיום, לקיצור חיי התא האדום ולשינויים במטאבוליזם של הברזל בדם ההיקפי ובמח העצמות.

בעבר ייחסו חשיבות מיוחדת להופעת תאי דם בזופיליים מגורענים בדם ההיקפי, כאינדיקטור לספיגת עופרת ולהרעלת עופרת. אולם, הופעת תאים אלה איננה ספציפית להרעלת עופרת והיא יכולה להימצא גם לאחר חשיפה לאנלין, לבנון ולפחמן חד-חמצני.

בהקשר לאמור לעיל יש לציין שבנוסף לחשיפת יתר לעופרת, המגבירה את ה-PP ואת ה-ZPP בדם - גם חוסר ברזל בדם יכול לגרום לכך! כמו כן יש לציין שרמה גבוהה של ZPP בדם מהווה אינדיקציה עקיפה לחשיפת יתר קודמות לעופרת.

השפעת העופרת על מערכת העצבים

הפגיעה המוחית שגורמת העופרת משתנה על פי גילו של הנפגע (הצעירים פגיעים יותר), עוצמת החשיפה לעופרת, וחשיפה נוספת לגורם אשר יכול לפגוע במוח (כגון: אלכוהול).

הפגיעה השכיחה ביותר היא האנצפאליטיס, אשר יכולה להיות מ-3 סוגים: אפילפטית, תרדמתית ודליריוזית. התופעות האלה יכולות להיות בלתי הפיכות, עם סיבוכים קבועים, בעקבות חשיפה מתמדת וממושכת לעופרת. הנזק הקבוע של אנצפאליטיס כרונית או סוב-קלינית, מופיע כהאטה בפעילות, הפרעות פסיכומטוריות, שינויים קלים באינטלקט ושינויים באישיות.

העופרת האורגנית גורמת לצורה מיוחדת של אנצפאליטיס (פסיכוזה טוקסית) מלווה בחוסר שינה או בחלומות מבעיתים, ובמקרים הקשים - בסיבוכים שונים (דליריום, מאניה, בלבול, סכיזופרניה).

השפעת העופרת על מערכת הכליות

במקרה של הרעלת עופרת חדה - יש פגיעה מסוימת בתיפקוד הכליות אבל אין נזק ודאי. מאוחר יותר הכליות מפרישות פחות עופרת ומתפתחת בהן דרגה בינונית של פיברויזיס אינטרסטיציאלית. לבסוף יכולה להופיע אי ספיקה כליתית, הנדירה אצל מבוגרים.

כאמור, 90% מהעופרת האנאורגנית הנספגת בגוף מאוחסנת בעצמות. זהו מקור אנדוגני להרעלת עופרת, בייחוד אצל נשים הרות, מניקות ונשים בתקופה שלאחר המנופאוזה (הבלות), שבה גדלה מידת בריחת הסידן מהעצמות. הפלסמה (ולא הדם) היא הכלי העיקרי להובלת העופרת בגוף ולהפרשתה ממנו, וזאת על אף העובדה שרק 0.2%-0.3% מהעופרת המצויה בדם הכללי, נמצאת בפלסמה.

העופרת היא מתכת רעילה, בעלת תכונות של רעילות גנטית ועם זאת - השפעתה על ה-DNA מועטה.

תקני חשיפה וניטור סביבתי-תעסוקתי

להלן **טבלה מסכמת של תקני החשיפה התעסוקתיים** בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983 (ק"ת 4556) מעודכנת ל-2007:

רמת-הפעולה ACTION- LEVEL	תקרת חשיפה מותרת TLV-C	חשיפה מירבית מותרת לזמן קצר TLV-STEL	חשיפה משוקללת מירבית מותרת ל-8 שעות TLV-TWA	סוג העופרת והאוכלוסייה העובדת החשופה
0.025 מ"ג/מ"ק			0.050 מ"ג/מ"ק	עופרת אנאורגנית גברים ונשים בכל הגילים
אסורה כל עבודה בחשיפה כלשהי לעופרת ולתרכובותיה				נערים (עד גיל 18)
0.025 מ"ג/מ"ק			0.050 מ"ג/מ"ק	עופרת אורגנית עופרת טרה-מתילית או עופרת טרה-אתילית

בהתאם לתקנות הנ"ל נקבע בסעיף 3(א): "במפעל או במקום עבודה שבו עובדים בעופרת, יערוך המעביד **בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות תקופתיות** של ריכוזי עופרת באוויר, סמוך לאזור הנשימה של העובדים, על ידי בודק מעבדתי מוסמך, העובד במעבדה מוסמכת ואשר הסמיכו מפקח העבודה הראשי, **בתכיפות של אחת ל-6 חודשים** לפחות, זולת אם יורה מפקח עבודה אזורי על תכיפות אחרת."

לאחר ביצוע הבדיקות הסביבתיות של ריכוזי עופרת באוויר, על ידי מעבדה מוסמכת - יש לשלוח מיד את התוצאות למפקח עבודה אזורי של אגף הפיקוח על העבודה, למעבדה הארצית לגיהות תעסוקתית של משרד התמי"ת ולשירות הרפואי המבצע את הבדיקות הרפואיות לעובדים. בנוסף, יש לפרסם אותן בתחנות העבודה השונות במפעל, כדי שיובאו לידיעת כל העובדים.

במקרה שתוצאות ריכוזי העופרת באוויר תהיינה גבוהות מתקני החשיפה שנקבעו בתקנות - העובדים יחויבו להשתמש במסכת מגן לפני, מצוידת במסנן המתאים לתרכובות העופרת שעומן הם באים במגע. השימוש במסיכות מגן לפני הוא זמני בלבד, מכיוון שבכל מקרה המעביד חייב לתקן את התנאים הסביבתיים במפעל ולהקטין את רמת העופרת באוויר אל מתחת לתקני החשיפה המותרים.

אם בפרק זמן מסוים, קצר, נמצאו ריכוזים גבוהים מהמותר של עופרת - החישוב הכולל ל-8 שעות חייב להיות נמוך מהחשיפה המשוקללת המירבית המותרת (TWA).

אמצעי גיהות אישיים וסביבתיים

אמצעי גיהות אישיים

מניסיונו הרב בתחום הגיהות התעסוקתית, הוכח במרוצת השנים, מעל לכל ספק, שגם כאשר ריכוזי העופרת באוויר במפעלים מסוימים נמצאו נמוכים מהרמות המירביות המותרות - אם העובדים לא הקפידו על יישום אמצעי הגיהות האישיים, הרעלת העופרת הופיעה במוקדם או במאוחר.

לכן נקבעו ההוראות הבאות בתקנות העופרת הנ"ל (ק"ת 4556):

"תקנה 7 - אמצעי גיהות אישיים

(א) לא יאכל עובד, לא ישתה ולא יעשן במקום שבו עובדים בעופרת, אלא בחדרים המיוחדים שהתקין לענין זה המעביד; (עישון ואכילה במקום שיש בו ריכוזי עופרת בעבודה מגבירים את חדירת העופרת לגוף)

(ב) עובד בעופרת יצחצח את שיניו במברשת שיניים וינקה את ידיו וצפורניו במברשת, בסבון ובמים, בגמר העבודה ולפני שהוא הולך לאכול או לשתות; (כדי למנוע את חדירת העופרת לגוף דרך דרכי העיכול)

(ג) בתום יום העבודה יסיר העובד בעופרת את בגדי העבודה וישאירם במלתחות המיועדות להם במפעל, וכן יתקלח לפני לבישת הבגדים הנקיים."

אמצעי גיהות סביבתיים

תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983 (ק"ת 4556) קבעו 8 הוראות חד-משמעיות שהמעביד חייב לנקוט כדי למנוע הרעלת עופרת מהעובדים:

"תקנה 4 - אמצעי גיהות סביבתיים

במפעל או במקום עבודה שבו עובדים בעופרת, על המעביד לנקוט אמצעי גיהות אלה:

(1) להתקין ולקיים אמצעי יניקה, ניקוז ופליטה, טובים ויעילים, או כל שיטה יעילה אחרת בכל מקומות העבודה, באופן שריכוז העופרת באוויר יהיה נמוך מהחשיפה המשוקללת המירבית המותרת, ובצורה שלא תזיק לבריאות העובד או לבריאות הציבור;

(2) להתקין ולקיים מינדפים טובים ויעילים, בעלי כוח יניקה מספיק, בזמן העבודה בשקילה או בבדיקה של אבקות או נוזלים המכילים עופרת, לרבות במעבדות;

(3) לדאוג לאיסוף וסילוק מיידי של פסולת המכילה עופרת, מתחנות העבודה באופן שלא תגרום למיטרד או נזק לבריאות העובד;

(4) לספק לכל עובד בעופרת מברשת שיניים ומשחת שיניים לצחצוח השיניים, וכן מברשת וסבון לניקוי הידיים והצפורניים; (במטרה למנוע חדירת העופרת לגוף דרך דרכי העיכול)

(5) לספק לכל עובד בעופרת בגדי עבודה מתאימים כולל נעליים וגרביים המיועדים אך ורק לעבודה;

(6) לדאוג לכביסה ולניקוי של בגדי העבודה במרוכז, במפעל או במקום אחר שהובא לידיעתו של מפקח עבודה אזורי; (כדי למנוע הרעלת עופרת גם מהאשה/הבעל ומהילדים כתוצאה מהבאת הבגדים המזוהמים הביתה)

(7) להתקין מלתחות כפולות לכל עובד, אחת לבגדי העבודה ואחת לבגדים הנקיים, וכן מקלחות עם מים חמים וסבון ומגבות אישיות במספר נאות; המלתחות והמקלחות ימוקמו קרוב ככל האפשר לאזור הכניסה למפעל;

(8) לקבוע חדרים מיוחדים לאכילה ולשתיה, לעישון ולמנוחת העובדים. (כדי למנוע חדירת העופרת לגוף דרך דרכי הנשימה (עישון) או דרכי העיכול (אכילה)).

בדיקות רפואיות תקופתיות לעובדים בעופרת

האבחנה של הרעלת עופרת תעסוקתית מבוססת בעיקר על האנמנזה התעסוקתית (עבודה בתהליכי עבודה שיש בהם חשיפה לעופרת ולתרכובותיה), על הניטור הסביבתי (בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות של ריכוזי העופרת באוויר לאורך כל יום העבודה בן 8 השעות), ועל הניטור הביולוגי (בדיקות רפואיות תקופתיות חוזרות). בדרך כלל, המימצאים המעבדתיים האובייקטיביים של בדיקות דם ושתן, המעידים על ספיגת יתר של עופרת בגוף, מקדימים את הסימנים הסובייקטיביים המאוחרים.

בתקנות הבטיחות בעבודה (בדיקות רפואיות של עובדים בעופרת), 1962, בתקנות שהחליפו אותן: תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983 ובתיקונים שנעשו בהן לאחר מכן, נקבע שיש לערוך בדיקות רפואיות לעובדים בעופרת לפני התחלת עבודתם, לאחר 3 חודשי עבודה - הבדיקה הראשונה, ובכל 6 חודשים - החל מהבדיקה השניה ואילך. הבדיקות הרפואיות תבוצענה על ידי "רופאים מורשים" מ"שירות רפואי מוסמך" (למעשה: קופות החולים: הכללית, מכבי והלאומית + מספר מצומצם של מרפאות נוספות שאושרו לכך).

להלן נוסח התקנות (ק"ת 4556) כלשונן:

"תקנה 8 - חובת בדיקות רפואיות

(א) לא יועבד אדם בעופרת, אלא אם כן עבר בדיקה רפואית ראשונית תוך חודש לפני תחילת העבודה, בידי רופא מורשה, שיקבע את התאמתו להתחיל לעבוד בעופרת.

(ב) לא יועבד עובד בעופרת, אלא אם כן עבר בדיקה רפואית חוזרת בידי רופא מורשה שיקבע את המשך התאמתו לעבוד בעופרת; בדיקה רפואית חוזרת ראשונה תבוצע 3 חדשים לאחר תחילת עבודתו בעופרת ולאחריה תבוצע בדיקה רפואית חוזרת מדי 6 חדשים.

(ג) עובד בעופרת שנעדר מעבודתו, בשל התערבות כירורגית או בשל מחלה ממושכת מעל לחודשיים, לא יועבד בעופרת, אלא אם כן עבר בדיקה רפואית נוספת בידי רופא מורשה שיקבע את התאמתו לעבוד בעופרת.

(ד) רופא מורשה ומפקח עבודה שהוא רופא, רשאים להורות על ביצוע בדיקות רפואיות כאמור, בתאריכים מוקדמים יותר מן האמור בתקנת משנה (ב) וכן להחיל את חובת ביצוע הבדיקות הרפואיות גם לגבי עובד שאינו עובד בעופרת בהגדרתו בתקנה 1.

(ה) לא הופיע עובד לבדיקות רפואיות חוזרות במועד שנקבע לו, ישלח השירות הרפואי המוסמך הודעה על כך למעביד עם העתק למפקח עבודה אזורי.

תקנה 9 - היקף הבדיקות הרפואיות

(א) בדיקה רפואית ראשונית, חוזרת או נוספת, תכלול לפחות:

(1) אנמנזה רפואית כללית ותעסוקתית;

(2) בדיקה קלינית כללית;

(3) תמונת דם כללית, לרבות רמת ההמוגלובין;

(4) בדיקת שתן כללית;

(5) רמת העופרת בדם;

(6) רמת Zinc Protoporphyrin (ZPP) או Erythrocyte Protoporphyrin (EP) בדם².

2. בהתאם להחלטת ועדת הגיהות של אגף הפיקוח על העבודה מינואר 2006, תועבר בעתיד בדיקת רמת ZPP-בדם מרשימת בדיקות החובה לרשימת בדיקות הרשות

(ב) אלה בדיקות רשות:

- (1) רמת העופרת בשתן;
- (2) רמת הקופרופורפירין (Coproporphyrin) בשתן;
- (3) רמת דלתא-אמינו-לבוליניק-אציד (Delta Amino Levulinic Acid) בשתן;
- (4) רמת הקראטינין (Creatinine) בדם;
- (5) תפקודי כבד במקרה של חשיפה לתרכובות עופרת אורגנית;
- (6) בדיקה לגילוי חוסר באנזים G6PD; (על מנת לגלות, מבעוד מועד, קבוצות אוכלוסיה (ים-תיכונית) הרגישות במיוחד לעופרת)
- (7) כל בדיקה קלינית או מעבדתית נוספת, לפי ראות עיניו של הרופא המורשה הבודק.

אי-התאמה להיות עובד בעופרת

(1) מיהו "עובד בעופרת" בהתאם לתקנות (תקנה 1):

א) הגדרת "עופרת"

"עופרת" - לרבות תרכובותיה האורגניות והאנאורגניות, וכן תערובות המכילות עופרת מתכתית או תרכובות אורגניות ואנאורגניות של עופרת, בכל צורה שהיא;

ב) הגדרת "עובד בעופרת"

"עובד בעופרת" - כל אדם החשוף לריכוז של עופרת באוויר העולה על מחצית החשיפה המשוקללת המרבית המותרת, או העובד בעופרת בעבודה או תהליך עבודה מהנקובים בתוספת, והוא עובד עבודה חלקית או מלאה, 2 חודשים בשנה לפחות, אלא אם כן קבע מפקח עבודה אזורי תקופה קצרה ממנה; (בעתיד תשונה התקופה ל-200 שעות בשנה)

התוספת הראשונה:

"מקומות עבודה ותהליכי עבודה שתקנות אלה חלות עליהם גם אם ריכוז העופרת באוויר נמוך ממחצית החשיפה המשוקללת המרבית (המותרת):³

- (1) ייצור, חידוש, תיקון ופירוק של מצברי עופרת;
- (2) התכה ויציקת עופרת;
- (3) הוספת עופרת לחומרים פלסטיים ולצבעים;
- (4) עבודה בטטרה-אתיל או טטרה-מתיל עופרת שריכוזן עולה על 1% (ביחידות משקל) מסה"כ התערובת."

3. בישיבת ועדת הגיהות של אגף הפיקוח על העבודה, מיום 26.1.2006, הוחלט להוסיף בעתיד לתוספת הראשונה גם "עבודה בחשיפה לעופרת במיטוחי ירי" ולגרוע ממנה "עבודה בהלחמת גלי" במסגרת "התכה ויציקת עופרת"

3) אי-התאמה לעבוד בעופרת (תקנה 13):

"יראו עובד כמי שאינו מתאים להיות עובד בעופרת אם נתקיים בו אחד

מאלה:

- (1) הוא סובל מהרעלת עופרת חדה או כרונית;
- (2) נמצאה אצלו רמה של 430^{μ} מיקרוגרם ויותר של עופרת לכל 100 מיליגראם של דם, או נמצאה אצל אישה, שטרם מלאו לה 45 שנה (בגיל הפוריות), רמה של 30 מיקרוגרם ויותר של עופרת לכל 100 מיליגראם של דם, שאושרו בבדיקה חוזרת תוך שבועיים, אפילו בהעדר כל ממצא קליני או מעבדתי אחר;
- (3) טרם מלאו לו 18 שנים;
- (4) נמצאה אצלו אי התאמה אחרת לדעת הרופא המורשה הבודק."

4) אי-התאמה והגבלה להתחיל לעבוד בעופרת

בנוסף לאמור בתקנה 13 לגבי אי-התאמה להיות עובד בעופרת, הכוללת נערים (עד גיל 18 שנים) - בגלל הרגישות המיוחדת הקיימת אצל נערים, ובמיוחד אצל נערות בגיל ההתפתחות וההתבגרות, והאפשרות שהנזק שייגרם לגופם יהיה גדול יותר - קיימות עוד 2 קבוצות המוגבלות בעבודה בעופרת:

א. נשים בגיל הפוריות (עד גיל 45). הגורם להגבלת נשים בגיל הפוריות לעבוד בעופרת הוא כפול:

- העופרת פוגעת בתהליך ייצור ההמוגלובין ועל ידי כך גורמת ל**אנמיה**. מכיוון שנשים בגיל הפוריות סובלות מאנמיה פיזיולוגית, עקב אובדן הדם במחזור החודשי, יש צורך להגביל את חשיפת הנשים לעופרת במשנה זהירות.
- העופרת מסוגלת לעבור דרך השלייה בזמן ההריון, ואף דרך החלב בזמן ההנקה. במקרה זה העובר הוא פגיע מאוד. ידוע על מספר גבוה יחסית של הפלות וגם על נזק בריאותי לעובר - במקרים שהאישה - האם - היתה חשופה לעופרת במסגרת עבודתה (לדוגמה: בתעשיית האלקטרוניקה).

ב. אוכלוסייה רגישה במיוחד לעופרת:

האוכלוסייה בעלת רגישות יתר לעופרת וגם הפגיעה יותר (נמצאת בצד הקיצוני הגבוה של "עקומת גאוס"), היא זו שקיים אצלה חוסר באנזים G6PD. מדובר בעיקר באוכלוסייה מסוימת באגן הים-התיכון ובמזרח התיכון (כגון: אנשים ממוצא כורדי או עיראקי). לכן, התקנות המליצו לבצע בדיקות לגילוי החוסר באנזים הזה במסגרת בדיקות הרשות.

4. ראו הערה לטבלה בעמוד 15

הטיפול בהרעלת עופרת

כאמור לעיל, נקבע בתקנות שכל עובד בעופרת, שבבדיקת הפיקוח הרפואית נמצאו אצלו בדם $30\mu\text{g}/100\text{ml}$ של עופרת ויותר, והמימצאים אושרו בבדיקה חוזרת תוך שבועיים, ייחשב כמי ש"אינו מתאים להיות עובד בעופרת". כלומר: גם מקרה של ספיגת-יתר של עופרת בגוף, עוד לפני התפתחות הרעלת עופרת אופיינית - מחייב הפסקת עבודתו של העובד בעופרת לתקופות של 1 חודש עד 3 חודשים במוצע, הכל בהתאם למימצאי הניטור הביולוגי.

העופרת, כאמור, היא רעל המצטבר בעצמות הגוף כשהוא תופס את מקומו של הסידן. לכן, לצורך שחרור מהיר של העופרת מרקמות העצם - נותנים לאנשים שנמצאה אצלם ספיגת יתר של עופרת חומר הנקרא "Chelating Agent", אשר פועל על העופרת המאוחסנת בעצם וגורם להפרשתה אל מערכת הדם ומשם לשתן (בתקופה שבה משפיע החומר - ריכוזי העופרת בדם ובשתן גבוהים במיוחד, באופן זמני). כיום משתמשים בעיקר ב-Disodium Versenate, או ב-CaEDTA (= Calcium Ethylene Diamine Tetra Acid) וב-BAL (דימרקרול) או סוקצימר.

"עופרת" בתחיקת העבודה הישראלית

"הרעלת עופרת" מוכרת כמחלת מקצוע:

א) בפקודת התאונות ומחלות מקצוע (הודעה) - 1945 (רשימה נוספת 1980 - ק"ת 4163) - לצורך הודעה למפקח עבודה אזורי.
ב) בתקנות הביטוח לאומי (ביטוח מפני פגיעה בעבודה (תיקון) - 1985 (ק"ת 4876) - לצורך מתן פיצוי לעובדים שנפגעו.
לבסוף, יש לציין ולהדגיש שוב שאשה בגיל הפוריות, (שטרם מלאו לה 45 שנים) ואשה מניקה, לא תהינה חשופות לריכוז של עופרת באוויר העולה על 0.050 מ"ג/מ"ק , בהתאם לתקנות עבודת נשים (עבודות אסורות, עבודות מוגבלות ועבודות מסוכנות), התשס"א-2001.

העופרת כגורם מסרטן

זמן רב היה מקובל שהעופרת איננה מהווה גורם מסרטן לבני אדם. אולם, לאור מחקרים שונים שנערכו בשנים האחרונות השתנתה הגישה.

מזה מספר שנים מסווג ה-ACGIH (איגוד הגיהותנים של ארה"ב) את העופרת בקבוצה A3: "גורם חשוד כמסרטן לבני אדם אך מוכח כמסרטן לבעלי חיים, ללא הוכחות אפידמיולוגיות מספיקות לגבי בני אדם". לעומתו ה-IARC (הארגון הבינלאומי לחקר הסרטן, ליון, צרפת) החליט ב-2003, לבצע הערכה מחודשת של הנושא, ע"י צוות של 20 מומחים מ-11 מדינות. מסקנות הצוות פורסמו במרץ 2004 והן:

■ עופרת מתכתית ותרכובות של עופרת אנאורגנית תסווגנה בקבוצה 2A, כלומר: קרוב לוודאי שהן מסרטנות לבני אדם;

■ עופרת אורגנית ותרכובותיה תסווגנה בקבוצה 3, כלומר: גורם מוכח כמסרטן לבעלי חיים, אך ללא הוכחות מספיקות לגבי בני אדם.

קבוצת החוקרים ביססה את מסקנותיה על תוצאות של 6 מחקרים אפידמיולוגיים-תעסוקתיים שונים שנערכו בקרב עובדים החשופים לריכוזים גבוהים של עופרת מתכתית ולתרכובות אנאורגניות שלה - אצל עובדי מצברים בארה"ב ובאנגליה ועובדי התכת עופרת באיטליה, שבדיה ובארה"ב (2 מחקרים). המחקרים התייחסו למקרי הסרטן הבאים:

א. סרטן הריאות: ב-6 המחקרים נמצא שמספר החולים בסרטן הריאות בקרב עובדי התכת עופרת הוא כפול ממספרם בקבוצת הביקורת.

ב. סרטן הקיבה: ב-5 מתוך 6 המחקרים נמצא מספר גדול יותר (ב-30%-50%) של מקרי סרטן הקיבה בקרב עובדים החשופים לעופרת ולתרכובותיה, לעומת חברי קבוצת הביקורת.

ג. סרטן הכליות: ב-5 מתוך 6 המחקרים נמצאו מקרי סרטן הכליות בקרב עובדים החשופים לעופרת ולתרכובותיה, לעומת חברי קבוצת הביקורת. באחד מהמחקרים אפילו נמצא מספר כפול של חולי סרטן הכליות לעומת חברי קבוצת הביקורת.

ד. סרטן המוח: ב-4 מתוך 6 המחקרים נמצאו גידולים במוח ובמערכת העצבים. כמו כן, באחד מהמחקרים נמצאה הקבלה בין ריכוזי עופרת גבוהים בדם לבין הסיכוי לפתח גליומה במוח.

מכל המחקרים שנערכו עולה ש:

■ קיימת הוכחה מוגבלת לכך שעופרת מתכתית ותרכובות אנאורגניות שלה הן מסרטנות לבני האדם;

■ קיימת הוכחה לא מספקת לכך שהעופרת האורגנית היא, אכן, מסרטנת לבני אדם.

העופרת ובריאות הציבור

העופרת היא מתכת נפוצה שהשתמשו בה כבר בימי קדם. הנזקים הנובעים מחשיפה לעופרת היו מוכרים לרופאי יוון העתיקה, אשר תיארו פגיעה בשרירים וכאבי-בטן בקרב עבדים שהועסקו בכריית עופרת ובעיבודה. צורת החשיפה לעופרת השתנתה לאורך ההיסטוריה בהתאם להתפתחויות הטכנולוגיות.

באימפריה הרומית נעשה שימוש נרחב במלחי עופרת להשבחת יין, עד שהנוהג זוהה כמסוכן והוא נאסר על-פי החוק. למרות זאת המשיכו בנוהג הפסול של השבחת יין על-ידי תוספת מלחי עופרת עד למאה ה-18. אולם, זיהום של משקאות אלכוהוליים בעופרת אירע לעתים קרובות גם ללא כוונה מראש. כך לדוגמה, צינורות עופרת לזיקוק רום גרמו למגיפה של כאבי-בטן במדינת מסצ'וסטס והשימוש בצינורות כאלה נאסר שם עפ"י חוק שנחקק בשנת 1723. אירוע ידוע יותר הוא מגיפת כאבי בטן אשר כונתה "Devonshire colic" שפרצה במחוז דוונשייר שבאנגליה, ופגעה בצרכני יין תפוחי-העץ (סיידר). המגיפה הזאת נחקרה בשנים 1767-1778 ע"י Sir George Baker בשיטות אפידמיולוגיות אשר יכולות להיחשב כמודרניות. הן איפשרו להוכיח כי המגיפה נגרמה מציפוי העופרת במכבשי התפוחים ומאחסון היין בכלים שהיו מצופים בגלזורה עם תכולת עופרת גבוהה.

כל המתכות, כולל העופרת, מסיסות בסביבה חומצית. ולכן - מי-שתייה חומציים, מזון מוחמץ או יין, המאוחסנים לתקופה ממושכת בכלים המכילים עופרת (כגון כלים מ-Pewter - מסג של בדיל ועופרת), כלים מצופים בגלזורה או כלים מזכוכית קריסטל (כולם בעלי תכולת עופרת גבוהה מאוד), גורמים להתמוססות העופרת ולהרעלתם של מי שצורכים את המצרכים האלה.

המהפכה התעשייתית גרמה לזיהום סביבתי בעופרת במימדים עצומים. הזיהום הזה פגע בשכבות החברתיות החלשות - הן בגלל חשיפת-יתר במסגרת העבודה והן בגלל תנאי מגורים קשים.

עבודות הקשורות בסיכון גבוה היו: עיסוק בכריית עופרת ובתעשיית המתכות, בעבודת דפוס (בתקופה שבה מלאכת ההדפסה נעשתה בסידור ידני של אותיות עופרת) ובתעשיית הפלסטק. בימינו הסיכון התעסוקתי הגבוהה לחשיפה לעופרת הוא, בעיקר, בתעשיית מצברי המכוניות.

חמור מכך הוא הזיהום הסביבתי הגלובאלי. הנוהג להוסיף עופרת לדלק מכוניות החל בשנת 1925. כמות העופרת המשתחררת לאטמוספירה משריפת דלק מועשר בעופרת הגיעה לכ-200,000 טונות בשנה. לכך יש להוסיף את זיהום האטמוספירה ממקורות תעשייתיים אחרים. כתוצאה מפליטת המזהם לאטמוספירה הגיעה תכולת העופרת באוויר בערים הגדולות (כגון ניו-יורק) לריכוזים הגבוהים פי 1,000 מזו שבאזורים מרוחקים ומוגנים יחסית. הוצאת העופרת מתעשיית הדלק בשנים האחרונות הביאה לצמצום משמעותי בזיהום האטמוספירה.

מקור מודרני אחר לזיהום סביבתי חמור היא העופרת הכלולה בחומרי צביעה המיועדים לציפוי בתים. בתי מגורים רבים בצפון-אמריקה, באוסטרליה ובמדינות אירופה הצפונית, בנויים מעץ המוגן מבחוף בשיכבת צבע. עד למלחמת העולם השנייה - צבע הציפוי של בתי העץ היה עשוי מתערובת שהכילה עד 50% עופרת. כאשר הצבע הישן התקלף הוא יצר מקור לריכוזי עופרת גבוהים ומסוכנים בסמוך לבתים, והפך למקור נפוץ של הרעלת עופרת בשכונות עוני - שבהן הבתים ישנים ומוזנחים. שכונות כאלה היו, בד"כ, קרובות לעורקי התחבורה הראשיים. ניתן להבין כי הנפגעים העיקריים בהרעלות העופרת בערים הגדולות של המערב היו הילדים שהתגוררו בשכונות הדלות.

הפגיעה במוח אשר נגרמת מהרעלת עופרת קשה יותר בילדים מאשר במבוגרים, מכיוון שהיא פוגעת במערכת העצבים בתקופה קריטית בחיים, וגורמת לנזקים בלתי הפיכים בהתפתחות האינטלקטואלית.

בישראל פורסם מאמר מסכם בנושא "**הרעלת עופרת מקמח ביתי**" ('הרפואה', יולי 2005) להלן תקציר המאמר:

הרעלת עופרת מקמח ביתי (תקציר)

בתחילת שנות ה-80 הגיעה, לשירות ההמטולוגי של המרכז הרפואי 'שערי צדק' בירושלים, צעירה ערבייה בת 19, מנפת שכם, עם סימנים של הרעלת עופרת קשה. היא התלוננה על חולשה שהלכה וגברה והגיעה עד לשיתוק כמעט מלא של הידיים. היא סבלה גם מכאבי בטן עוויתיים.

הנערה היתה חיוורת מאד ולקתה באנמיה קשה עם רמת המוגלובין של 5.9 מ"ג/100 מ"ל. במישטח דם נראה חוסר המוגלובין בכדוריות האדומות בצורת היפוכרומיה ומיקרוציטוזיס, ובחלק מכדוריות אלה נראה ניקור בזופילי (Basophilic Stippling) - מימצא שעורר מיד חשד **להרעלת עופרת**, אשר אושש בבדיקות דם ושתן. החולה לא עבדה ולא שהתה מחוץ לביתה.

בחקירה אפידמיולוגית נרחבת התגלו עוד **11 מבני משפחה**, שגילם נע בין שבועיים עד 50 שנה, עם עדות מעבדתית ברורה **להרעלת עופרת** בדרגות חומרה שונות. רמת העופרת בדמם נעה בין 56 ל-117 מיקרוגרם/100 מ"ל, כאשר ערכים מעל ל-30 נחשבים למסכני חיים.

בהמשך החקירה האפידמיולוגית התגלו עשרות רבות של חולים נוספים. בסקר האוכלוסייה הכפרית הודגמו רמות מוגברות של עופרת בדם ב-30% מילדי בתי הספר.

מקור ההרעלה היה זיהום עופרת בקמח מתוצרת בית, כתוצאה משימוש ביציקות עופרת המחברות בין אבן הריחיים לציר ההנעה, בטחנות הקמח הכפריות. מתוך 146 טחנות קמח כפריות שנסקרו באזור יהודה ושומרון, נמצאו ב-8% מהטחנות רמות שמעל 1.5 חלקים למיליון של עופרת בקמח.

בנוסף לאזור שכם, דווח על התפרצויות זהות בכפר מרר שבגליל וגם בנפת חברון.

בעקבות התגלית בארץ דווח על בעיה זהה של **הרעלת עופרת מקמח** גם באוכלוסיות הכפריות בספרד, תורכיה, יוון ואלבניה. ננקטו צעדים מינהליים לתיקון המצב, אך הבעיה עדיין לא נעלמה.

הרעלת עופרת מקמח ביתי היא כנראה בעיה עתיקת יומין - שהרי טחנות קמח ובהן חלקי עופרת קיימות בישראל מאז ימי הכיבוש הרומי.

חשיפה לעופרת במיטווחי ירי בארץ⁵

תמצית סקר ארצי שביצעה המעבדה הארצית לגיהות תעסוקתית (יוני 2005)

פעילות ירי מהווה מקור חשיפה לעופרת, הנמצאת בפיקה ובקליע של כדורי הירי. מדריכי הירי במיטווחים חשופים חשיפה מתמשכת למתכת הרעילה, המסווגת כ"קרוב לודאי מסרטנת". דיווחים על רמה גבוהה של עופרת בדמם של מדריכי ירי התקבלו מפעם לפעם באגף הפיקוח של משרד התמי"ת (לשעבר משרד העבודה והרווחה). בתחילת שנות ה-90 חלה עלייה בפעילותם של מיטווחי הירי, בעקבות החלטות מינהליות של משרד הפנים, הנוגעות לדרישות שיש למלא לצורך חידוש רישיונות לנשיאת נשק. במחצית השנייה של שנות ה-90 הצטמצמה הפעילות בתחום זה בכ-30% - עקב ירידה במספר רישיונות הנשק. חלק מהמיטווחים נסגרו או צמצמו את היקף פעילותם. בתחילת שנת 2000, חלה שוב עלייה בפעילות בתחום ותוצאות של בדיקות סביבתיות ובדיקות רפואיות שהגיעו לאגף הפיקוח הצביעו שוב על עלייה בחשיפה תעסוקתית לעופרת בקרב מדריכי הירי.

עובדה זו, ושינוי סיווג העופרת בשנת 2004 ל"קרוב לודאי מסרטנת" הביאה את הנהלת אגף הפיקוח על העבודה לבדוק באופן רחב יותר, באמצעות סקר ארצי, את רמת החשיפה לעופרת במיטווחי ירי, ולהגביר את הפיקוח בתחום זה, עם דגש על פעולות למניעת החשיפה ולצמצומה.

סוגי הקליעים בכדורים הנמצאים בשימוש במיטווחים הם: קליע מצופה בנחושת אשר בסיסו איננו מצופה, קליע מצופה חלקית וקליע שאיננו מצופה כלל. החשיפה לעופרת קטנה יותר ככל שציפוי הקליע שלם יותר.

האיוורור במיטווחים הוא בדי"כ מערכת של איוורור מוהל.

בזמן הירי נוצרות טמפרטורות גבוהות (מעל 1000°C). העופרת נפלטת כנדפים אשר יכולים להגיע לדרכי הנשימה של היורים ושל מדריכי הירי. חלקיקים כבדים של העופרת שוקעים על מישטחי המיטווח - ליד המטרות, על שולחנות ירי, על הרצפה, ליד הקלטי"זים (קולטי נתזים) ועל הקירות. מגע עם המישטחים הללו גורם להיצמדות העופרת לעור גלוי, לבגדים ולנעליים, אשר הופכים למקור זיהום מישני. חדירת עופרת לדרכי העיכול עלולה להיגרם בעת אכילה, שתייה או עישון במקום כאשר לא מקפידים, על שטיפת ידיים יסודית ועל החלפת בגדים. העופרת הנצמדת לבגדים ולנעליים עלולה להגיע עם היורה אל ביתו ולסכן גם את משפחתו.

העופרת חודרת לגוף האדם בעיקר דרך דרכי הנשימה (אבק ונדפים של עופרת) ודרך מערכת העיכול. אלה הן הדרכים השכיחות לחדירה בתעסוקה. העופרת נאגרת בעיקר בעצמות ופינויה מהגוף אורך זמן רב מאוד. זאת הסיבה לכך שהשפעותיה על הבריאות עלולות להופיע גם לאחר הפסקת החשיפה.

5. דוח הסקר נכתב ע"י ורדה אדוארדס, מרסל לייזר, רימה כהן, שמואל מזרחי וזויה ספיטקובסקי מאגף הפיקוח על העבודה במשרד התמי"ת וד"ר אשר פרזו ממרכז המידע של המוסד לבטיחות ולגיהות, בהשתתפות רון וייזינגר, מנהל מחלקת הגיהות במוסד לבטיחות ולגיהות

לעופרת יש השפעות מערכתיות שליליות על מערכות הרבייה, הדם, הכליות והעצבים, על התפתחות העובר ועל ההתפתחות הפסיכו-מוטורית של ילודים בשנותיהם הראשונות.

הבקרה על החשיפה התעסוקתית לעופרת מעוגנת מזה שנים בתקנות. משרד העבודה והרווחה פרסם בשנת 1962 את "תקנות הבטיחות בעבודה (בדיקות רפואיות לעובדים בעופרת)" אשר הוחלפו ב-1983 ב-"תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת)". התקנות כוללות דרישות המחייבות עריכת בדיקות תקופתיות-רפואיות וסביבתיות-תעסוקתיות, וכן הוראות בנושאי גיהות המיועדות למנוע הרעלת עופרת בקרב העובדים.

בסקר נבדקו מדריכי הירי מהמיגזר האזרחי. נשלח שאלון ל-102 מיטווחים. בשאלון התבקש מידע על סוג המיטווח, מספר מדריכי הירי, תדירות פעילותם של המדריכים ומשך הפעילות היומיומית, אמצעי בקרה הנדסיים ואישיים במיטווח, בקרת גיהות אישית וכללית, ביצוע בדיקות סביבתיות ובדיקות רפואיות למדריכי הירי.

התקבלו תשובות מ-58 מיטווחים.

עורכי הסקר בחרו את המיטווחים והמדריכים לצורך ביצוע ניטור סביבתי-תעסוקתי בגישת "המקרה הגרוע ביותר". כלומר: אותם מיטווחים שבהם צפויה החשיפה הגבוהה ביותר, עקב היקף הפעילות ותנאיה. בהתאם לכך נכללו בסקר הניטור 40 מיטווחים - סגורים ופתוחים - ומעבדות בליסטיות, שבכולם התקיימה פעילות ירי של יותר מ-200 שעות בשנה. במקומות שנבחרו הועסקו, בסך הכל, 120 גברים ו-3 נשים.

בתהליך הניטור נקלטה העופרת על ממברנת סינון, העשויה מתערובת אסטרים צלולוזיים (קוטר 37 מ"מ, גודל נקבים $0.8\mu\text{m}$). אנליזת העופרת נערכה בשיטת הספקטרופוטומטריה של בליעה אטומית.

מימצאים ונתונים מהסקר

- החשיפה הממוצעת במיטווחים הסגורים ובמעבדות הבליסטיות נמצאה גבוהה מה"רמה המרבית המשוקללת המותרת" לחשיפה במשך יום עבודה; במיטווחים הפתוחים החשיפה שנמצאה היתה נמוכה ממנה.
- רמות עופרת באוויר, גבוהות מ"רמת הפעולה" נמדדו בדגימות שטח ב-37.5% מהמיטווחים שנטרו; רמות גבוהות מהרמה המרבית המשוקללת נמצאו ב-29% מהמיטווחים שנטרו.
- הרמה המשוקללת של עופרת באוויר היתה גבוהה מ"רמת הפעולה" ב-60% מכלל הדגימות (דגימות שטח ודגימות אישיות) וגבוהה מה"רמה המרבית המשוקללת המותרת" לחשיפה ב-30% מכלל הדגימות.

■ אחוז החריגה מ"רמת הפעולה" ומ"הרמה המרבית המשוקללת" היה גבוה בדגימות השטח (ב-46% וב-31%, בהתאמה) לעומת החריגה בדגימות האיטיות (37.5%-ו-29%, בהתאמה). על פי תוצאות הבדיקות - שכיחות החריגות מה"חשיפה המרבית המשוקללת המותרת" במיטוחים סגורים היתה גדולה משכיחותה בשאר סוגי המיטוחים. החריגות נמצאו בקרב הגברים שבין מדריכי הירי.

■ במעבדות בליסטיות נחשפת לעופרת קבוצת עובדים שאינם מדריכי ירי. החשיפה הממוצעת באזור הנשימה של העובדים במעבדות הנ"ל היתה גבוהה מהחשיפה הממוצעת באזור הירי (הפוך מהמצב לגבי מדריכי ירי במיטוחים הסגורים והפתוחים).

על פי הדיווח בשאלונים - תדירות הניטורים החוזרים במיטוחים היתה נמוכה מאד ביחס לנדרש. לעומת זאת, בדיקות רפואיות למדריכי ירי נערכו בתדירות גבוהה יותר, אך לא בכל המיטוחים. הסקר הראה שחלק מהעובדים וגם חלק מאוכלוסיית המתאמנים במיטוחים אינם מודעים לקיומן של התקנות החלות עליהם בנושא הגיהות התעסוקתית בעופרת.

קיימות מספר דרכים אפשריות להקטנת החשיפה לעופרת במיטוחים ולמניעת היפגעות עובדים, ובהן: הפסקת השימוש בתחמושת המכילה עופרת; התקנת מערכת איורור יעילה; ניקוי המיטוח והנשק באמצעות שואב אבק ייעודי לאבק רעיל ונפיץ, או שטיפה עם דטרגנט מתאים; הדרכת עובדים בנוגע לסיכונים בעבודה עם עופרת והבקרה עליהם; שימוש בציד מן אישי ובלבוש מגן; איסור אכילה, שתייה ועישון בשטח המיטוח והקפדה על היגיינה אישית; ביצוע ניטור סביבתי-תעסוקתי וביצוע בדיקות רפואיות-תעסוקתיות תקופתיות, לרבות קביעת רמת העופרת בדם.

בעקבות מימצאי הסקר ניתנו המלצות, בהיבטי הארגון והרישוי, ובהיבטים מקצועיים ומניעתיים:

■ לערב את אגף הפיקוח על העבודה שבמשרד התמי"ת במתן רישוי עסקים למיטוחים ובחידוש רישיונותיהם;

■ ליזום מסמך בנוגע לכללי עבודה נכונים, שבו ייקבעו הדרישות בנושאי הבטיחות והבריאות במיטוחי ירי;

■ העברת תוצאות הסקר אל המשרד לאיכות הסביבה, לצורך בחינה מיוחדת של מיקום מיטוחים המצויים באזורים המאוכלסים בקהל רב, כגון בקניונים;

■ המלצה לאסור את השימוש בכדורים שהפיקה והקליע שלהם אינם מצופים;

■ מעקב גם אחרי מדריכי ירי המועסקים ע"י חברות כוח אדם;

■ הקפדה על הגנת מדריכות הירי, בהתאם לדרישות התקנות לעבודת נשים;

■ הפצת דף מידע בעניין סיכוני העופרת במיטוחים ע"י המוסד לבטיחות ולגיהות, בקרב עובדים, מנהלי מיטוחים והגופים המעסיקים (מובא להלן);

■ הפצת מסקנות הסקר בציבור הרחב.

דף מידע בנושא סיכוני עופרת במיטווחים⁶

כדורי התחמושת המשמשים לירי במיטווחים מכילים עופרת, שהיא מתכת כבדה ורעילה מאוד. אם לא נוקטים באמצעים המתאימים למניעת הסיכונים - השימוש בכדורי הירי במיטווחים עלול להוביל לפגיעה בבריאות לכל השוהים במיטווח ומסתבר שגם לבני משפחותיהם.

בארץ פועלים כמה עשרות מיטווחים, המשמשים למטרות שונות: לאימונים בשימוש בנשק, לאימונים ורענון לצורך הנפקה וחידוש של רישיונות נשק ולתחרויות קליעה. חלק מהמיטווחים הם פרטיים וחלקם שייכים למנגנון הביטחון - צה"ל, משטרת ישראל וארגונים אחרים.

השפעת העופרת על הגוף

העופרת, מתכת כבדה ורעילה, חודרת לגוף בעיקר דרך מערכת הנשימה. קיימות גם אפשרות לחדירה משמעותית של עופרת דרך מערכת העיכול. לאחר שהמתכת חדרה לגוף היא מצטברת ברקמות הרכות והקשות (ציפורניים, שיניים, שיער) ונאגרת בעיקר בעצמות, כשהיא דוחקת מהן את הסיידן ותופסת את מקומו.

העופרת עלולה לפגוע במערכות שונות של הגוף: מערכת הדם, מערכת העיכול, מערכת העצבים ההיקפית (עצבי ידיים ורגליים), מערכת העצבים המרכזית (במוח), בכליות ובמערכת הרבייה.

חשיפה של אישה הרה לעופרת, עלולה לגרום לקיצור משך ההריון, להפלות של עוברים ופוגעת בהתפתחותו המנטלית של היילוד.

הארגון הבין לאומי לחקר הסרטן (IARC) סיווג (בשנת 2004) את העופרת ותרכובותיה האנאורגניות בקבוצה 2A - סיווג שניתן לחומרים אשר הם קרוב לוודאי מסרטנים לאדם.

הפגיעה בבריאות נבדקת על פי רמת העופרת בדם. הנוכחות בדם יכולה להיות זמנית, אך לעיתים גם קבועה ובלתי הפיכה.

חשיפה לעופרת במיטווחים

החשיפה לעופרת במיטווחים מתחילה כבר במגע עם הקליע המכיל עופרת ובלחיצה על ההדק. המעבר המהיר של הקליע בקנה יוצר טמפרטורות גבוהות ולחצים גבוהים וגורם לשחרור גזים, המכילים, בין השאר, גם חלקיקי עופרת זעירים (fumes) - אשר משתחררים מהפיקה ומהקליע. דרכם של החלקיקים הללו אל מערכת הנשימה קצרה, וזהו מקור החשיפה הראשון.

6. דף המידע נכתב ע"י רון וייזינגר, מנהל מחלקת הגיהות במוסד לבטיחות ולגיהות, בעריכה מקצועית של מאיר גוטסמן ממרכז המידע של המוסד לבטיחות ולגיהות, עם הערות של אבי מור, מדריך ירי

החלקיקים המרחפים בחלל המיטווה שוקעים על המישטחים השונים המצויים במיטווה. המישטחים המזוהמים בעופרת מהווים מקור חשיפה משמעותי נוסף: העופרת חודרת לגוף דרך העור ומערכת העיכול בעקבות מגע במישטחים, כאשר לא נשמרת היגיינה אישית מספקת.

שיטות ניקוי לא נכונות של המיטווה (טאטוא, הברשה וכדומה) מעלות את חלקיקי העופרת ששקעו והם שבים לרחף באוויר.

מי שנחשף למתכת הרעילה הם האנשים העוסקים בירי וכל מי ששוהה בסביבתם. הסיכון גדל ככל שהשהייה במיטווה ממושכת יותר. מכאן שצוות עובדי המיטווה: מאמנים, מדריכים ומפקחי ירי נמצאים בסיכון גבוה. מכיוון שהחשיפה לעופרת מתרחשת גם במגע עם מישטחים במיטווה, נחשפים לסיכון גם כל מי שעוסקים בניקיון ובתחזוקה של המקום.

בנוסף, כל מי שאוכל, שותה או מעשן באתר המיטווה ולאחר ירי - מסתכן בבליעה של חלקיקי עופרת שנצמדו לידיו במגע עם המישטחים או בבליעת מזון ושתיה שזוהמו.

העופרת גם נצמדת לבגדים, לשיער הראש ולזיפי הזקן, וכך היא מועברת מהמיטווה לבתי המגורים. זוהי חשיפה מישנית, שבה עלולים להיחשף לחומר המסוכן בני הבית כולל הילדים.

דרכים למניעת פגיעה בבריאות

החלפת סוג התחמושת

הפיתרון היעיל ביותר והמועדף למניעת חשיפה לעופרת במיטווחים הוא הפסקת השימוש בתחמושת המכילה עופרת. בשנים האחרונות פותחו קליעים עם תכונות בליסטיות טובות שאין בהם עופרת, ותרמילים ללא עופרת בפיקה. מחירה של התחמושת הזאת עדיין גבוה יותר מזו של התחמושת הסטנדרטית, אך לטווח הארוך - השימוש בה כדאי מבחינה כלכלית הודות לחיסכון גדול בהשקעות שונות, כגון: התקנת מערכת איורור מתאימה, בניית מלתחות נפרדות ופעולות ניקיון תכופות.

עם זה, יש לזכור כי כאשר בוחרים תחליף לחומר מסוכן - חייבים תמיד לוודא שהתחליף עצמו לא יוצר סיכונים אחרים לבטיחות ולבריאות.

מבין סוגי התחמושת המכילה עופרת - עדיף להשתמש בכדורים בעלי עטיפה שלמה (Total Metal jacket - TMJ) שבהם החשיפה לעופרת קטנה יותר, או בכדורים עם עטיפה "מלאה" (Full Metal Jacket - FMJ), שבסיסם גלוי. השימוש בהם עדיף על תחמושת עטופה חלקית.

✓ יש לאסור שימוש בכדורים שאין עליהם שום ציפוי.

התקנת מערכת איוורור מתאימה

איוורור יעיל יכול להקטין בצורה משמעותית את רמות העופרת באוויר ובסביבה. זרימת אוויר עלולה לערבל את האוויר בקירבת פני היורה ולגרום לעננת העשן לחזור לכיוונו כאשר נפסק הירי. הכיוון האידיאלי של זרימת האוויר ממערכות האיוורור במיטווחים הוא אופקי, בעוצמה שתוכל להרחיק את גזי הפליטה ואת חלקיקי העופרת הנפלטים מכלי הנשק, הרחק מפניו של היורה - אל מערכת יניקה המותקנת באזור המטרות. מהירות זרימת האוויר בעמדות הירי צריכה להיות 15-22 מטרים לדקה).

✓ חשוב לתחזק את מערכת האיוורור באופן תקופתי.

ניקיון המיטווח והנשק

יש לשמור את מישטחי העבודה (רצפה, קירות, תיקרות) נקיים מעופרת - ע"י ניקוי שוטף של המיטווח. עדיף לבצע את פעולות הניקוי באמצעות שואב אבק ייעודי לאבק רעיל, הכולל מסנן מסוג 'HEPA'. ניתן לבצע את הניקוי גם בשטיפה עם דטרגנט מתאים.

לעולם אין לנקות את מיתקני המיטווחים באמצעות מטאטא או מברשת. פעולות הטאטוא וההברשה מפזרות מחדש את המישקעים מעל המישטחים, מעלות לאוויר אבק המכיל עופרת ובכך מגדילות באופן משמעותי את רמות העופרת באוויר.

בחומרי הבידוד האקוסטיים המותקנים במיטווחים סגורים נקלטות כמויות גדולות במיוחד של עופרת ואבק שריפה. כדי למנוע כל אפשרות לחשיפה, במגע אקראי עם המישטחים האקוסטיים, יש להקפיד על שאיבה יסודית של האבק גם ממישטחי הבידוד.

✓ יש לנקות את כל כלי הנשק עם סיום הירי, במקום מאוורר היטב. יש להשתמש בכפפות מתאימות (ניאופרן), עמידות בפני ממיסים. כאשר הניקוי מתבצע במקום סגור - יש להתקין במקום מערכת יניקה מקומית.

טיפול במלכודות הכדורים

את "מלכודת" הכדורים (הממוקמת באזור המטרות) יש לתחזק ולנקות באופן שוטף. בניקוי המלכודת מתרוממים שוב מישקעי האבק המכיל עופרת. כאשר יש אפשרות - מומלץ להרטיב את הפסולת שהצטברה במלכודת ולהכניס אותה לתוך שקי פלסטיק אטומים. קיימות כיום מלכודות כדורים חדשות המתוכננות כך שאין צורך לנקות אותן, והן עדיפות לשימוש גם מהיבטי החיסכון בזמן.

הדרכת עובדים

יש להדריך את העובדים ואת הנוכחים במיטווה בנוגע להשפעתה המזיקה של העופרת על הבריאות. ההדרכה מגבירה את מודעות העובדים למצבים אשר עלולים לסכן את בריאותם. זוהי גם דרישה של החוק (מסירת מידע).

✓ יש לידע את העובדים לגבי קיומן של תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983.

שימוש בציוד מגן אישי

במהלך ביצוע פעולות הניקיון במיטווה ובמלכודות הכדורים יש להשתמש במסיכות להגנת מערכת הנשימה: מסיכות שלימות, או לפחות מסיכות חצי פנים, עם מסנן מסוג 'HEPA' וכפפות.

שימוש בלבוש מגן

במהלך עבודות הניקיון במיטווה ובמלכודות הכדורים יש ללבוש בגדי עבודה (עדיפים בגדים חד-פעמיים); לעטות כפפות על הידיים (עדיפות לחד-פעמיות), לחבוש כיסוי ראש ולהשתמש בכיסוי לנעליים. אין לבצע את העבודה בבגדים ובנעליים שבהם מגיעים מהבית. אבק העופרת נצמד לבגדים ולנעליים ונישא עליהם אל הרכב ולבית המגורים. בדרך זו נחשפים לסיכון גם בני המשפחה והילדים.

איסור על אכילה שתייה ועישון

אסור לשכוח שהעופרת חודרת לגוף גם דרך הפה, אל מערכת העיכול. לכן: יש לאסור באופן מוחלט אכילה, שתייה ועישון בשטח המיטווה שלא במקומות שיועדו לכך; יש לחייב את העובדים לרחוץ ידיים, פנים וצוואר לפני כל פעולות אכילה ושתייה, ובסוף יום העבודה.

בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות

יש לבצע בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות במיטווה. את תוצאות הבדיקות משווים לערכי החשיפה המותרים של עופרת שהיא, כאמור, חומר אשר עלול לחדור בכמות משמעותית דרך מערכת העיכול. לפיכך, אי אפשר להסתפק רק במדידת רמות העופרת באוויר כמדד עיקרי לסיכון הבריאות. רמת העופרת בדם מהווה מדד טוב יותר לזיהוי פגיעה אפשרית בבריאות מאשר הרמה המירבית המותרת של החומר באוויר.

בדיקות רפואיות

יש להפנות את העובדים המועסקים בשטח המיטווה לביצוע בדיקות רפואיות-תעסוקתיות במסגרת שירות רפואי מוסמך. עלייה ברמת העופרת בדם מצביעה על הצטברות של המתכת בגוף בקצב מהיר יותר מכושרו של הגוף לפנות אותה.

עבור העופרת נקבע "סמן ביולוגי" (BEI), רמות של חומרים בגוף האדם המהוות סף אזהרה ביולוגי לגבי חשיפת העובד לגורמי נזק כימיים ופיזיקליים) כרמה מירבית מותרת בדם. חריגה מערך הסמן הביולוגי מצביעה על אפשרות לסיכון ממשי לבריאות. מכאן החשיבות הרבה שיש להקפדה ולביצוע הבדיקות באופן תקופתי.

✓ איתור מוקדם של חריגות עשוי למנוע נזקים לבריאות.

העסקת נשים במיטווחים

על פי המחקרים בנושא - חשיפת עוברים לעופרת עלולה לקצר את משך ההיריון, לגרום להפלות ועלולה גם לפגוע בהתפתחותו המנטלית של היילוד, כאשר רמות העופרת בדם האישה ההרה הן כ- $10\mu\text{g}/100\text{ml}$. לפיכך, כאשר מעסיקים במיטווח נשים בגיל הפוריות - יש להביא לידיעת האישה את המידע לגבי הסיכונים ולהקפיד על פיקוח רפואי שוטף, בתדירות שיקבע הרופא התעסוקתי. רופא תעסוקתי גם ישקול את התאמת אותה אישה לעבודה במיטווח.

בנוסף, יש להקפיד על אכיפתן של "תקנות עבודת נשים (עבודות אסורות, עבודות מוגבלות ועבודות מסוכנות), התשס"א-2000". בתקנות אלה נקבע שאין להעסיק אישה בגיל הפוריות במקום עבודה שבו האוויר באזור הנשימה מכיל מעל 0.05 מ"ג/מ"ק עופרת באוויר.

תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983

במיטווחים שבהם קיימת חריגה מערכי החשיפה המותרים, באוויר או בדם, יש ליישם את כל הדרישות המפורטות בתקנות כגון:

- אספקת בגדי עבודה;
- הקפדה על כביסה מרוכזת;
- התקנת מלתחות כפולות; ועוד.

בדיקות רפואיות תעסוקתיות לעובדי מיטווחי ירי

עובדי מיטווחי ירי (מדריכי ירי, מפקחים, עובדי ניקיון, עובדי תחזוקה, עובדי מזכירות ומוכרים) עלולים להיחשף לעופרת במסגרת עבודתם. מקור החשיפה הוא נדפים של עופרת הנפלטים בעת פעולת הירייה.

המעבדה הארצית לגיהות תעסוקתית באגף הפיקוח על העבודה במשרד התמ"ת ערכה בדיקות סביבתיות במיטווחי ירי על מנת להעריך את רמות הסיכון לעובדים הנובעת מחשיפה לעופרת. תוצאות המדידות הסביבתיות במיטווחים ותוצאות הניטור הביולוגי של עובדי המיטווחים מעידות על אפשרות של חשיפת יתר לעופרת אשר מחייבת פעולה לצורך בקרת סיכון זה ומניעת נזק לעובדים.

מתחילת 2007, אגף הפיקוח על העבודה הינו גורם מאשר בהליך רישוי עסק למיטווח, הן ברישוי ראשון והן בחידוש רישיון עסק קיים. במסגרת זו, בנה אגף הפיקוח על העבודה רשימת דרישות למיטווחים בתחום הגיהות התעסוקתית ובריאות העובדים. על בעלי המיטווחים לקיים את הדרישות הנ"ל כתנאי לקבלה או לחידוש רישיון למיטווח, זאת על מנת להבטיח את בטיחות העובדים ובריאותם. נושא חשיפת יתר לעופרת במיטווחי ירי נדון בוועדת החקיקה של המועצה הלאומית לבריאות העובד ובוועדת הגיהות של משרד התעשייה, המסחר והתעסוקה. בסיכום הדיונים של שתי ועדות אלו הומלץ על מעקב רפואי תעסוקתי אחר עובדי מיטווחי ירי סגורים החשופים לעופרת במסגרת עבודתם. הערכת החשיפה לעופרת במיטווחי ירי פתוחים טרם הסתיימה. עם סיומה של הערכה זו ובהתאם לתוצאותיה, יוחלט על הכללת עובדי מיטווחים פתוחים במערך הבדיקות הרפואיות התעסוקתיות. אגף הפיקוח על העבודה פועל להגדיר עבודה במיטווחי ירי כאחת העבודות הנקובות בתוספת הראשונה לתקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת), התשמ"ד-1983.

משמעות הדבר כי התקנות תחולנה על מיטווחים באופן גורף (דהינו - גם אם ריכוז העופרת באוויר נמוך ממחצית החשיפה המשוקללת המותרת). בנוסף, אגף הפיקוח על העבודה עומד לאמץ את תקן החשיפה לעופרת המומלץ על ידי ACGIH - 0.05 מ"ג/מ"ק וערך הסמן הביולוגי של חשיפה לעופרת (רמת העופרת בדם) - $30\mu\text{g}/100\text{mL}$.

לאור כל האמור לעיל, הוראתנו כיום היא לערוך בדיקות רפואיות תעסוקתיות לעובדי מיטווחי ירי סגורים (מדריכי ירי, מפקחים, עובדי ניקיון, עובדי תחזוקה, עובדי מזכירות ומוכרים), אשר עובדים במיטווח שני חודשים בשנה לפחות, בהיקף ובתדירות שנקבעו בתקנות. יש לערוך את הבדיקות הללו לעובדי המיטווחים גם אם ריכוז העופרת באוויר הנמדד בניטור הסביבתי הינו נמוך מרמת הפעולה. בתום הבדיקה יש להנפיק פנקסי בריאות חתומים על ידי רופא תעסוקתי מורשה לעובדים שנבדקו.

בכבוד רב

רדה אדוארדס
מפקחת עבודה ראשית

ד"ר לובה פושני
רופאה ראשית