



הקרן לבריאות וסביבה

Environment and Health Fund

על בריאות וחומרי הדברה

בריאות וסביבה 2012

ברכות

פרופ' אילן חת

דבר העורכת

ד"ר שרי רוזן

על בריאות וחומרי הדברה - מבט היסטורי

ד"ר רות אסטריין

ניטור ביולוגי של חומרי הדברה: תוצאות

מישראל

ד"ר תמר ברמן

כל הדרכים מובילות אל הגוף: דרכי חשיפה

ידועות לחומרי הדברה

אוהד זיוון

שאריות לא רצויות

פרופ' צ'נשנג (אלכס) לו

IQ בילדים וחומרי הדברה

אליזבת גרוסמן

נזק עצבי לחרקים, אך גם לאנשים

פרופ' רבקה אינדלברג

חומרי הדברה ופוריות הגבר

ד"ר חגי לוין

מידע שימושי

דבר העורכת

הגיליון הרביעי של **עלון בריאות וסביבה** מתמקד בהשלכות הבריאותיות של חשיפה לחומרי הדברה סינתטיים המופקים בתהליכים תעשייתיים. צמד המילים "חומרי הדברה" הוא שם כולל לחומרים רעילים המשמשים לקטילת מזיקים, עשבים ופטריות; הם מדבירים מזיקים העלולים להעביר מחלות ומונעים פגיעה בתוצרת חקלאית, אך בה בעת הם עלולים להיות מסוכנים לנו, בני האדם. לכן מוטלת חובה, הן על המדינה והן על הצרכנים, לעשות את המרב כדי לצמצם את החשיפה לחומרים אלה. ישראל היא מדינה קטנה וצפופה שאזורי המגורים בה סמוכים לאזורים חקלאיים ואקלימה חם. מאפיינים אלה, המצריכים שימוש רב בחומרי הדברה בחקלאות, מדגישים חובה זו.

בישראל יש הליך רישום מסודר של חומרי הדברה, ובמסגרתו מוגדרים תנאי השימוש וההתוויה. עם זאת, דוח מבקר המדינה לשנת 2011, אשר בדק את הסדרת השימוש בחומרי הדברה לחקלאות בישראל, העלה כי רב הנסתר על הגלוי בכל הנוגע לחשיפה סביבתית לחומרי הדברה (דרך מזון, אוויר ומים).

ממצאי דוח מבקר המדינה מלמדים כי תחום ההדברה סובל מ"היעדר איסוף שיטתי של נתונים וניתוחם לשם גיבוש מדיניות", וכי אין מערכת ניטור שבאמצעותה אפשר ללמוד על יעילות ההדברה ועל הימצאותם של שרידי הרעלים באוויר ובקרקע. עוד מציין הדוח כי "אלפי חקלאים המשתמשים בחומרי הדברה בתדירות גבוהה ובכמויות גדולות עושים זאת ללא היתרי רעלים או הכשרות והסמכות כלשהן, והם יכולים לרכוש אותם, לאחסנם ולהשתמש בהם ללא ידע כלשהו". מצב זה יכול להיות מסוכן הן לחקלאים והן לאוכלוסייה הצורכת את תוצרתם.

המידע על חשיפה סביבתית לחומרי הדברה חיוני ביותר בשל ההשלכות הבריאותיות שעלולות להיות לחשיפה סביבתית מתמשכת לחומרים אלה. מחקרים מדעיים מצביעים על קשר בין חשיפה כרונית לחומרי הדברה לבין מחלות נירולוגיות, כגון מחלת פרקינסון, הפרעות ריכוז, בעיות זיכרון וירידה בקואורדינציה. כמו כן, נמצאו עדויות להשלכות על מערכת הרבייה, ובכלל זה הפלות, פגיעה בהתפתחות העובר והתינוק, מומים מולדים ודיכאון. המאמרים בגיליון זה משלבים מידע מישראל ומהעולם, המציג לפני הקוראים מקצת הקשרים שהוזכרו ומדגיש את חשיבות ההבנה של מקורות החשיפה לחומרי הדברה ושל הצורך בניטור רציף של האוכלוסייה.

אנו מקווים כי עלון זה יעלה את המודעות לסכנות הטמונות בחשיפה לחומרי הדברה ויעודד אתכם הקוראים לנקוט משנה זהירות בעת השימוש בחומרי הדברה ולבחון חלופות, ביניהן חלופה המוצעת גם על-ידי משרד החקלאות ופיתוח הכפר, של הדברה משולבת (Integrated Pest Management), המשלבת ניטור ופיקוח על מזיקים עם הדברה כימית וביולוגית.

ד"ר שרי רוזן

מתאמת תכניות



ברכות

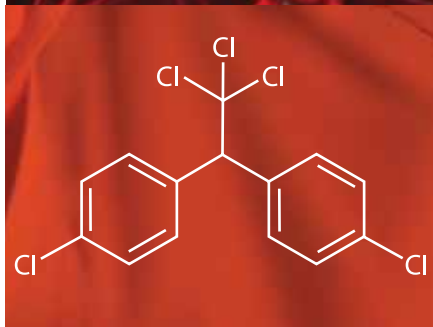
היקפו של שוק חומרי ההדברה בארצות הברית לבדה – 35 מיליארד דולר בשנה. המשמעות היא: מאות אלפי טונות של כימיקלים שמגיעים אל המים, אל הקרקע ואל שרשרת המזון. לשמחתנו, מודעותו של הציבור בסוגיה זו הולכת וגוברת, והמדינות והרשויות מקפידות יותר על סילוק חומרים מסוכנים. עם זאת, יש להעמיק את הידע על הקשר בין חשיפה לחומרי הדברה לבין השפעתה על בריאותנו. חשוב למצוא חלופה לחומרי הדברה כימיים, לפתח הדברה ביולוגית ולהגביר את עמידות הצמחים. אחת ממטרות הקרן לבריאות וסביבה היא לפתח את המחקר ואת הידע בתחום זה. אני מברך על היוזמה של הנהלת הקרן להוציא לאור עלון זה.

פרופ' אילן חת

יו"ר הוועד המנהל

על בריאות וחומרי הדברה – מבט היסטורי

ד"ר רות אסטרין
הקרן לבריאות וסביבה



הפכה אותם לחלופה אטרקטיבית לחומרי הדברה מסוג אורגנוכלורונים. אף שזרחנים אורגניים פחות מסוכנים לסביבה, בכל זאת אלה חומרי הדברה ולכן הם רעילים למזיקים ועלולים להזיק גם לבריאות האדם. אפילו ברמות נמוכות יחסית, זרחנים אורגניים עלולים להיות מסוכנים ביותר להתפתחות המוח בקרב עוברים וילדים קטנים. לכן ההדברה המודרנית שואפת להפסיק את ההסתמכות הבלעדית על חומרי הדברה ולעבור לשילוב של שיטות כימיות ולא כימיות.

במאה השנים האחרונות היו הכימיקלים לרכיב דומיננטי במאמץ להדברת מזיקים. DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane), תרכובת כימיקלית המכילה כלור, הוא מהידועים מבין חומרי ההדברה. חומר זה שימש במלחמת העולם השנייה להדברת כיני גוף, שהן נשאות של טיפוס הבהרות, ולהדברת יתושים נשאי קדחת צהובה, מלריה וקדחת דנגי. לאחר המלחמה הגיעו אל השוק החקלאי DDT ותרכובות עתירות כלור דומות. בשנות החמישים והשישים היה ל-DDT תפקיד חשוב בהדברת המלריה.

בני האדם החלו לבחון בדאגה את השפעתם של חומרי הדברה אורגנוכלורונים מאז התפרסם ספרה של רחל קרסון "אביב דומם" בשנת 1962. חומרי ההדברה מסוג אורגנוכלורונים מצטברים לאורך שרשרת המזון כולה, ובסופו של דבר עלולים להשפיע לרעה על בריאות האוכלוסייה האנושית. כדי להגן על בריאות הציבור ועל הסביבה מפני כימיקלים שאינם מתפרקים ומוסיפים להשפיע על הסביבה תקופות ממושכות, אסרה אמנת שטוקהולם בנושא מזהמים אורגניים לא פריקים (POPs) את השימוש בשמונה חומרי הדברה אורגנוכלורונים, ובכללם DDT¹.

התרכובת DDT ונגזרותיה משתייכות לקבוצת חומרים הנקראת 'משבשי המערכת האנדוקרינית' (EDCs). חומרים משבשי המערכת האנדוקרינית מצויים בדרך כלל בריכוזים נמוכים, אך יש להם נוכחות ממושכת בכל מקום בסביבה. למרות ריכוזים סביבתיים נמוכים, נראה כי הם משפיעים לרעה במגוון גדול של דרכים על מינים רבים של בעלי חיים ועל בני האדם. חומרים אלה עלולים לשבש את תפקודי מערכת הרבייה ואת מערכת החיסון והם נחשבים חומרים מסרטנים.

כיום DDT ונגזרותיו אינם בשימוש עוד במדינות רבות, אך שרידיהם הלא פריקים עלולים להזיק לבריאות האדם גם בעתיד. עם זאת, כיוון שמלריה מוסיפה להיות מחלה נפוצה וקטלנית ברוב מדינות העולם השלישי, אישר ארגון הבריאות העולמי בשנת 2006 שימוש מוגבל ב-DDT במאבק נגד מלריה. למעשה נוצר קונפליקט בין שני יעדים בתחום בריאות הציבור: מיגורה של מחלה קטלנית מול חיסולו של מזהם כימי לא פריק.

חומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים החליפו כמעט לחלוטין את התרכובות האורגנוכלורניות הלא פריקות. חומרים אלה מתפרקים בטבע, ותכונה זו

¹ ישראל חתמה על אמנת שטוקהולם בשנת 2001, אך עד היום לא אשררה אותה.



בקרבת משתפתי המחקר (חשיפה תזונתית לעומת סחף חקלאי).

כיום נערכים בישראל מחקרים רבים על חשיפת האוכלוסייה לחומרי הדברה, ובהם מחקרים על נשים הרות, על גברים בגיל הפרייון, על עובדי חקלאות לשעבר ועל ילדים החשופים בפוטנציה לסחף חקלאי של חומרי הדברה. ממצאיהם של מחקרים אלה ישפכו אור על חשיפת האוכלוסייה בישראל לחומרים אלה ועל ההשלכות הפוטנציאליות של חשיפה כזאת על פרייון ועל התפתחות קוגניטיבית של ילדים.

ניטור בישראל

בשל החשש מההשפעות של חשיפת הציבור הרחב לרמות נמוכות של מזהמים סביבתיים, משרד הבריאות בישראל ערך לאחרונה מחקר בנושא חשיפה למזהמים סביבתיים, ובכלל זה זרחנים אורגניים. המחקר, שמומן על-ידי הקרן לבריאות וסביבה, כלל איסוף של דגימות שתן ושאלונים מ-250 נשים וגברים.

דגימות השתן נבדקו באוניברסיטת ארלנגן-נירנברג לשם איתור מגוון של מזהמים סביבתיים ומטבוליטים (תוצרי פירוק), ובכלל זה שישה מטבוליטים של זרחנים אורגניים. המטבוליטים הללו אמנם אינם מעכבים את פעילות האצטילכולין ואינם נחשבים רעילים, אך הם משמשים סמני חשיפה לזרחנים אורגניים. במחקרים על חשיפה לזרחנים אורגניים בקרב האוכלוסייה הכללית בדרך כלל מודדים ריכוז מטבוליטים בשתן, בשל שיטת האיסוף הלא-פולשנית ובשל הריכוזים בשתן הגבוהים בהרבה מהריכוזים בפלזמה. מדידת המטבוליטים האלה משקפת חשיפה לזרחנים אורגניים שהתרחשה לאחרונה, בעיקר בימים שלפני המדידה.

הציבור הרחב עלול להיחשף לחומרי הדברה בכמה דרכים: חשיפה נשימתית עקב סחף של חומרי הדברה חקלאיים ושימוש ביתי בחומרי הדברה, בליעה (למשל, אכילת פירות וירקות עם שאריות חומרי הדברה וצריכת מי שתייה), וכן חשיפה עורית עקב שימוש ביתי בחומרים אלה. לנוכח פרסומם של ממצאים אפידמיולוגיים וטוקסיקולוגיים – ממצאים המצביעים על השפעות בריאותיות פוטנציאליות של חשיפה לרמות נמוכות מאוד של חומרי הדברה מסוימים, חשוב לאמוד את מידת החשיפה של האוכלוסייה לחומרים אלה. יכולות ניתוח מתקדמות מאפשרות לנו היום למדוד רמות נמוכות של חומרי הדברה מסוימים בדגימות ביולוגיות (כגון דם, שתן וחלב אם), וכך לאמוד את החשיפה בקרב האוכלוסייה הכללית. ניטור ביולוגי או מדידה ישירה של מזהמים סביבתיים בדגימות ביולוגיות מספקים מידע על החשיפה לחומרי הדברה – בכל דרכי החשיפה ומכל מקורות החשיפה הפוטנציאליים. זה יתרונה של שיטה זו על פני מדידת חומרי ההדברה בסביבה (מזון, מים ואוויר).

חשיפה למינונים נמוכים גם כן משפיעה

הזרחנים האורגניים (OP) הם קבוצה של קוטלי חרקים המשפיעה על מערכת העצבים באמצעות הפרעה לפעולתו של האנזים המווסת את המוליך העצבי אצטילכולין. קוטלי חרקים אלו משמשים בישראל בעיקר לקטילת חרקים על גידולים המיועדים למאכל, וגם על כאלה שאינם מיועדים למאכל.

בעשור האחרון נערכו בארצות הברית שלושה מחקרי אורך נפרדים של עוקבות לידה. המחקרים שפכו אור על האופן שבו חשיפה כרונית למינונים נמוכים של זרחנים אורגניים במהלך ההיריון משפיעה על ההתפתחות המוקדמת של תינוקות. מחקרים אלה הראו שחשיפה לרמות נמוכות מאוד של זרחנים אורגניים במהלך ההיריון יכולה להשפיע על גדילתם של פעוטות וילדים ועל התפתחותם הקוגניטיבית. יתרה מזאת: לא נמצאה במחקרים אלה כל עדות לרמת סף. כלומר, נראה שאין רמה בטוחה של חשיפה כאשר מדובר בחשיפה תוך-רחמית לזרחנים אורגניים. החל משנת 2007 נאסר בישראל שימוש ביתי בזרחנים האורגניים כלורפיריפוס ודיאזינן, ובשנת 2009 נאסר השימוש בהם גם בגינות נוי ובגנים ציבוריים. שימוש חקלאי בעשרה זרחנים אורגניים ייאסר בישראל במהלך השנים 2012-2014.

ממצאי המחקר מלמדים שרוב המשתתפים במחקר נחשפו לחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים סמוך למתן דגימות השתן.

מהממצאים עולה כי בדגימות השתן של יותר מ-95% מאוכלוסיית המחקר היו ריכוזים בני-כימות של שלושה מתוך ששת המטבוליטים שנבדקו; עוד שני מטבוליטים אותרו בריכוזים בני-כימות בקרב יותר מ-70% מאוכלוסיית המחקר. ממצאים אלה מלמדים שרוב המשתתפים במחקר נחשפו לחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים סמוך למתן דגימות השתן.

ניתוחים עידיים במסגרת מחקר זה יאפשרו לקבוע אם יש הבדלים מובהקים ברמות החשיפה בין תת-קבוצות (למשל, אוכלוסיות עירוניות לעומת כפריות; צמחונים לעומת אוכלי בשר), ואם יש קשר בין מזונות מסוימים לבין ריכוזים גבוהים של מטבוליטים של זרחנים אורגניים בשתן. ניתוחים אלה יעזרו לנו להבין מהם מקורות החשיפה האפשריים

מקורות

Barr, D. & Angerer, J. (2006). Potential uses of biomonitoring data: A case study using the organophosphorus pesticides chlorpyrifos and malathion. *Environmental Health Perspectives*, 114(11), 1763-1769.

Bouchard, M.F., et al. (2011). Prenatal exposure to organophosphate pesticides and IQ in 7-year-old children. *Environmental Health Perspectives*, 119(8), 1189-1195.

Engel, S.M., et al. (2011). Prenatal exposure to organophosphates, paraoxonase 1, and cognitive development in childhood. *Environmental Health Perspectives*, 119(8), 1182-1188.

Rauh, V., et al. (2011). Seven-year neurodevelopmental scores and prenatal exposure to chlorpyrifos, a common agricultural pesticide. *Environmental Health Perspectives*, 119(8), 1196-1201.

כל הדרכים מובילות אל הגוף: דרכי חשיפה ידועות לחומרי הדברה

אוהד זיוון

הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון



◀ מחקלים ועד אימהות וילדים

חשיפה תעסוקתית לחומרי הדברה מתרחשת בדרך כלל כאשר עובד איננו ער להשפעות המזיקות של החומרים שהוא חשוף להם ואינו משתמש בצידוד מגן מתאים: כפפות, בגדי עבודה ארוכים, מסכה וכדומה.

לעומת החשיפה התעסוקתית, חשיפה סביבתית של האוכלוסייה הכללית לחומרי הדברה מתרחשת בעיקר דרך מזון, מים ואוויר המכילים שאריות של חומרים אלה. בחשיפה סביבתית האוכלוסייה נחשפת בדרך כלל לריכוזים נמוכים יותר של החומר, לפרקי זמן ממושכים יותר – הן באזורים כפריים והן באזורים עירוניים. מצב זה מוגדר חשיפה כרונית. במרכז העיר טורונטו שבקנדה, למשל, נמצאו 13 חומרי הדברה מסוג אורגנוכלורידים על גבי חלונות הבתים. בסקר מקיף על התזונה בצרפת נמצאו 73 סוגים של חומרי הדברה במוצרי מזון שונים.

ריסוס חומרי הדברה נגד מזיקים ברחבי הבית או בגינה גורם אף הוא לחשיפה סביבתית לחומרים אלה. במחקר שנעשה בארצות הברית נמצא חומר הדברה באוויר הפנים ביתי, ובכלל זה על גבי משטחים שלא רוססו, כגון באזור משחק של ילדים, עד עשרה ימים לאחר הריסוס. באזורים חקלאיים או תעשייתיים יש מקור חשיפה נוסף: בני משפחה של עובדים שבאו במגע עם חומרי הדברה בעבודתם – בתהליך הייצור, ההובלה או השימוש – נחשפים לבגדיהם שזוהמו בחומרים אלה.

◀ קרוב רחוק

אוכלוסייה המתגוררת בקרבת אזור שנעשה בו שימוש בחומרי הדברה, כגון שדה חקלאי, עלולה להיות חשופה יותר לשאריות חומרי הדברה המוסעות באוויר וחודרות לדרכי הנשימה. סימקוקס ועמיתיו הראו כי בבתי הממוקמים במרחק של פחות מ-60 מטר משדות חקלאיים, שבהם נעשה שימוש בחומרי הדברה, ריכוז חומרי ההדברה באבק הפנים ביתי גבוה מריכוזם בבתי המרוחקים יותר מ-300 מטר מהשדות האלה. עם זאת, חשוב לציין שחומרי הדברה נמצאו הן בבתי הקרובים לשדות והן בבתי הרחוקים מהם. מידע זה רלוונטי ביותר בישראל, שמשפחות רבות בה מתגוררות על הגבול שדה-יישוב.

◀ מדיניות ככלי להפחתת חשיפה

כיום, בעידן הגלובליזציה המאופיין בשימוש נרחב בחומרי הדברה ובמגוון חוקים ותקנות הקיימים במקומות שונים בעולם, כמה סוכנויות באירופה וארצות הברית קבעו תקן מקסימום לשארית מותרת של חומרי הדברה במזון. כשמדובר בריכוזים של חומרי הדברה באוויר, התקינה הקיימת עוסקת בעיקר בחשיפה תעסוקתית; הקושי בקביעת תקנות סביבתיות תואמות נובע מהידע המצומצם על ההשפעות הבריאותיות של חשיפה כרונית לריכוזים נמוכים של חומרים אלה. בהקשר זה חשוב לזכור שגם כאשר מדובר שלא נמצאו שאריות של חומרי הדברה, המשמעות אינה שריכוזם היה אפסי אלא שהיה מתחת לסף הגילוי האנליטי¹.

במחקר שנעשה בארצות הברית נמצא חומר הדברה באוויר הפנים ביתי, ובכלל זה על גבי משטחים שלא רוססו, כגון באזור משחק של ילדים, עד עשרה ימים לאחר הריסוס.

אפשר לצמצם את רמת החשיפה על-ידי חקיקה. בשנת 1996 נחקק בארצות הברית חוק שהסדיר את הרגולציה והגילוי של חומרי הדברה באוכל. במאמר שפורסם לאחרונה דיווחו קלון ועמיתיו על ירידה בכמות השאריות של חומרי הדברה בגופם של בני אדם בארצות הברית בשנים שלאחר חקיקת חוק זה.

◀ מקורות

Clune, A.L., et al. (2012). Have regulatory efforts to reduce organophosphorus insecticide exposures been effective? *Environmental Health Perspectives*, 120(4), 521-525.

Damalas, C.A. & Eleftherohorinos, I.G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1402-1419.

Hore, P., et al. (2005). Chlorpyrifos accumulation patterns for child-accessible surfaces and objects and urinary metabolite excretion by children for 2 weeks after crack-and-crevice application. *Environmental Health Perspectives*, 113(2), 211-219.

Kawahara, J., et al. (2005). Air pollution and young children's inhalation exposure to organophosphorus pesticide in an agricultural community in Japan. *Environment International*, 31(8), 1123-1132.

Nougadere, A., et al. (2012). Total diet study on pesticide residues in France: Levels in food as consumed and chronic dietary risk to consumers. *Environment International*, 45, 135-150.

Simcox, N.J., et al. (1995). Pesticides in household dust and soil: Exposure pathways for children of agricultural families. *Environmental Health Perspectives*, 103, 1126-1134.

¹ סף גילוי אנליטי – כמות החומר הקטנה ביותר הניתנת למדידה בשיטה מעבדתית מסוימת.



שאריות לא רצויות

פרופ' צ'נשגה (אלכס) לו

בית הספר לבריאות הציבור, אוניברסיטת הרווארד



צ'נשגה (אלכס) לו הוא פרופסור לביולוגיה של חשיפות סביבתיות במחלקה לבריאות וסביבה בבית הספר לבריאות הציבור באוניברסיטת הרווארד. במחקריו הוא עוסק בהערכת חשיפה של בני האדם לכימיקלים סביבתיים, כדוגמת חומרי הדברה וחומרים המשבשים את המערכת האנדוקרינית. הערכת החשיפה נעשית באמצעות סמנים ביולוגיים.

פרופ' לו חבר בפאנל המדעי המייעץ בנושאי חומרי הדברה ואבטחת איכות המזון שהקימה הסוכנות האמריקנית להגנה על הסביבה (EPA), ומאז שנת 2009 הוא חבר בפאנל המומחים המדעיים של הרשות לבטיחות המזון האירופית.

פרופ' לו הוא החוקר הראשי במחקר פורץ דרך שהצביע על המקור לחומרי הדברה רבים בגופם של ילדים. מחקרים רבים מראים ריכוזים של חומרי הדברה הן בגוף והן בסביבה ובמזון, אך מעטים מאוד המחקרים המסוגלים להצביע על קשר בין מקור החומר להימצאותו בגוף. למחקר זה משמעות אופרטיבית - אפשר להפחית ריכוזים של חומרי הדברה בגופם של ילדים.

האם תוכל לספר לנו על המחקר "חשיפת ילדים לחומרי הדברה" שהיית שותף לו?

המחקר נערך בשנת 2006. באותה עת רצינו להבין אם מקור החשיפה העיקרי של ילדים לחומרי הדברה הוא המזון. בארצות הברית יש נוכחות חזקה של חומרי הדברה מחוץ לבית ובתוכו, לכן ביקשנו לברר אם התזונה היא הרכיב העיקרי בחשיפה הכוללת של ילדים לחומרי הדברה. לצורך הבדיקה ערכנו תכנית התערבות שנמשכה 15 ימים, ובמהלכה ניטרנו את המטבוליטים של חומרי הדברה בדגימות שתן של הילדים. ב-15 הימים הללו החלפנו בין המזון הרגיל למזון אורגני (בשלושת הימים הראשונים אכלו הילדים מזון רגיל, מהיום הרביעי עד היום השמיני - הם צרכו מזון אורגני, ומהיום התשיעי עד סוף התקופה חזרו הילדים אל מזונם הרגיל). המזון האורגני כלל בעיקר תוצרת טרייה של ירקות, פירות, מיצים ומוצרים טריים אחרים.

מדוע בחרתם למקד את המחקר שלכם בילדים ולא לבחון מדגם של האוכלוסייה כולה?

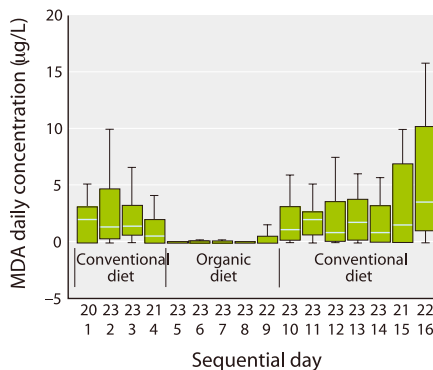
כאשר אנו מדברים על חשיפה לחומרי הדברה וההשלכות הבריאותיות שלה, ילדים הם האוכלוסייה הפגיעה ביותר, ויש לכך שתי סיבות עיקריות. הסיבה הראשונה: תהליך חילוף החומרים - כלומר, סילוק הרעלים מהכבד - עדיין אינו מפותח אצלם די הצורך לסלק את הכימיקלים שיש בחומרי הדברה; הסיבה השנייה: תזונת ילדים מבוססת ברובה על תוצרת טרייה הכוללת ירקות ופירות.

האם המחקר התמקד בסוג מסוים של חומר הדברה?

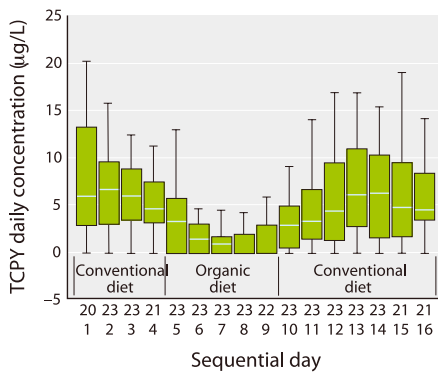
המחקר בחן שתי קבוצות של חומרי הדברה שהשימוש בהן בארצות הברית נרחב: זרחנים אורגניים ופירטרוואידים סינתטיים (Synthetic Pyrethroids). בזמן המחקר היה שימוש נרחב בשני סוגי החומרים הן בחקלאות והן בסביבה הביתית. בתחילת שנות האלפיים הוטל איסור על שימוש ביתי בזרחנים אורגניים והותר להשתמש בהם רק בחקלאות, אך בפירטרוואידים משתמשים בחקלאות ובסביבה הביתית כאחד.

מה היו התוצאות של החלפת מזונם של הילדים במזון אורגני?

בימים שהילדים אכלו מזון לא אורגני, רמות המטבוליטים של חומרי הדברה בשתן אמנם הושפעו מסוג האוכל שצרכו, אך אצל כולם הן תאמו את הממוצע הארצי. בעקבות החלפת המזון הרגיל באורגני, היו כמה מטבוליטים של זרחנים אורגניים שלא יכולנו עוד לאתרם בדגימות השתן (ירידה של קרוב ל-100%). אשר לפירטרוואידים, במטבוליטים שלהם הייתה ירידה של 50% בלבד בדגימות השתן. אני מניח שהמקור ל-50 האחוזים האחרים הוא שימוש ביתי, פנימי וחיצוני, בחומר הדברה זה. נתון זה מלמד שילדים חשופים לחומרי הדברה גם ממקורות אחרים, לא רק ממזון. לאחר שהילדים חזרו אל תזונתם הרגילה, שאיננה אורגנית, רמות המטבוליטים בשתן שלהם עלו שוב (גרפים 1 ו-2).



גרף 1: רמות המטבוליטים של זרחנים אורגניים בשתן ילדים במשך 16 ימים שבהם אכלו מזון רגיל ומזון אורגני לסירוגין. השורה העליונה על ציר הזמן מציינת את מספר הילדים שעבורם היו נתונים.



גרף 2: ריכוז המטבוליטים של פירטרוואידים בשתן ילדים במשך 16 ימים שבהם אכלו מזון רגיל ומזון אורגני לסירוגין. השורה העליונה על ציר הזמן מציינת את מספר הילדים שעבורם היו נתונים.

אנשים חשבו שילדים החיים באזורים כפריים יהיו חשופים לחומרי הדברה בשיעורים גבוהים בהרבה מילדים החיים בעיר, אך המחקר שלנו ומחקרים רבים אחרים מוכיחים דווקא את ההפך.

האם תוצאות המחקר שלכם מצביעות על הבדלים ברמת הזיהום בין ירקות ופירות שונים שנמצאו בהם שאריות של חומרי הדברה?

מידע זה עשוי להיות שונה ממדינה למדינה. בארצות הברית מצאנו 12 סוגים של מוצרים שמכילים דרך קבע כמות גבוהה של שאריות חומרי הדברה שונים. בתות שדה, באפרסקים ובנקטריות, לדוגמה, מוצאים בכל שנה רמות גבוהות של שאריות חומרי הדברה מכמה מקורות. לעומת זאת, בפירות הדר ובבנות מוצאים רמות של שאריות חומרי הדברה נמוכות מהן בהרבה. תרד וברוקולי הם דוגמה לירקות שהתגלו בהם רמות גבוהות של שאריות חומרי הדברה. אני חושב שבישראל, שמאופיינת במזג אוויר חם ויבש, החקלאים מתמודדים עם כמות גדולה יותר של חרקים, והם נדרשים לרסס חומרי הדברה רבים יותר כדי להגן על היבולים. עובדה זו פירושה העלאת כמות השאריות של חומרי הדברה, ולכן אני מניח שבישראל התפלגות הרמות של שאריות חומרי הדברה בסוגים שונים של מזון שונה מאוד מבארצות הברית.



האם נמצאו הבדלים ברמות החשיפה בין ילדים עירוניים לילדים המתגוררים באזורים כפריים?

אנשים חשבו שילדים החיים באזורים כפריים יהיו חשופים לחומרי הדברה בשיעורים גבוהים בהרבה מילדים החיים בעיר, אך המחקר שלנו ומחקרים רבים אחרים מוכיחים דווקא את ההפך. ילדים המתגוררים בסביבה עירונית חשופים לחומרי הדברה הרבה יותר מילדים הגדלים בסביבה כפרית. הסיבות לכך טמונות במזון שהם צורכים ובשימוש הביתי בחומרי הדברה. בסביבה הביתית נעשה לעתים שימוש יתר בחומרי הדברה, וכיוון שהשימוש מתרחש במרחב סגור - החשיפה גדולה יותר.

האם יש רמות חשיפה לחומרי הדברה שהן בטוחות עבור הנחשפים?

זו 'שאלת מיליון הדולר'. בתחום של חומרי הדברה קשה להגדיר רמה בטוחה, שכן ההשפעות הבריאותיות ניכרות רק כעבור שנים רבות. זו הבעיה העיקרית בתחום זה. עם זאת, מחקר שעקב אחרי נשים הרות והתינוקות שנולדו להן, ופורסם לאחרונה על-ידי קבוצת אפידמיולוגים מניו יורק ומקליפורניה, מצא שחשיפה תוך-רחמית לחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים משפיעה על ההתפתחות הניורולוגית של התינוק. מאמר אחר של קבוצת המחקר מניו יורק הראה כי ילדים שנחשפו לרמות גבוהות של חומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים סובלים מדיכוי של התפתחות המוח בהשוואה לילדים שנחשפו לרמות נמוכות של החומרים האלו או שלא נחשפו להם כלל.

לאחרונה התחלת לחקור את ההשפעה של חומרי הדברה על דבורים. מחקרך האחרון עוסק בתופעה של "הפרעת התמוטטות המושבה" (Colony Collapse Disorder): מה הקשר בין חומרי הדברה להפרעה זו ומהן התוצאות הראשוניות של המחקר?

המחקר שלנו הוא הראשון שיצר את הפרעת התמוטטות המושבה בתנאי מעבדה. מצאנו שחומר הדברה הנקרא אימידאקלופריד (Imidacloprid), שאינו זרחן אורגני או פירטרואיד אלא נאוניקוטינואיד (Neonicotinoid), מסוגל לגרום להפרעת התמוטטות המושבה גם ברמות מינון נמוכות מאוד, רמות שאינן ניתנות לגילוי אפילו בבדיקות מעבדה. ראוי לציין שכנוורת הניסוי שכנו לצד כוורת הביקורת, ולמרות זאת כוורת הביקורת שרדו. עובדה זו מחזקת את תוצאות המחקר. שתי שאלות עדיין נותרו פתוחות: הראשונה - מהו המנגנון שבאמצעותו מינונים לא קטלניים של חומרי הדברה גורמים להפרעת התמוטטות המושבה? והשנייה - האם יש תופעה טוקסיקולוגית המועברת מדור לדור? שאלה זו מעניינת, משום שהדבורים שמתו אינן הדבורים שהאכלנו במזון שהכיל את חומר ההדברה.

האם אפשר למצוא שאריות של חומרי הדברה גם במוצרים המופקים מפירות וירקות?

כן. במיץ תפוחים ובמיץ תפוזים אנחנו מגלים בדרך כלל שאריות של חומרי הדברה. ישנם מיצים אחרים שאינם נבדקים על-ידי רשויות האכיפה, אך אני מניח שאם יש שאריות של חומרי הדברה בפירות יער או במלון, לדוגמה, שאריות כאלה יתגלו גם במיץ שלהם.

בעקבות החלטת המזון הרגיל באורגני היו כמה מטבוליטים של זרחנים אורגניים שלא יכולנו עוד לאתרם בדגימות השתן (ירידה של קרוב ל-100%).

מהם האתגרים העומדים לפני חוקרים המנסים להעריך חשיפה לחומרי הדברה?

בתחילת שנות התשעים של המאה ה-20 הייתה הערכת החשיפה של בני אדם לחומרי הדברה, ובייחוד בקרב ילדים צעירים, מאתגרת ביותר. היום, כשהידע ישנו ופתחו טכנולוגיות מתקדמות וזמינות, האתגר של סוף המאה שעברה כבר אינו קיים. האתגר היום נוגע לציבור הרחב העלול להיחשף לחומרי הדברה ממקורות שונים. לכן אנו מעדיפים להשתמש בדגימות ביולוגיות ולא בדגימות סביבתיות; הדגימות הביולוגיות משלבות את כל מקורות החשיפה ומספקות מדידה אחת כוללת.

אם כן, האם דגימות ביולוגיות עדיפות על דגימות סביבתיות?

כל אחת משתי שיטות המדידה מספקת מידע אחר על החשיפה לחומרי הדברה. לדוגמה, במחקר שלנו מצאנו שהמקור העיקרי לחשיפה לחומרי הדברה בקרב ילדים החיים בסביבה עירונית-פרברית הוא המזון. במקרה זה, מדידת שאריות של חומרי הדברה במזון מספקת מידע רב ערך על החשיפה. במקרה של מקור חשיפה שאינו מזון, מידע זה איננו רלוונטי. בארצות הברית יש מאגר נתונים המתעדכן בכל שנה - Pesticide data program - שבו מתפרסם מידע על שאריות של חומרי הדברה במוצרים נבחרים. מדענים רבים משתמשים במאגר זה כדי להעריך חשיפה, ולכן הוא חשוב ביותר. עם זאת, גם המידע המתקבל מדגימות ביולוגיות חשוב, שכן הוא מספק מידע על תנודות ברמות החשיפה ועל סוג החומרים שהאוכלוסייה נחשפת להם בזמן נתון. במילים אחרות, לשני סוגי הדגימות יש חשיבות רבה.

ראיינה וערכה: ד"ר שרי רוזן

מקורות

Lu, C., et al. (2006) Organic Diets Significantly Lower Children's Dietary Exposure to Organophosphorus Pesticides. *Environmental Health Perspectives*, 114, 260-263.

⁴ הפרעת התמוטטות המושבה מאופיינת בהיעלמות פתאומית ומהירה של דבורי דבש (בייחוד דבורים פועלות) מכוורת פעילות שאפשר למצוא בהן גלמים ומלאי של מזון, כגון דבש, צוף ואבקת פרחים. מאפיין נוסף הוא היעדר דבורים מתות באזור הכוורת.

Spivak, M., et al. (2011). The plight of the bees. *Environmental Science and Technology*, 45, 34-38.



לעקוב אחר ילדיהן במרווחי זמן קבועים. מחברי המחקר מציינים כי סביר להניח ששתי הקבוצות, בניו יורק ובקליפורניה, נחשפו לשאריות של חומרי הדברה גם דרך המזון – נוסף על החשיפה הנשימתית. כאשר החוקרים בקליפורניה מדדו את מנת המשכל של בני שבע, כמו במחקר שנערך בניו יורק, הם מצאו כי ציוני הילדים שרמת החשיפה התוך-רחמית שלהם הייתה הגבוהה ביותר היו נמוכים – עד שבע נקודות – מציוני הילדים שרמת החשיפה התוך-רחמית שלהם הייתה הנמוכה ביותר.

◀ הפרעות קשב וריכוז

פרופ' ברוס לאנפהיר (Lanphear), לשעבר מנהל המרכז לבריאות סביבתית של הילד במרכז הרפואי של בית החולים לילדים בסינסיטי, אמר בריאיון כי חשיפה לחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים עלולה לפגוע בהתפתחות הקורטקס הקדם-מחצית של המוח. פגיעה כזאת למעשה מכוננת את האזור הזה במוח ועלולה לגרום לבעיות התנהגותיות, כגון הפרעת קשב וריכוז והיפראקטיביות (ADHD), ולבעיות לימודיות וחברתיות בהמשך החיים, ובכלל זה התנהגות עבריינית. זהו גם האזור במוח שבו שוכנים הזיכרון לטווח קצר והתגובה לסיפוקים מיידיים.

ידוע שזרחנים אורגניים הם רעלנים עצביים. הם נכנסו לשוק אחרי מלחמת העולם השנייה, אך השימוש בהם התרחב בשנות השישים והשבעים. הם נחשבו לחלופה ידידותית יותר לסכיבה, משום שהם מתפרקים מהר יותר מחומרי הדברה עמידים אחרים מסוג זרחנים אורגניים, כגון DDT. בשנות התשעים כבר היו חומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים לקוטלי החרקים הנפוצים בעולם. עמם נמנו גם כלורפיריפוס (chlorpyrifos) – בתרסיסים המשמשים נגד חרקים ביתיים ובחומרים להדברת טרמיטים, בחומרים לטיפול מדשאות, בקולרים לחיות מחמד, להגנה מפני פרעושים וקרציות, ובחלקאות המסחרית, ומלתיון (malathion) – המשמש נגד יתושים, זבובי פירות וכינים. כ-15,000,000 קילוגרם של חומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים היו בשימוש בארצות הברית בשנת 2007.

"חומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים אמנם מתפרקים, אך תכונה זו אין פירושה שהם אינם רעילים", הסביר לאנפהיר. השימוש הנפוץ בהם גרם למה שהוא מכנה "חשיפה כרונית" של אוכלוסיית

החוקרים את מיומנותיהם הקוגניטיביות והמוטוריות של ילדיהן בהיותם בני שנה, בני שנתיים ובני שלוש. החוקרים מצאו קשר בין חשיפה תוך-רחמית לחומר הדברה נפוץ לבין בעיות התפתחות נוירולוגיות בקרב בני השלוש. במחקר המשך שהתקיים לאחרונה העריכו החוקרים את מיומנותיהם של הילדים בגיל שבע. חשוב לציין כי פרט לממצאי המחקר, כל הילדים שהשתתפו במחקר היו ילדים בריאים שנולדו לאימהות בריאות ולא מעשנות אשר נחשפו לחומרי הדברה בתקופת הריון.

חשיפה תוך-רחמית לחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים עלולה להפחית בממוצע עד שבע נקודות ממת משכל של ילדים.

במחקרים שנערכו בניו יורק נמצא כי על כל עלייה ברמת החשיפה לחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים במהלך ההיריון ירדה מנת המשכל של הילדים ב-1.4% ונתוני זיכרון העבודה (working memory) שלהם ירדו ב-2.8%. אחד מממצאי המפתח של החוקרים באוניברסיטת קולומביה הוא שהקשר בין חשיפה לחומרי הדברה לבין נתוני מנת משכל וזיכרון עבודה הוא קשר ליניארי ואין בו "כל עדות לרמת סף". במילים אחרות, ככל שגדלה החשיפה, כך גדלה גם ההשפעה הקוגניטיבית.

◀ סחף חקלאי

המחקר השלישי, בראשות חוקרים מאוניברסיטת קליפורניה בברקלי, בדק 329 ילדים המתגוררים ביישובים חקלאיים בעמק סלינאס שבמחוז מונטריי, אזור גידול הירקות העיקרי של ארצות הברית. האימהות מקליפורניה היו בעיקר עובדות חקלאות ממוצא לטיני, וחשיפתן לחומרי ההדברה התרחשה עקב מגורים ועבודה סמוך לאזורים שבהם נעשה שימוש חקלאי בכימיקלים האלו. כאשר מרססים יבולים בחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים, הם יכולים בקלות להיסחף עם הרוח, מעבר לשדות שלהם הם מיועדים.

בשנים 1999 ו-2000 מדדו החוקרים בקליפורניה את רמות חומרי ההדברה מסוג זרחנים אורגניים בדמן של 601 נשים הרות, ופתחו במחקר ארוך טווח שנועד

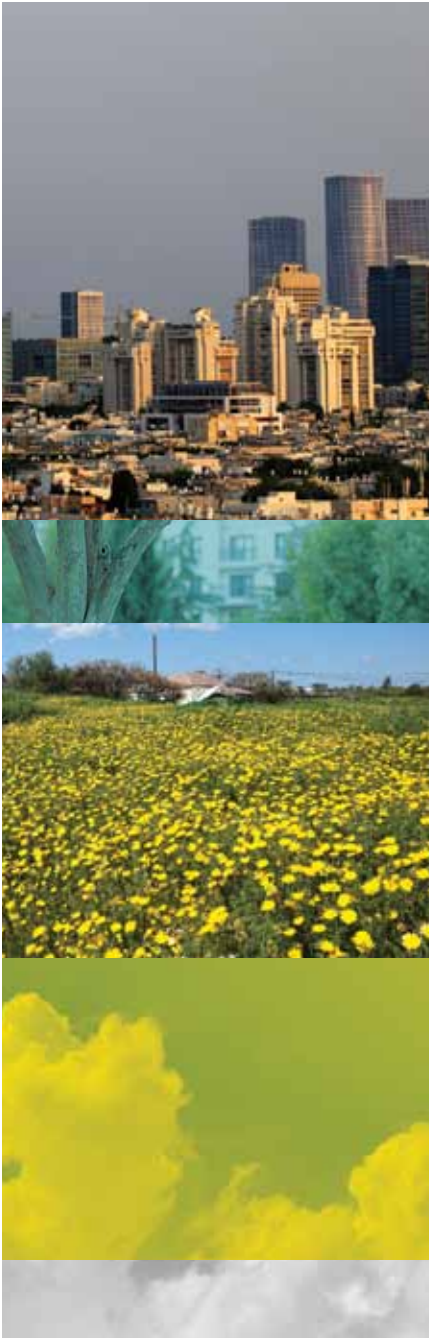
קשה להעלות על הדעת שני אזורים שונים זה מזה יותר משכונות המצוקה בניו יורק ועמק סלינאס בקליפורניה, שם מגדלים כ-80% מיבול החסה של ארצות הברית. ואולם מדענים גילו כי לילדים המתגוררים בשני האזורים האלו – האחד מתאפיין ברחש בלתי פוסק של רכבת תחתית והאחר בשטחי חקלאות נרחבים, שטופי שמש ושמים בהירים יש דבר אחד משותף: חשיפה תוך-רחמית לחומרי הדברה, המשפיעה כנראה על יכולתם ללמוד ולהצליח בלימודים.

בשלושה מחקרים שנערכו בנפרד אך פורסמו באותו זמן נמצא כי חשיפה תוך-רחמית לחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים – שבעמק סלינאס מרססים בהם יבולים ואילו בהארלם ובדרום הברונקס משתמשים בהם כנגד מקקים וחרקים אחרים – עלולה להפחית בממוצע עד שבע נקודות ממת משכל של ילדים. נתון זה אולי לא נשמע כה גבוה, אך על-פי המחקרים די בו לפגוע במיומנות הקריאה והמתמטיקה והוא עלול לגרום לבעיות התנהגות בעלות השפעות ארוכות טווח.

◀ בין כותלי הבית

המחקרים שנערכו בניו יורק ובקליפורניה הם המשך למחקר שמתקיים כבר 12 שנה. שניים מהמחקרים, בראשות חוקרים מאוניברסיטת קולומביה ומבית הספר לרפואה 'מאונט סיני' בניו יורק, בדקו יותר מ-660 ילדים בני שש עד תשע החיים בדרום הברונקס, בהארלם ובשכונות אחרות בלב העיר. האימהות בניו יורק נחשפו לחומרים בעיקר במקומות סגורים; בבניינים שבהם התגוררו נעשה שימוש בחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים הן בשטחים הציבוריים והן בתוך הדירות. במחקרים קודמים, שבדקו נשים המתגוררות באותן שכונות בניו יורק, נמצאו חומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים בכל דגימות האוויר שנאספו במקומות סגורים וברוב דגימות הדם הטבורי שנאספו מן הנשים הללו בעת הלידה.

קבוצת המחקר מאוניברסיטת קולומביה החלה לבדוק את האימהות מניו יורק בטרם ילדו. החוקרים מדדו ודירגו את רמות חומרי ההדברה מסוג זרחנים אורגניים בכמה מאות נשים הרות; הנשים שרמת חומרי ההדברה אצלן הייתה מתחת לסף הגילוי מוקמו בתחתית הדירוג. בשלב הבא של המחקר העריכו



מסוימות. מצטברות ראיות גם לכך שהשפעתם הביולוגית השלילית של חומרי הדברה איננה מוגבלת לחרקים שנגדם הם מכוונים. "אנחנו מכניסים לשוק סוגים חדשים של חומרי הדברה 'מכווני-מטרה', בלי שאנחנו מבינים עד הסוף את השפעתם הבריאותית", אומרת איימי ליבמן, מהמחלקה לבריאות סביבתית ותעסוקתית ב-Migrant Clinicians Network.

צוות החוקרים מ'מאונט סיני' בדק לא רק את תוצאות החשיפה לחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים אלא גם את תגובתו הביוכימית של הגוף לחומרים הזרים האלה. פרופ' סטפני אנגל, אחת השותפות למחקר, הסבירה כי היא ועמיתיה חקרו גן מפתח בתהליך העיבוד של חומרי ההדברה האלה בגוף. ישנן כמה גרסאות של הגן הזה: אצל אנשים בעלי אחת הגרסאות עלולות להיות לו "השפעות גדולות יחסית על המטבוליזם של זרחנים אורגניים", לדברי אנגל, מרצה לאפידמיולוגיה בבית הספר 'גילינגס' לבריאות הציבור באוניברסיטת צפון קרוליינה. המחקר הראה שהשפעה שלילית של חומרי הדברה מתרחשת בעיקר בקרב ילדים לאימהות המעבדות את החומרים הללו בצורה פחות יעילה.

מצטברות ראיות גם לכך שהשפעתם הביולוגית השלילית של חומרי הדברה איננה מוגבלת לחרקים שנגדם הם מכוונים.

◀ האם יש רמת חשיפה בטוחה?

"עם כל עלייה בחשיפה ניכרה עלייה בהשפעה, ועם כל ירידה בחשיפה ניכרה השפעה נמוכה יותר", אמרה פרופ' ברנדה אשכנזי, מרצה לבריאות הציבור באוניברסיטת קליפורניה והחוקרת הראשית של המחקר בקליפורניה, "לא מצאנו רמת חשיפה מינימלית, רמה שמתחתיה לא הייתה השפעה". זהו עניין חשוב מאוד, משום שכיום ידוע שחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים עלולים לחדור את השליה ושהתפתחות העובר במהלך ההיריון רגישה מאוד להפרעות, ובכלל זה – של כימיקלים סינתטיים.

◀ מקורות

Elizabeth Grossman, From the Fields to Inner City, Pesticides Affect Children's IQ.

The story was originally published by *Yale Environment 360* and is translated and reprinted with permission of the author.

Website: <http://e360.yale.edu>



נזק עצבי לחרקים, אך גם לאנשים

פרופ' רבקה אינזלברג

המרכז למדעי המוח ע"ש יוסף סגול ומחלקת נירולוגיה
המרכז הרפואי שיבא, תל-השומר

גילוי הקשר בין חומרי הדברה ובין מחלת פרקינסון

מחלת פרקינסון היא מחלה ניוונית הגורמת לאובדן תאים המייצרים דופאמין ב"חומר השחור" במוח. המחלה מתבטאת באטיות בתנועות, ברעד בגפיים, בנוקשות שרירים ובאי-יציבות. מחלת פרקינסון מופיעה בעשור השישי לחיים, בשכיחות של כ-1% באוכלוסייה שגילה מעל 65 בעולם, וכנראה גם בארץ (שכיחות המחלה בארץ טרם נבדקה בדקה שיטתית). הגורם למחלה אינו ידוע, ומחקרים רבים עוסקים בגורמי הסיכון הסביבתיים למחלה זו.

בשנות השמונים התגלה חומר בשם MPTP אשר גרם להתפתחות תסמיני פרקינסון בקרב צעירים שהשתמשו בנגזרות של הרואין שהכילו את החומר. MPTP גורם לתסמיני פרקינסון דרך הרס של תאי הדופאמין. MPTP אמנם אינו מצוי בטבע, אך קוטל החרקים פאראקואט (paraquat) המשמש בחקלאות הוא חומר הומולוגי ל-MPP, נגזרת של MPTP. היום ידוע שפאראקואט הוא רעלן הגורם להרס תאי הדופאמין. עובדה זו מבוססת בספרות המדעית, ויש גם מודל חיה המלמד שמתן פאראקואט, קוטל המזיקים רוטנון (rotenone) או קוטל הפטריות מאנב (maneb) לחיות מעבדה גורם להן לפתח תסמינים פרקינסוניים. חשיפה של חיות מעבדה לחומרי הדברה מסוג רוטנון גורמת לשקיעה של החלבון אלפא סינוקלאין ולהרס תאי דופאמין באופן דומה לתהליך שמתרחש במחלת פרקינסון.

שילוב מסוכן

הקשר בין חשיפה לחומרי הדברה ובין הופעה מאוחרת של מחלת פרקינסון נחקר כבר עשרות שנים. מאמר מערכת שפורסם בשנת 2009 דן בהרחבה בקשר הסיבתי בין חומרי הדברה ובין התפתחות מחלת פרקינסון. מטא-אנליזה של תוצאות המחקרים בנושא זה חיברה נתונים מ-19 מחקרים שנערכו בשנים 1989-1999; המאמר דיווח כי הסיכון ללקות בפרקינסון בקרב הנחשפים לחומרי הדברה גדול פי שניים מבקרב אלו שאינם חשופים להם.

הסיכון ללקות בפרקינסון בקרב הנחשפים לחומרי הדברה גדול פי שניים מבקרב אלו שאינם חשופים להם.

בחינת המסקנות של המאמרים האפידמיולוגיים המבוקרים שנכתבו בעשור האחרון – שכל אחד מהם כלל אוכלוסיית מחקר של יותר מ-100 חולים ו-100 בריאים – מלמדת שהמצאים מובילים לתמימות דעים בנוגע לעלייה בסיכון לחלות במחלת פרקינסון בעקבות חשיפה לחומרי הדברה. מקצת המחקרים מצאו קשר מובהק למספר שנות החשיפה במהלך החיים, ואחרים – לדרך החשיפה, חשיפה עורית או חשיפה נשימתית. עוד גורם שהעלה את הסיכון, עד פי ארבעה, היה שימוש משולב בשני סוגים של חומרי

הדברה, גם אם מדובר בחשיפה באזור המגורים של הנחשף ולא בהכרח בחשיפה תעסוקתית. לרוב נעשה שימוש ביותר מחומר הדברה אחד, אך המחקרים בנושא מתמקדים רובם בחומר הדברה אחד ובהשפעתו. מחקר שבדק את החשיפה המשולבת לחומרי ההדברה מאנב ופאראקואט מצא שההשפעה הניורוטוקסית של שילובם חזקה מהשפעת כל אחד מהם בנפרד.

בשנת 2009 פורסם מאמר המדווח על קונצנזוס עולמי המאשר את הקשר בין עבודה בחקלאות וחשיפה לחומרי הדברה לבין סיכון מוגבר למחלת פרקינסון. ואולם החוקרים ציינו שאין ביכולתם לפרט את חומרי ההדברה הספציפיים שאחראים למחלה.

פרקינסון בישראל

בארץ יש חולי פרקינסון רבים שידוע על קשר סיבתי בין הופעת מחלתם ובין חשיפה תעסוקתית לחומרי הדברה מסוג קוטלי חרקים וקוטלי עשבים. הביטוח הלאומי הכיר בקשר זה וקבע כי מחלתם היא מחלת מקצוע.

מחקר אפידמיולוגי שנערך בארץ הראה קשר בין חשיפה לחומרי הדברה ובין פרקינסון, לנוכח השכיחות הגבוהה של המחלה ביישובים חקלאיים בדרום הארץ. למרבה הצער, בכל הנוגע לחשיפה תעסוקתית, אין בישראל חוקים הדורשים בדיקה של תנאי החשיפה, אין יישום ואכיפה של אמצעי מניעה ומיגון ואין הדרכה מוסדרת בנוגע להתנהגות נאותה בכל הקשור למיגון. לכן ראוי להסדיר את ההכרה בזכויות המטופלים שיש להם זיקה סיבתית למחלה זו.

זאת ועוד: בישראל, כבשאר העולם, דרוש מחקר נוסף שיבדוק את שכיחות מחלת פרקינסון הקשורה לחשיפה תעסוקתית ואת הקשר של המחלה לתעסוקה ולגנטיקה גם יחד.

מקורות

Bronstein, J., et al. (2009). Meeting report: Consensus statement – Parkinson's disease and the environment: Collaborative on Health and the Environment and Parkinson's Action Network (CHE PAN) Conference 26-28 June 2007. *Environmental Health Perspectives*, 117, 117-121.

Cicchetti, F., et al. (2009). Environmental toxins and Parkinson's disease: What have we learned from pesticide-induced animal models? *Trends in Pharmacological Sciences*, 30, 475-483.

Herishanu, Y.O., et al. (2001). A case-control study of Parkinson's disease in urban population of southern Israel. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 28, 144-147.

Franco, R., et al. (2010). Molecular mechanisms of pesticide-induced neurotoxicity: Relevance to Parkinson's disease. *Chemico-Biological Interactions*, 188, 289-300.

Langston, J.W., et al. (1984). Selective nigral toxicity after systemic administration of MPTP in the squirrel monkey. *Brain Research*, 292, 1480-1482.

Priyadarshi, A., et al. (2000). A meta-analysis of Parkinson's disease and exposure to pesticides. *Neurotoxicology*, 21, 435-440.

אפשר אחרת - הדברה משולבת

הדברה משולבת (Integrated Pest Management) היא גישה כוללת לשיטות הדברה המתוכננות ומיושמות תוך הקפדה על פגיעה מינימלית בסביבה ובאדם כתוצאה משימוש בכימיקלים סינתטיים. את שיטות אלו ניתן ליישם הן בשטחים חקלאיים (משרד החקלאות ופיתוח הכפר תומך בפרויקטים של הדברה משולבת) והן באזורים של מגורים, גינות ואזורי עבודה ולימודים.

הדברה משולבת היא אסטרטגיה המבוססת על אקוסיסטמות. זו הדברה המתמקדת במניעה לטווח ארוך – של מזיקים או של הנזק שהם גורמים – באמצעות שילוב של טכניקות כגון הדברה ביולוגית, מניפולציית בית גידול, שינוי מנהגים תרבותיים ושימוש בזני גידולים עמידים. השימוש בכימיקלים סינתטיים להדברה נעשה רק כשמתברר, בעקבות מעקב אחר מזיקים, שחומרי ההדברה אכן נחוצים (תהליך נעשה על-פי הנחיות שנקבעו מראש). הטיפולים ממוקדים במטרה: להיפטר אך ורק מאורגניזם היעד. הבחירה בחומרי ההדברה והשימוש בהם נעשים כך שהסיכון יהיה מזערי – לבריאות האדם, לאורגניזמים מועילים ולא להאליה שאינם מטרת ההדברה ולסביבה.



בעיות של פוריות ובעיות במערכת הרבייה של גברים הן אתגר של ממש לבריאות הציבור בעולם, בפרט לנוכח העדויות לעלייה בשכיחותן. בעולם ובישראל נפוץ השימוש בחומרי הדברה מגוונים, ומחקרים עדכניים מוסיפים מידע שלפיו לחשיפה לחומרי הדברה השפעה מזיקה אפשרית על מערכות שונות בגוף האדם, ובפרט על מערכת הרבייה הגברית.

חשיפה ומערכת הרבייה הגברית

בשנת 1977 דווח על ירידה בשיעורי הילודה בקרב משפחות של גברים שעבדו במפעל לייצור חומרי הדברה בקליפורניה. בתקופה היא עסק המפעל בייצור חומר ההדברה דיברומוכלורופופאן (DBCP) המשמש בחקלאות. שנה לאחר מכן פרסמו פוטשניק ועמיתיו דוח דומה על עובדים במפעל לייצור חומרי הדברה, שבאו במגע עם אותו חומר. דוח זה הציג את השפעתו המדכאת של DBCP על ייצור הזרע האנושי (spermatogenesis). כמו כן, נמצא קשר בין חומרי הדברה אחרים, כגון אטילן די-ברומיד וקרבריל, לבין ירידה בתפקוד הזרע ובפוריות הגבר.

במחקר שנערך בארצות הברית, בקרב גברים החיים בסמיכות לשטחים חקלאיים נמצאו ספירות זרע נמוכות מבקרב גברים החיים בערים, ונמצא קשר בין איכות זרע נמוכה ובין רמה גבוהה יותר של מטבוליטים של חומרי הדברה (מסוג אלכלור, אטרזין ודיאזינן) בשתן. מחקר אחר מצא יחס נמוך יותר של זרע תקין ורמות נמוכות יותר של הורמוני מין בקרב עובדים מפרו שהשתמשו בחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים. במחקר שפורסם לאחרונה נמצא כי בקרב חולים בסרטן אשכים יש רמות גבוהות יותר של חומרי הדברה מסוג אורגנוכלורונים בסרום מבקרב קבוצת ביקורת של בריאים. במחקר בסין בקרב גברים שנחשפו בעבודתם לחומרי הדברה נמצא קשר בין החשיפה לבין רמות של הורמוני מין.

תופעות רבות - תסמונת אחת?

במדינות רבות בעולם ניכרת בעשורים האחרונים עלייה במספר היילודים ממין זכר הנולדים עם מומים במערכת המין, וכן עלייה במספר הגברים הסובלים מבעיות פוריות ומסרטן האשכים. אחת הסיבות הסבירות לעלייה זו היא השפעתם ההולכת וגוברת של זיהומים סביבתיים, ובהם חומרי הדברה, על בעיות של פוריות ועל מחלות אחרות במערכת המין והרבייה של גברים.

פרופ' נילס סקאקבק, חוקר פורץ דרך בתחום של פוריות הגבר, היה הראשון שהעלה את ההשערה שבמקרים רבים איכות זרע ירודה, סרטן האשכים ומומים מולדים מסוג אשכים טמירים והיפוספדיאס (סדק תחתית השופכה) הם חלק מתסמונת אחת: Testicular Dysgenesis Syndrome (TDS). על-פי השערתו של סקאקבק, פגיעה תוך-רחמית

הדברה ושל הקשרים ביניהם הכרחיים לצורך זיהוי ואפיון של אוכלוסיות בסיכון בד בבד עם נקיטת צעדי מניעה מתאימים.

בהתפתחות האשכים יכולה לבוא לידי ביטוי באחת מההפרעות האלו בהמשך החיים. יש כמה מחקרים התומכים בהשערה שחשיפה לחומרי הדברה היא אחד הגורמים לכך.

במחקר בדנמרק נמצא סיכון מוגבר ב-67% לאשכים טמירים בקרב ילדים לאימהות העובדות בתחום הגינון, החשופות יותר לחומרי הדברה. במחקר אחר שנערך בדנמרק נמצאו תופעות של פין קצר יותר ואשכים קטנים יותר בקרב ילדים לאימהות שנחשפו לחומרי הדברה בתחילת ההיריון. המעקב נעשה כשהילדים היו בני 6-11.

נמצא קשר בין איכות זרע נמוכה ובין רמה גבוהה יותר של מטבוליטים של חומרי הדברה (מסוג אלכלור, אטרזין ודיאזינן) בשתן.

מקורות

Farhi, J. & Ben-Haroush, A. (2011). Distribution of causes of infertility in patients attending primary fertility clinics in Israel. *Israel Medical Association Journal*, 13(1),51-54.

Giannandrea, F., et al. (2011). Pesticide exposure and serum organochlorine residuals among testicular cancer patients and healthy controls. *Journal of Environmental Science and Health B*, 46(8), 780-787.

Padungtod, C., et al. (1998). Reproductive hormone profile among pesticide factory workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 40(12),1038-1047.

Potashnik, G., et al. (1978). Suppressive effect of 1,2-dibromo-3-chloropropane on human spermatogenesis. *Fertility Sterility*, 30, 444-447.

Skakkebaek, N.E., et al. (2001). Testicular dysgenesis syndrome: An increasingly common developmental disorder with environmental aspects. *Human Reproduction*, 5, 972-978.

Swan, S.H., et al. (2003). Semen quality in relation to biomarkers of pesticide exposure. *Environmental Health Perspectives*, 111, 1478-1484.

Yucra, S., et al. (2006). Semen quality and reproductive sex hormone levels in Peruvian pesticides sprayers. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 12, 355.

Weidner, I.S., et al. (1998). Cryptorchidism and hypospadias in sons of gardeners and farmers. *Environmental Health Perspectives*, 106, 793-796.

Wohlfahrt-Veje, C., et al. (2012). Smaller genitals at school age in boys whose mothers were exposed to non-persistent pesticides in early pregnancy. *International Journal of Andrology* [Epub ahead of print].

המצב בישראל

בישראל, כמדינות אחרות בעולם (בעיקר בעולם המפותח), ישנן עדויות מצטברות למגמת עלייה במספר הגברים הסובלים מבעיות פוריות וממחלות במערכת הרבייה. נתוני רישום הסרטן הלאומי מצביעים על עלייה במספר הגברים הסובלים מסרטן האשכים. ואולם קשה להעריך את מגמות שיעורי ההיפוספדיאס והאשכים הטמירים בישראל (כמקומות אחרים), בשל אי-יציבות הנובעת מהקושי לאסוף מידע מהימן ומלא לאורך השנים. מחקרים מצומצמים בהיקפם על איכות הזרע בקרב גברים ישראלים מרמזים על מגמת ירידה, אך חסרים נתונים ארציים ארוכי טווח בנושא זה.

במסגרת מרכז המציאות למחקר בחקלאות, בריאות וסביבה של האוניברסיטה העברית, התחלנו לאחרונה במחקר שעתידי לבחון את הקשר בין חשיפה לזרחנים אורגניים לבין רמות של הורמוני מין בקרב גברים בירושלים.

ניטור ומחקר של בעיות במערכת הרבייה או בעיות פוריות של הגבר הישראלי, של חשיפה לחומרי

הכנס השנתי לבריאות וסביבה

הכנס השנתי החמישי של הקרן לבריאות וסביבה, **ממדע למדיניות**, יתקיים ב-31 בדצמבר 2012.

מהנושאים שיידונו בכנס:

- ☞ מקורות ייחודיים לזיהום סביבתי בישראל
- ☞ ממצאים אחרונים על ההשלכות הבריאותיות של החשיפה לזיהום סביבתי בישראל
- ☞ האתגר שבתרגום ממצאים מדעיים למדיניות שמטרתה להגן על בריאות האוכלוסייה

מרצה אורח:

פרופ' ג'ונתן סאמט, רופא ואפידמיולוג מאוניברסיטת דרום קליפורניה. פרופ' סאמט שירת בוועדות רבות שעסקו בתרגום המדע למדיניות, ועומד כיום בראש הוועדה המדעית המייעצת לסוכנות האמריקאית להגנת הסביבה (EPA) בנושא אויר נקי.

מלגות ללימודים מתקדמים / השתלמות בחו"ל

בכל שנה מעניקה הקרן לבריאות וסביבה עד ארבע מלגות להשתלמות פוסט-דוקטורט, באוניברסיטאות מובילות בארצות הברית ובאירופה, בנושאי מחקר הקשורים להשפעת זיהום סביבתי על בריאות האדם.

המלגות מיועדות לבעלי תואר PhD או MD. ישנם שני מועדים בשנה להגשת בקשות למלגה, האחד בחורף והשני באביב.

☞ התאריך האחרון להגשת הבקשות למלגה (במועד הקרוב): 2 בדצמבר 2012

פרטים מלאים באשר לתוכנית והגשת מועמדות ניתן למצוא באתר הקרן.

תכשירים ביתיים עלולים להכיל חומרי הדברה המכילים שימוש זהיר. חשוב לקרוא את הוראות השימוש ולפעול על פיהן, וכן לשטוף ידיים לאחר השימוש. מובא כאן מידע שיכול לעזור למנוע טעויות נפוצות ומזיקות בשימוש בחומרי הדברה:

תכשירים נגד יתושים



תכשירים שמטרתם להגן מפני עקיצות יתושים (כגון תרסיסים, מגבונים מיוחדים, טבליות או נוזל אידוי במכשירים המופעלים בחשמל) עלולים להכיל חומרים פעילים שהם כימיקלים רעילים, כגון ביואלתרין (Bioallethrin), פיפרוניל בוטוקסיד (Piperonyl butoxide) ודיאטילטולואמיד (הידוע בשם deet). שימוש בתכשירים המכילים חומרים אלו משמעו לרוב מגע ישיר של הגוף עם החומרים, ולכן חשוב להקפיד על שימוש לפי ההנחיות. כשמדובר בטבליות ובנוזל האידוי, שאין להן מגע ישיר עם הגוף, ההנחיות מדגישות כי השימוש במכשיר מיועד למבוגרים ולילדים מעל גיל שלוש, והוא אינו מומלץ לשימוש בקרבת אנשים רגישים. עוד מצוין בהנחיות כי השימוש במכשיר המכיל נוזל או טבליית אידוי צריך להיעשות כשהחלון בחדר פתוח ובמרחק של שני מטרים מהישנים בחדר.

קולרים נגד קרציות ופרעושים



הקולרים שעונדים על צוואריהם של כלבים וחתולים כדי להרחיק מהם קרציות ופרעושים עלולים גם הם להכיל חומרי הדברה, כדוגמת פרופוקסור (Propoxur) החשוך כחומר מטרטן בבני אדם. חומר ההדברה ספוג בתוך הקולר ומשתחרר לאורך פרק זמן של כמה חודשים לתוך עורו של בעל החיים. מאחר שכלבים וחתולים הם חיות מחמד ביתיות, לעתים קרובות יש סכנה שחומרי ההדברה מהקולרים יגיעו גם אל בני האדם – לעור, לעיניים ולפה. תינוקות וילדים קטנים המרבים להכניס את הידיים לפה נתונים בסיכון גבוה יותר, ולכן ההנחיות מורות למנוע מילדים קטנים, מתינוקות ומנשים הרות מגע בקולר ובבעלי החיים העונדים את הקולר. שימוש שלא על-פי ההנחיות עלול לחשוף גם את בעל החיים עצמו לכמות גדולה מדי של חומר הדברה.

תכשירים להרחקת עש



כדורי נפטלין ומשמידי עש מבושמים, הנפוצים היום, עלולים אף הם להכיל חומרי הדברה, כגון פאראדיכלורובנזן (Paradichlorobenzene) או אמפנטרין (Emperthrin) – חומר הדברה מסוג פירטרואיד. מאחר שהשימוש בתכשירים אלו נעשה לרוב בתוך אזורי אחסון סגורים ולא מאווררים, רצוי לאוורר חללים שבהם משתמשים בתכשירים.

כדאי לזכור כי יש גם חלופות טובות יותר לבריאותנו, ולעיתים הן מועילות לא פחות: שימוש בכילה, ברשתות בחלונות ובתכשירים טבעיים להגנה מפני יתושים. ולהרחקת עש מהבגדים – שימוש במלכודות דבק ובצרוור פרחי לוונדר.

כתבה: נעמי מנדל-לוי