

# סיכונים ביוולוגיים במקומות עבודה

מאת: ד"ר איתן ישראלי וינינה גיטלמן  
ביקורת מקצועית: פרופ' אלכס דונגי, ד"ר ג'וליה הדר  
עריכה והפקה: יעקב צויגהפט  
גרפיקה ועימוד: מוטי קדם

במימון הועדה לפעולה מונעת ומחקר בבריאות בעבודה  
משרד העבודה והרווחה

אפריל 1998

© כל הזכויות שמורות

למוסד לבטיחות ולגיהות - מחלקת הוצאה לאור.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר - כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.

ISBN 965-490-017-3

# תוכן העניינים

## עמוד

5.....	פתח דבר
7.....	מבוא:
9.....	פרק ראשון - חשיפה לסיכונים ביולוגיים
24.....	פרק שני - דרכי ההדבקה והחדירה לגוף
27.....	פרק שלישי - על כפפות, דקירות ואלרגיות
35.....	פרק רביעי - תפקידים וכישורים של ממונה בטיחות ביולוגית
39.....	פרק חמישי - התמודדות עם זיהומים מיקרוביאליים באוויר
48.....	פרק שישי - מחלות פריונים וסיכונים בפתולוגיה
54.....	פרק שביעי - הגנה בפני הדבקות תעסוקתיות בשחפת
59.....	פרק שמיני - תיאורי תאונות והדבקות בעבודה עם גורמים ביולוגיים
70.....	פרק תשיעי - נהלים, תקנות והערכות הסיכונים הביולוגיים
84.....	פרק עשירי - בטיחות בביוטכנולוגיה
88.....	פרק אחד עשר - מינדפים ביולוגיים ומסנני HEPA, תקנים, בדיקה ואישור
100.....	פרק שנים עשר - מצוות "עשה" ו"אל תעשה" בעבודה עם גורמים ביולוגיים

## נספחים

105.....	נספח 1 - טופס ביקורת לבטיחות במעבדות
111.....	נספח 2 - טופס הסכמה/סירוב של העובד/העובדת לקבלת חיסון נגד צהבת B
113.....	נספח 3 - המלצות שירות בריאות הציבור בארה"ב לטיפול בעובדים לאחר חשיפה תעסוקתית ל-HIV (MMWR 7 ביוני 1997)
115.....	נספח 4 - תקנות בריאות העם (טיפול בפסולת במוסדות רפואיים), התשנ"ז - 1997
118.....	מפתח הקיצורים
119.....	מקורות

## פתח דבר

סיכונים ביולוגיים מצויים במגוון מקומות עבודה ולאז דוקא במעבדות. לתחום הספציפי של מעבדות, ניתן ביטוי וכיסוי, עם הוצאתה לאור, בשנת 1989, של ספר "בטיחות במעבדות ביולוגיות".

בספר זה, שמיועד בעיקר למנהלים, לאחראים ולממוני בטיחות, במגוון מקומות העבודה, בהם יש סיכונים ביולוגיים, תמצאו מידע מקיף על סוגי הסיכונים, על דרכי ההדבקה והחדירה לגוף וכמובן על השיטות, האמצעים והדרכים לסילוק הסיכונים ו/או להפחתת סיכוני ההדבקה.

מגוון מצוות "עשה" ו"אל תעשה", המרוכזות בפרק 12, מהווה את תמצית החוברת ומאפשר, עם מיון מתאים, להכין נהלים פנימיים רלוונטיים, לכל מקום עבודה שבו יש סיכונים ביולוגיים.

עיון ולימוד החומר, כמו גם הכנת נהלים פנימיים, יאפשרו לכם לקדם, בקפיצת מדרגה, את מניעת הסיכונים הביולוגיים במקום עבודתכם.

בברכה



מ. שורץ  
מנהל המוסד  
לבטיחות ולגיהות

**הארה:** הוצאתה לאור והפצתה של חוברת זו התאפשרו תודות למימון הועדה לפעולה מונעת ומחקר בבריאות בעבודה (משרד העבודה והרווחה) ועל כך תודתנו.

## מ ב ו א

ספר קודם בנושא סיכונים ובטיחות במעבדות ביולוגיות, יצא לאור בהוצאת המוסד לבטיחות ולגיהות בשנת 1989. הספר הנ"ל היה מיועד למגוון רחב של אנשים במקצועות הביולוגיה, המיקרוביולוגיה והביוטכנולוגיה, אך בעיקר התמקד בעבודה עם גורמים ביולוגיים ברמת המעבדה וריכז מידע על הסיכונים הביולוגיים שעובדי מעבדה חשופים להם והדריך כיצד להימנע מהידבקות.

הספר הינו מדריך לשימוש נכון בציוד בטיחותי המתאים לסיכון הביולוגי, לנוהלי עבודה בטיחותיים ולתכנון מעבדות בטיחותיות ברמות שונות.

הספר הנוכחי, שהוא חלק מסדרה של ספרות טכנית, שהמוסד לבטיחות ולגיהות יזם את הפצתה, מיועדת בעיקר לממונים על בטיחות במקומות עבודה שונים, ולא-דווקא במעבדות. ייעודו לספק מידע וכלי עבודה בידי ממונה בטיחות, בנושאים הקשורים בסיכונים ביולוגיים, לרכז את הסיכונים בצד מצוות "עשה" ו"אל תעשה", ולעזור לממונה בהערכת הסיכון של העובדים לגורמים ביולוגיים.

המושג "גורם ביולוגי" מתייחס למיקרואורגניזמים, העשויים להיות מופצים במקומות עבודה, בצורה זו או אחרת, והעלולים לגרום לעובדים נזק בריאותי כלשהו. הנזק עלול להתרחש רק אם העובד "נחשף" לגורם ביולוגי (או לתוצריו). המושג "חשיפה" במקרה זה מתייחס לקליטה בדרך כלשהי מסביבת העבודה אל תוך הגוף. עובד הנמצא בסביבת עבודה המכילה גורמים ביולוגיים, נמצא ב"סיכון ביולוגי". רמת הסיכון נקבעת בעזרת שיטות להערכת סיכונים, הלוקחות בחשבון מספר משתנים, ויכולות להצביע על נקודות תורפה שיש לשים לב אליהן, ועל דרישות לציוד ותנאי בטיחות ייחודיים.

מפתח הקיצורים של המונחים באנגלית ותרגומם לעברית מופיע בעמוד 118.

# פרק ראשון

## חשיפה לסיכונים ביולוגיים

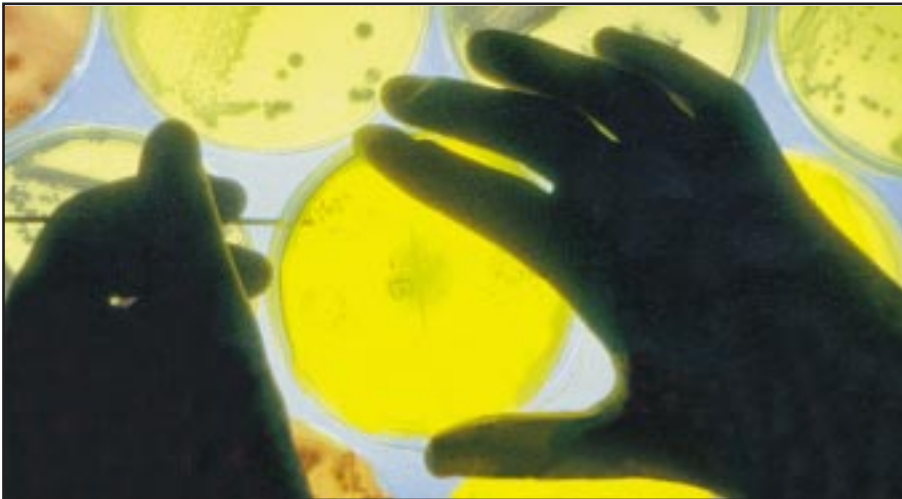
### גורמי הסיכון

לפני שנצביע על מקומות העבודה והמקצועות הנמצאים בסיכון ביולוגי, נתמקד בגורמי הסיכון, במקורותיו ובאופיו.

גורמי הסיכון נקראים "גורמים ביולוגיים", שהם מיקרואורגניזמים, חד או רב-תאיים או שאינם תאיים, היכולים לגרום נזק בריאותי ישיר, על - ידי חדירתם והתרבותם בגוף האדם, או נזק בריאותי עקיף על-ידי חומרים המופרשים מהם לסביבה.

- מיקרואורגניזמים אלה נחלקים לארבע קבוצות עיקריות:
- א. חיידקים וריקציות.
  - ב. נגיפים ופריונים.
  - ג. טפילים.
  - ד. פטריות.

א. חיידקים (בקטריות) הם מיקרואורגניזמים חד-תאיים, המכילים את כל המידע והמערכות הדרושות לצורך התרבותם. הם מתרבים על-ידי חלוקה לשניים, וחלקם מסוגלים ליצור צורות עמידות בתנאי סביבה קשים (חום, יובש), הנקראות נבגים.



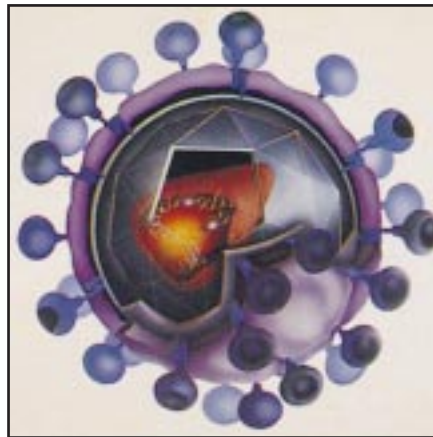
בידוד חיידקים גורם למעשה לריבויים; הסיכון גדל כשמטפלים בתרביות הצמוחות

מצויים בעולם אלפי סוגי חיידקים, שרובם אינם מהווים כל סיכון לאדם, אלא להיפך - מביאים תועלת. אך כמאה זנים עלולים לגרום נזק בריאותי באדם ובבעלי חיים. כדוגמאות נזכיר את חיידקי השחפת, החולירע והדבר.

תת-קבוצה בתוך קבוצת החיידקים נקראת ריקציות. אלה מיקרואורגניזמים חד-תאיים, היכולים להתרבות רק בתוך תא חי. הם נקלטים על-ידי תאי האורגניזם המאחסן, מתרבים בתוכם ובכך גורמים לנזק בריאותי. כל הזנים הידועים (שמספרם עשרות בודדות) גורמים מחלות, שהידועות בהן הן קדחת

הכתמים (טיפוס הבהרות) ומחלות חום אחרות. חלק מהריקציות מועבר בין בעלי חיים לבני אדם באמצעות קרציות או כינים. גודלם של החיידקים נע בין 0.5 מיקרומטר למספר מיקרומטרים בודדים, וניתן לצפות בהם במיקרוסקופ אור.

ב. נגיפים (וירוסים) מכילים אמנם את כל המידע הדרוש להתרבות, אך חסרים את מערכות ה"ייצור" לצורך התרבות עצמאית. כאמור, הנגיפים מכילים את כל המידע הגנטי הדרוש להתרבותם בחומר התורשתי, המופיע בטבע בצורת סלילים ארוכים של מולקולות עשויות דנ"א (DNA) או רנ"א (RNA). חומר זה עטוף בסוגי חלבונים שונים, העוזרים לנגיף לחדור לתוך תא חי ולהתחיל בהתרבות. החומר הגנטי של הנגיף משתלט ומנצל את מערכת ה"ייצור" של התא, לשם ייצור החומר הגנטי שלו עצמו והחלבונים שהוא זקוק להם. הנזק הבריאותי נגרם עקב מות התאים. במאמר מוסגר נציין, שיש נגיפים המתקיפים חיידקים ומשתמשים בתא החיידק כבית חרושת ליצור עותקים נוספים של עצמם.



תיאור סכימתי של נגיף האיידס (HIV)

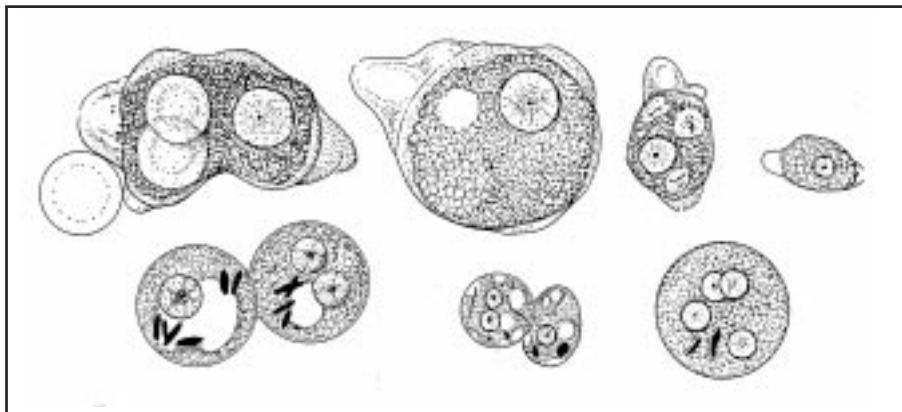
עקב אופיים זה, הרוב המכריע של הנגיפים, שמספרם נאמד באלפים, גורם נזקים בריאותיים באדם ובחיה. גודלם נמדד באלפיות מיקרומטרים, וניתן לצפות בהם במיקרוסקופ אלקטרוניים בלבד. כדוגמה נזכיר את נגיפי השפעת, הצהבת, הכלבת וכמובן נגיף האיידס.

הגורם הביולוגי הנוסף שהוזכר לעיל יחד עם קבוצת הנגיפים נקרא פרוין. השם הינו קיצור של ההגדרה באנגלית, שפירושה "אורגניזם חלבוני מדביק" (בעברית היינו אמורים לכנותו לכן "או-חל-מד"). אורגניזם זה הינו יוצא דופן בעולם החי והצומח, באשר הוא עשוי חלבון בלבד, ואינו מכיל כל חומר גנטי! הוא מהווה עדיין תעלומה בעולם המדע, אך אין ספק שהוא מסוגל להדביק בעלי חיים ובני אדם ולגרום מחלות. המפורסמת שבהן - מחלת "הפרה המשוגעת", והמקבילה לה באדם נקראת מחלת קרויצפלד-יעקב. מחלות אלה מתבטאות בהרס תאי המוח, בשיטיון (סניליות) מוקדם ובמות (וראה פרק 6).

ג. הטפילים (פריזיטים), השייכים לעולם החי, כשמשם כן הם, נטפלים למאחסן וחיים בגופו פרקי זמן שונים, עד הגעתם לבגרות או לתמיד. יש בהם חד-תאיים, למשל אמבות, הגורמות דלקות מעיים, או טפיל הקדחת (פלסמודיום); ויש בהם רב-תאיים, דוגמת תולעים המתיישבות במעיים או טפיל הבילהרציה החודר דרך העור.

החד-תאיים ניתנים לצפייה במיקרוסקופ אור, והרב-תאיים גדולים דיים אף להבחנה בעין בלתי מזוינת.

ד. לעולם הפטריות המוכרות לנו במאכלים שונים, משתייכים גם מספר זנים העלולים לגרום נזק בריאותי. חלקם גורמים מחלות וחלקם מפרישים רעלים מסוכנים, העלולים לגרום הרעלות ואף מוות. זנים מסוימים חיים על גופנו כטפילים, מתחת לציפורניים או במקומות מוצנעים דוגמת הפטריה קנדידה.



צורות שונות של אמבות כפי שהן מופיעות בצואה

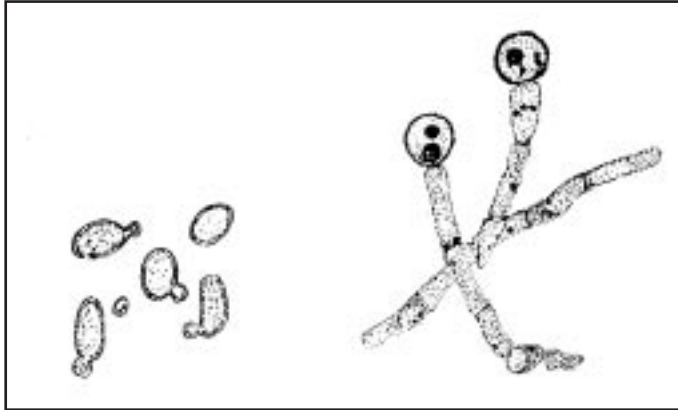
לעתים זנים אלה ואחרים עלולים להתפרץ ולהתפשט בגוף כולו, ולגרום נזק בריאותי קשה, שהינו מסובך ביותר לטיפול ולריפוי. הפטריות בנויות תאים היוצרים בדרך כלל קורים והן ניתנות לצפייה במיקרוסקופ אור.

ב-1988 פירסם ריצ'רד וונזל מחקר שסקר הדבקות בבתי-חולים. התוצאות היו מדהימות ומאיימות: 40% ממקרי המוות היו כתוצאה מהדבקה פטרייתית. עיקר האיום הפטרייתי מכוון לאנשים שהמערכת החיסונית שלהם פגועה - חולי איידס, חולי סרטן מטופלים בכימותרפיה, או אנשים מטופלים בחומרים מונעי דחיית שתל. ההדבקות הנפוצות נגרמות על-ידי קריפטוקוקוס, קנדידה, היסטופלסמה וקוקסידיוס ופטריית אחרות, שבעבר לא הוכרו כגורמות מחלות באדם. המיקולוגים מעריכים שיש כמאה אלף מיני פטריות, שמהם כ-150 עשויים לגרום מחלה באדם או בבעלי חיים.

הפטריית מאיימות לא רק על פגועי מערכת החיסון. בינואר 1994, רעידת האדמה ליד לוס אנג'לס גרמה לאוירוסולים פטרייתיים לעלות מן האדמה, והם גרמו 170 הדבקות באנשים שהיו קודם לכן בריאים. זאת, לאחר עלייה במספר ההידבקות שם מ-400 ל-4500 בשנה במשך 3 שנים. שלטונות הבריאות מודאגים מאוד מהתופעה מכמה סיבות:

- אין מספיק חומרי רפואה נגד פטריות.
  - הפטריות מפתחות עמידות לכימיקלים.
  - רשימת הפטריות המסוגלות לגרום מחלה הולכת וגדלה.
  - המחקר בפתוגניות של פטריות אינו מתקדם מספיק.
- מחקר של ה-CDC (המרכז לבקרת מחלות ומניעתן בארצות-הברית) הראה שבעשור האחרון הוכפל מספר מקרי ההדבקות הפטרייתיות בבתי-חולים, אישר את מחקריו של וונזל, וקבע ש-80% ממקרי ההדבקות היו מזני קנדידה. המחקר מציע חיסון לתושבים באזורים אנדמיים, וריכוז מאמצים במחקר הפתוגניות של פטריות.





פטרייה מסוג קנדידה, כפי שהיא מופיעה בכיח (משמאל) ובתרביט (מימין)

## מקורות הסיכון הביולוגי

בין מקורות הסיכון הביולוגי ניתן למנות כל אותם מקורות העשויים לשמש מוקד התרבות לגורמים ביולוגיים, ולהפצתם לסביבת בני האדם, בדרך שתגרום לחשיפה.

מאחר שכך, המקור העיקרי לנשיאת גורמי מחלה העלולים להדביק בני אדם הוא האדם עצמו. כל מחלה שחלה בה אדם מסוים, עלולה לעבור לאדם אחר וזאת במספר דרכים: במגע ישיר, דרך האוויר, או בחדירה אקטיבית דרך העור או באמצעות אביזר מתווך (פירוט כל דרכי החשיפה - בהמשך).

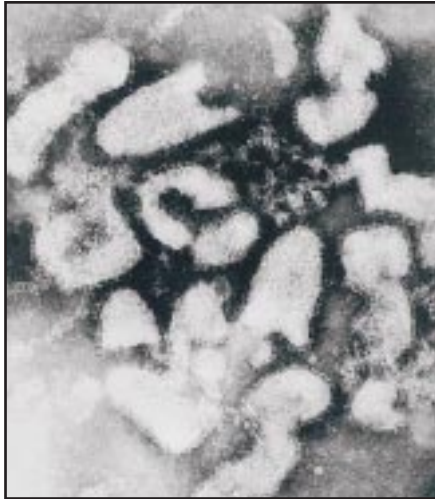
הדוגמה הנפוצה היא שפעת. אדם חולה שפעת מפזר לאוויר סביבתו מיליוני נגיפים מתוך דרכי הנשימה שלו. כל שיעול או התעטשות יוצרים באוויר אוירוסול של טיפיות קטנות המכילות נגיפים. טיפיות אלה מתייבשות חלקית באוויר, ורובן מגיעות לגודל פיסי של 1-10 מיקרומטר. טיפיות בגודל זה נשאפות לדרכי הנשימה ומגיעות עד לנאדיות הריאה (השלפוחיות הקטנות), שם הן עוברות נגישה (אימפקציה, התנגשות) בדופן. לנגיפים הנמצאים בתוכן יש גישה ישירה לתאי הריאה והם תוקפים אותם וחודרים לתוכם.



בהתעטשות פולט האדם לאוויר כמיליון חלקיקים, אך רק 40,000 מהם נראים לעין

הדבקות במחלות אחרות מתרחשות במגע מיני עם אדם חולה או נושא מחלה. דוגמת עגבת או איידס, אך סיכון זה אינו נפוץ ברוב המכריע של מקומות העבודה.

הידבקות במחלות יכולה להתרחש גם במגע עם הפרשות חולים או נוזלי גוף. המקור השני בחשיבות, מבחינת יצירת מוקד סיכון, הינו בעלי חיים. ידועים כ-200 גורמי מחלה המדביקים בעלי חיים ואדם כאחת. סדרת המחלות מסוג זה נקראת זואונוזות. ניתן להזכיר ביניהן את הכלבת, הדבר, הברוצלה (קדחת מלטה), והגחלת. חלק מהמחלות הנ"ל מועברות ישירות לאדם וחלקן באמצעות "מתווכים", שהינם בדרך כלל פרוקי רגליים - חרקים, קרציות, פרעושים וכו'.



גניף כלבת (צילום במיקרוסקופ אלקטרוני)



גם חיידקים "בלתי מזיקים" הנישאים על-ידי בעלי חיים עלולים לגרום מחלות באנשים פגועי מערכות החיסון, בחינת "זאב בעור כבש"

כמקור סיכון שלישי נזכיר את הסביבה. הגורמים הביולוגיים יכולים להימצא בכל מקום בסביבה - באוויר, במים או בקרקע. בני אדם עלולים לקלוט גורמים ביולוגיים מכל סוג ממקורות אלה, על-ידי נשימה, שתייה או אכילה ובמגע ישיר. אין כוונה כאן לזיהום הסביבתי שמקורו בבעלי חיים או בני אדם, שאף סיכון זה ודאי קיים, אך ניתן ליחסו למקורותיו הראשוניים. המדובר בהימצאות גורמים ביולוגיים בסביבה, המסוגלים להתרבות בה בצורה עצמאית ללא "עזרת" אדם או חיה. כדוגמה נביא חיידק בשם לגיונלה, הגורם ל"מחלת הלגיונרים". חיידק זה קיבל את שמו בעקבות ההתפרצות הראשונה שתועדה, ובה נדבקו ותיקי לגיון מסוים בארצות-הברית, בדלקת ריאות קשה, שהובילה באחוז ניכר מן המקרים למוות.

הלגיונרים הנ"ל התאכסנו במלון אחד בזמן כינוס, ולפתע חלו רבים מהם בדלקת ריאות מגורם בלתי ידוע. לאחר מחקר מעמיק התברר, שהמחלה נגרמה על-ידי חיידק "חדש". תחקיר נוסף הבהיר שחיידק זה מתרבה במים המשמשים לקירור מערכות מיזוג-אוויר, והוא מסוגל להגיע לריכוזים גבוהים ביותר במים אלה. מערכת מיזוג-האוויר של אותו מלון פיזרה כמויות נכבדות מן החיידקים הנ"ל לכל החדרים, ומאחר שרוב האורחים היו חברי הלגיון - הם היו גם רוב הנדבקים.

במערכות מיזוג-אוויר מתפתחים גם עבשים ופטריות, שבחלקם יוצרים נבגים. נבגים אלה וחלקים אחרים מאורגניזמים אלה, נתלשים ממקום גידולם על דפנות תעלות האוורור ומפוזרים בכל רחבי הבניין. חלק מהם עלולים לגרום מחלות, ולאחרים מייחסים נזקים בריאותיים אחרים, השייכים למושג שנקרא "תסמונת הבניין החולה". הבניין עצמו אמנם אינו "חולה", אך האנשים העובדים בו מפתחים תסמונת הכוללת כאבי ראש, עייפות ותופעות אלרגיות שונות.



צילום במיקרוסקופ אלקטרוני של חיידקי ליגיונלה, המתרבים במים וגורמים דלקת ריאות לאחר חשיפה לאירוסולים מידבקים. (הצבע אינו טבעי)

בקרע גדל מגוון רחב של פטריות, שבחלקן עלולות לגרום נזקים בריאותיים. הנזק מתרחש בעת ששלמות הקרקע נפגמת על-ידי חפירות ואפילו רעידת אדמה. פעילות זו משחררת את הפטריות מהקרקע והן עולות לאוויר בצורת אוירוסול ומדביקות את השוהים באזור. נספר כאן על אדם שעסק בגינון, ותוך עבודתו שיפסף עינו ביד שהייתה מלוכלכת באדמה. האדמה הכילה פטרייה מסוימת, שנקלטה בעין, התרבתה בה וגרמה דלקת חריפה. כשהגיע האדם לבית-החולים והבעיה זוהתה, כבר היה מאוחר מדי והוא איבד את עינו.

## אופיו של הסיכון הביולוגי

הזכרנו שהמאפיין את הסיכון הביולוגי הוא גרימת נזקים בריאותיים. הנזק הבריאותי הנפוץ ביותר הינו כמובן מחלות. המחלות יכולות להופיע בדרגות חומרה שונות: הדבקה סמויה, כלומר הנדבק לעתים אפילו אינו חש ברע, לעתים יש עליית חום מתונה או חולשה זמנית שאינה מיוחסת להדבקה, אך ניתן לאבחן מחלה כזאת על-ידי מעקב אחרי רמת הנוגדנים כלפי הגורם הביולוגי בדמו של האדם. מערכת החיסון שלנו מגיבה גם לגורמים החודרים לגוף בכמויות קטנות (שאינן מספיקות לגרום מחלה), ומייצרת במהירות נוגדנים בכמות גדולה, המספיקה לחסל את הפולש. תגובה כזאת, של עלייה ברמת הנוגדנים מצביעה על חשיפה לגורם הביולוגי ועל הדבקה סמויה.

הדבקות בגורמים אלימים יותר או בכמות גדולה יותר, יכולות להתפתח למחלות קשות, ובהתאם לזן הגורם, לגרום דלקות מעיים, דלקות ריאות, אלח דם או דלקות המוח וקרומיו. גורמים ביולוגיים מסוימים גורמים מחלות המסתיימות אף במוות בחלק ניכר מן החולים. דוגמה קיצונית היא מחלת האבולה המתפרצת באפריקה מדי מספר שנים. הגורם הינו נגיף, שאין נגדו חיסון, תרופה או טיפול. הוא פוגע בדפנות כלי הדם וגורם שטפי דם פנימיים בכל הרקמות, שמופיעים גם בהפרשות. שיעור מקרי המוות מגיע לכ-90%! אך ברוב המחלות הנפוצות במקומות העבודה, שיעור מקרי המוות נמוך בהרבה, הן עקב אופיים המתון יותר של הנזקים הנגרמים על-ידי הגורם הביולוגי, והן עקב אמצעי טיפול שונים, כגון תרופות, אנטיביוטיקה, תרכיבים וטיפול תומך אחר.

הסיכון הביולוגי לובש צורה אחרת במקרים שהגורם הביולוגי עצמו אינו גורם נזק בריאותי ישיר, אלא הנזק נגרם על-ידי חומרים רעילים שהוא מפריש, ואז מופיעות תופעות הרעלה.

אחד הרעלים החריפים ביותר הידועים הינו הרעלן (הטוקסין) של חיידק הבוטולינום. חיידק זה לכשעצמו אינו גורם מחלה, נמצא בקרקעות ואפילו אם יגיע לדרכי העיכול לא יתבסס בהם ולא ייגרם נזק. מאידך-גיסא, כשחיידק זה מתפתח בתנאים של חוסר חמצן (למשל בקופסאות שימורים), הוא מפריש את הרעלן הנ"ל. עם אכילת מזון, או חשיפה אחרת לרעלן זה, מתפתחת הרעלה חריפה, שעיקרה שיתוק שרירי הנשימה והנפגע למעשה מת מחנק. הכמות העולה לגרום למוות באדם היא קטנה מאד, בסדר גודל של מיליונית הגרם.



פעולות טיפול מסוימות בחולים מצריכות שימוש בלבוש מגן, כגון חלוק סגור, כפפות, משקפי מגן וכד' ולא כפי שמוצג בתמונה



אלרגיות לבעלי חיים מתפתחות בכ-15% מהעובדים איתם

חיידקים אחרים המסוגלים להתפתח בגוף מזיקים על-ידי הפרשת רעלנים בגוף. לדוגמה חיידק החולירע או חיידק שיגלה, הגורמים זיהומי מעיים, שלשולים והתייבשות, שהם תוצאה של פעילות רעלניהם. פטריות מסוימות (כולל פטריות מאכל) מפרישות רעלים מסוגים שונים, ושוב מתרחש נזק בריאותי, הן ישיר על-ידי הפטריה ורעלניה בגוף, והן עקיף על-ידי חשיפה לרעלנים שהופרשו מחוץ לגוף ונקלטו לתוכו (למשל עם המזון).

נזקים בריאותיים בעלי אופי שונה לחלוטין, העלולים להיגרם על-ידי גורמים ביולוגיים הינם אלרגיות. התגובה האלרגית של הגוף מופעלת על-ידי זרוע של מערכת החיסון. זרוע זו מפעילה קשת של תגובות, תוך שהיא מגיבה לחלבונים מסוימים שהגוף נחשף להם. התגובה יכולה להתחיל בפריחה אדמומית קלה או בעיטוש והפרשת ריר ממערכת הנשימה; ויכולה להגיע עד תגובה חריפה של קצרת, פצעים קשים בעור ואפילו הלם, התנפחות עקב צבירת נוזלים ובמקרים מסוימים מוות מחנק. מאחר שהגוף מגיב בצורה זו לחלבונים, התגובה יכולה להופיע הן בחשיפה, תוך עיסוק בגורם הביולוגי עצמו והן כשעוסקים במוצרים שהופקו מגורמים ביולוגיים כגון הורמונים, חומרים אנטיביוטיים, אנזימים, תרכיבים וכו'. (ר' להלן אלרגיות ללטקס).

## מקומות עבודה ומקצועות בסיכון ביולוגי

באיור שלהלן מסווגים מקומות עבודה לחמש קבוצות מבחינת רמת הסיכון הביולוגי לעובדיהם. כפי שהזכרנו, מקור הסיכון העיקרי הינו האדם עצמו, ומכאן שמקומות עבודה שיש בהם סיכון חשיפת עובדים לבני אדם או להפרשותיהם, קרי -

שירותי הבריאות, נמצאים ברמת הסיכון הגבוהה ביותר. בין מקומות עבודה כאלה נדגיש בתי-חולים, מעבדות, מרפאות ושירותי דם. מגוון המקצועות במקומות עבודה אלה הינו גדול: רופאים, אחיות, כוח עזר, לבורנטים, חוקרים, אנשי תחזוקה וניקיון, מתנדבים, צוותי עזרה ראשונה וחירום. רמת הסיכון שבכל אחד ממקצועות אלה נקבעת על-פי הזדמנויות החשיפה לחולים ולהפרשותיהם, או לנוזלי הגוף. את בעלי המקצוע ניתן לסווג לשלוש קטגוריות סיכון על-פי הגדרת תפקידם: בסיכון הגבוה ביותר נמצאים בעלי מקצועות שהגדרת תפקידם דורשת מגע ישיר וקבוע עם הגורמים הביולוגיים. משום כך אחיות ועובדי מעבדות נמצאים ברמה הגבוהה ביותר ואחריהם הרופאים; בקבוצה השניה מבחינת הסיכון נמצאים עובדים שהגדרת תפקידם דורשת מגע מזדמן עם חומרים כנ"ל, ומהם ניתן למנות אנשי תחזוקה וניקיון וצוותי עזרה ראשונה וחירום; הגדרת התפקיד של הקבוצה



### מקומות עבודה ומקצועות בסיכון ביולוגי

מקצועות	מקומות עבודה
<p><b>בריאות</b></p> <p>רופאים, אחיות, לבורנטים, חוקרים, תחזוקה, ניקיון, מתנדבים, צוותי עזרה ראשונה</p>	<p>בתי חולים מעבדות מרפאות בנקי דם, מד"א</p> 
<p><b>בעלי חיים</b></p> <p>וטרינרים וכח עזר מגדלי בעלי חיים מטפלים</p>	<p>וטרינריה חקלאות גני חיות</p> 
<p><b>תעשייה</b></p> <p>טכנאים, הנדסאים עובדי בשר, חלב, עופות, דגים</p>	<p>ביוטכנולוגיה פארמצטיקה מזון</p> 
<p><b>סניטציה</b></p> <p>עובדי אינסטלציה עובדי עיריות</p>	<p>ביוב אשפה</p> 
<p><b>סביבה</b></p> <p>מגדלים מטפלים</p>	<p>חקלאות גננות יערנות</p> 

השלישית אינה דורשת מגע עם "חומר", ולכן הם נמצאים בסיכון הנמוך ביותר. המדובר במתנדבים, נהגים, שומרים, אנשי מנהלה וכיו"ב. יש להתייחס לכל אחת מקבוצות אלה בצורה שונה, מבחינת ההדרכה שהם צריכים לקבל, אמצעי המיגון שיש לספק להם ותוכנית בריאות שהם צריכים להשתתף בה. להלן נפרט בנושא סיכונים בעבודה עם דם או מוצריו.

## בטיחות במעבדות ביורפואיות

במעבדות ביורפואיות מתקבלות דגימות ממקור אנושי, עם בקשות לביצוע מבחר מבחנים. בדרך כלל הסוג והאופי של הגורם הביולוגי בדגימות אינו ידוע מראש, ויש לבצע סוללה של בדיקות מיקרוביולוגיות לשם זיהוי. מתפקידו של מנהל המעבדה לבסס תהליכים תקינים, המתייחסים מעשית לסיכון הזיהום שבדגימות רפואיות.

פרט למקרים נדירים (כמו מחלות של קדחת המורגית, הדורשות התייחסות בטיחותית מיוחדת לאורך כל הדרך, ושאינן נפוצות בארץ) ההליך הראשון לטיפול בדגימות רפואיות, וזיהוי תבדידים יכול להיעשות בצורה בטיחותית ברמת בטיחות ביולוגית 2 (BL-2). זוהי הרמה המומלצת לטיפול בגורמי מחלות הנישאים בדם (Blood-borne pathogens), כמו נגיפי הצהבת והאיידס. אמצעי הזהירות, המיגון והכליאה המהווים את רמת בטיחות 2 (ראה להלן), מתאימים לנדרש על-פי החוק בארצות-הברית, שעובד ויאומץ גם בארץ על-ידי משרדי העבודה והבריאות. נהלים אלה קובעים שיש לנקוט אמצעי זהירות מיוחדים בטיפול בכל הדגימות הרפואיות המכילות או עשויות להכיל דם אדם, ובחומרים אחרים החשודים כמכילי גורמים ביולוגיים מדבקים (Universal precautions, וראה להלן). כמו כן, ניתן להרחיב ולעיין בהמלצות הוועדה הלאומית לתקני מעבדות רפואיות בארה"ב (NCCLS) המפרטת המלצות ייחודיות למעבדות כאלה. ההמלצות וההנחיות לגבי רמת בטיחות 2 (BL-2) מתמקדות במניעת חשיפת העור והריריות לחומר ביורפואי. ההנחיות יפורטו בהמשך, אך נדגיש כאן מספר נקודות:

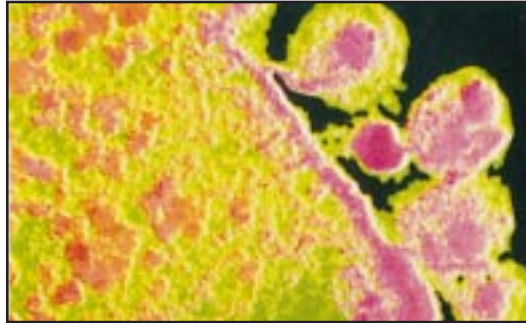
- \* ההפרדה בין תפקודי המעבדה והגבלת הכניסה אליה הן באחריות מנהל המעבדה.
- \* באחריות המנהל לבסס תהליכים תקינים, שילוו ברישומים, בהתאם לסיכונים במעבדה, ולוודא שנהלים אלה יבוצעו.
- \* כאשר יש חשש ליצירת אירוסולים, כמו בתהליכי סרכוז, סוניקציה, טחינה וכו', יש להשתמש במינדף ביולוגי או מיגון נשימתי אישי מתאים אחר. יש להשתמש במינדף ביולוגי גם בטיפול ראשוני בדגימה רפואית, כשאופי המבחן דורש זאת, או כשיש חשד שהדגימה מכילה גורם ביולוגי המדביק באירוסולים (למשל שחפת) או כשיש להגן על הדגימה מבחינת סטריליות.



נישמית בעלת אטם גמיש ומתאים לעור הפנים, מגינה בפני אירוסולים ביולוגיים

## בעיית האיידס והצהבת

למרות אמצעי הזהירות הננקטים, עדיין הולך ועולה מספר עובדי הבריאות והמעבדות שנדבקים תוך תעסוקתם בנגיף HIV. בדוח האחרון של המרכז למחלות מדבקות בארצות-הברית מיוני 1997, רוכזו 166 מקרים כאלה. ב-52 מהמקרים היתה הוכחה חד-משמעית שההיפוך הסרולוגי נגרם עקב חשיפה תעסוקתית (רוב המקרים בעקבות דקירות מחטים). מתוך ה-52 היו 16 עובדי מעבדות קליניות, 21 אחיות, 6 רופאים ו-9 אנשי שירות וטכנאים לא-קליניים.



נגיף האיידס (HIV) מנץ מתא מסוג לימפוציט מידבק

ב-114 מקרים הנוותרים הוגדר ההיפוך הסרולוגי כ"הדבקה תעסוקתית אפשרית". הם לא שויכו לקבוצת סיכון התנהגותית, דווחה בהם חשיפה דרך עור או ריריות, אך לא הוכח קשר ישיר בין החשיפה להפוך הסרולוגי. בעלי המקצוע המרכיבים קבוצה זו הינם מכל הקשת הקלינית, אך גם כאן תפשו את המקום הראשון האחיות (29 מקרים) ועובדי המעבדות (16 מקרים).

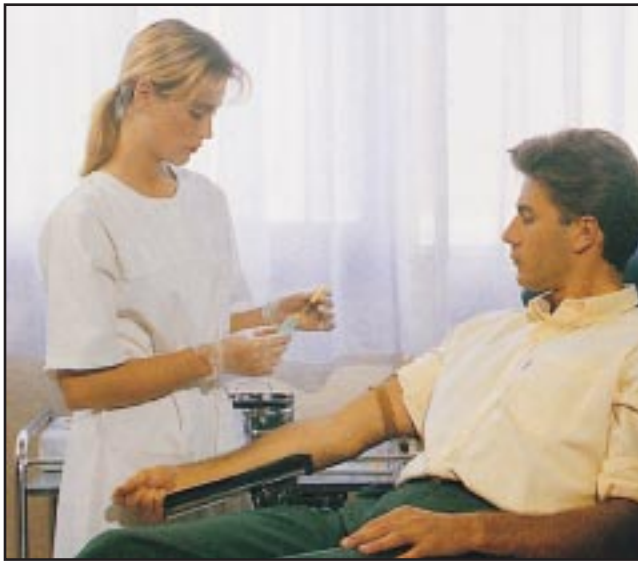


בניתוחים של חולים מידבקים, נמצא הצוות הרפואי בסיכון הידבקות גבוה. לעתים, גם החולה בסיכון הידבקות אם הרופא נושא גורמים מידבקים

## הערכת הסיכון להדבקה

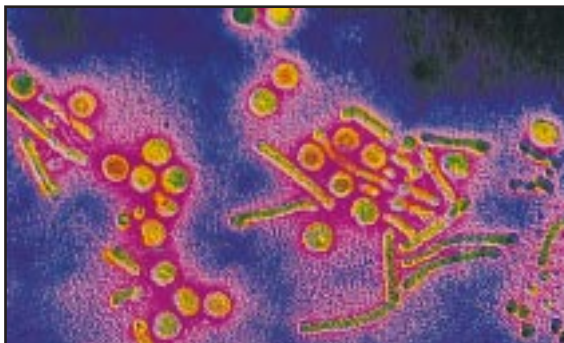
הערכת הסיכון להדבקה מתבססת על מחקרים ועיבוד סטטיסטי. העבודות קובעות שהסיכון להדבקה ב-HIV בעקבות דקירת העור הינו כ-0.38%, בעוד שהסיכון להדבקה בנגיף צהבת B בנסיבות דומות הוא כ-30%. הערך המקביל לגבי צהבת C הינו כ-3%.

ניתן להניח, שככל שריכוז הנגיף בדם עולה, עולה גם הסיכון להדבקה לעובדים שנחשפים לדם. מאחר שדקירות במחטים מצויות במקום הראשון בגרימת הדבקות תעסוקתיות, למעלה מ-25% מכלל המקרים, ובמקרי האיידס למעלה מ-90% יש לחזור ולהדגיש את אמצעי הזהירות שיש לנקוט בשימוש במחטים אצל עובדי בריאות ומעבדות.



**17% ממקרי הדקירה מתרחשים בזמן לקיחת דם**

במקרים של חשיפה לנוזלי גוף, או לכל חומר אחר מכיל נגיף HIV, חשוב מאד לדווח לממונים ולבקש ייעוץ. במקרים רבים נוסה טיפול בזידובודין בעיקבות חשיפה כזאת. ב-4 מקרים כאלה, שהאחרון בהם דווח ב-1996, לא היתה הצלחה והנחשפים נדבקו בנגיף.



**נגיף צהבת B בצילום במיקרוסקופ אלקטרוני. המבנים העגולים הינם נגיפים שלמים, הצורות הארוכות - חלבוני המעטפת בלבד. (הצבע אינו טבעי)**



נמצא, שנגיף זה היה עמיד לזידובוזין הרבה יותר מנגיפים שבודדו מחולים שלא טופלו בחומר. ההשערה שעולה מהדיווחים הינה שחשיפה לדם חולה, שטופל זמן מסוים בזידובוזין, גוררת הדבקה בזנים עמידים לחומר, ומכאן אי-הצלחת הטיפול. מכאן, שהטיפול בעובדי בריאות צריך להיות משולב ולכלול חומרים שנושא המחלה המדביק לא טופל בהם.



הידבקויות עלולות להתרחש בניתוחים שלאחר-המוות

## גורמים ביולוגיים אחרים הנישאים בדם

אמנם במירב מקרי ההדבקות התעסוקתיות החמורות מעורבים גורמי האיידס (HIV) וצהבת B (HBV), אך יש להזכיר גורמים נוספים. ידועים נגיפי צהבת המועברים בדם ומסומנים באותיות C, D, E, GBV-A, GBV-B ו-GBV-C. כמו כן ידועים מספר נגיפים מקבוצת הרטרו העשויים לעבור על-ידי דם, ואיתם נמנים HTLV-I (הקשור בלוקמיה של תאי T), HTLV-II, HIV-2 (הקרוב לנגיף האיידס של קופים), ו-HTLV-V. לחלק מנגיפים אלה יש תיעוד של הדבקות תעסוקתיות.

גורמים ביולוגיים אחרים מופיעים בדם בשלבים מסוימים במהלך מחלה, חלקם לפרקי זמן ארוכים, ויכולים לגרום בפרק זמן זה לסיכון להדבקה תעסוקתית. מתוך הרשימה הארוכה נצטט רק מספר גורמים שלגביהם תועדו הדבקות תעסוקתיות של עובדי בריאות, בעקבות חשיפה של העור או הריריות לדם: HTLV-I; חיידק העגבת, טפיל הקדחת, Borrelia, ריקציית קדחת הכתמים של הרי הרוקי, חיידק הצרעת, ומספר נגיפים הגורמים לקדחות המורגיות, כמו לאסה, מרבורג, אבולה וקונגו-קרים.

קבוצה נוספת של גורמים ביולוגיים הינה בעלת פוטנציאל לגרימת הדבקה תעסוקתית, ולגביה הוכחו הדבקות בעקבות עירוי דם או קעקוע. עם קבוצה זו נמנים (נוסף לאלה שנמנו לעיל) - טפיל הבבזיה, חיידק הברוצלה, נגיף ציטומגלו, ריקציית קדחת קולורדו, טפיל מחלת השינה, טפיל הלישמניה ונגיף פארבו B-19. לדוגמה - טפיל הבבזיה נמצא ב-85% -30 מתאי הדם האדומים בשלב הפאראזיטמיה; בשלב החריף של ברוצלוזיס 90%-70 מתרביות הדם מצמחות את החיידק; נגיף פארבו B-19 מגיע לריכוז של  $10^{10}$  נגיפים למ"ל דם בשלב מסוים בהדבקה.

הקטגוריה הבאה מבחינת רמת הסיכון כוללת מקומות עבודה הקשורים בבעלי חיים. המדובר במקומות גידול בעלי חיים (חיות משק, חיות מחמד או חיות ניסוי), כלומר וטרינריה, חקלאות וגני חיות למיניהם. במקומות אלה יש גישה ישירה ואפשרויות חשיפה רבות לכל בעלי המקצוע הקרובים לבעלי החיים, וטרינרים וכוח עזר, מגדלים ומטפלים. יש מספר דרכים שבהן עלולים העובדים להידבק במחלות בעלי החיים. הראשונה - הצורה האקטיבית, כלומר על-ידי נשיכה או שריטה, וכן באמצעות "מתווך" - טפיל הנמצא על גבי החיה; השנייה - הצורה הפסיבית, על-ידי חשיפה דרך אוויר או במגע עם הפרשות בעלי החיים המכילות גורמים ביולוגיים; השלישית - בזמן ניתוחים שלאחר המוות, שבהם החשיפה עשויה להתרחש שוב בצורה אוירוסולית או תוך דקירה, חתך וכו' בחפצים חדים מזוהמים ואפילו בעצמות בעל החיים. (לגבי ניתוחים שלאחר המוות בבני אדם נרחיב בהמשך).

בשנים האחרונות פורחת התעשייה הביוטכנולוגית והפרמצויטית, שבצד תעשיית המזון הוותיקה צופנת בחובה סיכונים ביולוגיים שונים. בתעשייה זו מפקים מוצרים ממקור ביולוגי, והעבודה נעשית בנפחים גדולים ובריכוזים גבוהים של גורמים ביולוגיים. המדובר בייצור תרכיבים (חיים או מומתים), חלבונים, הורמונים, נוגדנים, אנזימים וכיו"ב מחיידקים או משורות תאים, או הפקה של חלבונים ייחודיים, כמו גורמי קרישה ונוגדנים מדם אדם או חיה. אחדים ממוצרים אלה עוברים תהליכי ריכוז ועיבוד, הכוללים לעתים יצירת אבקות. אבקות נוטות להתפזר בקלות באוויר, ולרחף למרחקים גדולים, ובכך יש הגברה נוספת על העניין הכמותי לגבי הסיכון לחשיפה. (גם בעניין התעשייה הביוטכנולוגית נרחיב בהמשך).



בתעשיות הפרמצויטיקה והמזון יש מקורות סיכון ביולוגי

בתעשיית המזון, בעיקר זו שמטפלת בעיבוד מזון מן החי, כולל בתי מטבחים, קיים סיכון לעובדים. הסיכון נובע מטיפול מסיבי בכמויות גדולות של גופות בעלי חיים, שחלקם יכולים לשאת גורמי מחלה. ידוע שרוב העופות בלולי רבייה והטלה נושאים חיידק בשם סלמונלה. חיידק זה, כשהוא מגיע לכמויות גדולות במזון עלול לגרום לדלקות מעיים. עובדים בתעשיית החלב או הבשר נחשפים למחלות פרות, צאן ובקר, שהמפורסמת בהן היא הברוצלה. חיידק זה, הגורם מחלה מלווה בהפלות בבעלי חיים אלה, מסוגל להיות מועבר גם בחלב (לפני הפיסטור) ובמוצרי, והוא מידבק מאוד גם באוירוסול. בדגי האמנון נתגלה חיידק העובר לבני אדם על-ידי דקירה מסנפיר וגורם דלקות קשות.



חיידקי סלמונלה הגורמים לדלקות מעיים כתוצאה ממזון מזהם - צילום במיקרוסקופ אלקטרוני. (הצבע אינו טבעי)

על-פי הסטטיסטיקה של מקרי הדבקות בתעשייה הנ"ל, שיעורם נמוך מזה שבמגזרים הקודמים (בריאות ובעלי חיים), ולכן תעשייה זו נמצאת ברמת סיכון בינונית.

לכאורה, הביוב והאשפה, הקולטים את כל הפרשות והאשפה שמייצר האדם, אמורים להוות סיכון פוטנציאלי גבוה לאנשים המתחזקים ומפעילים שירותים אלה. למעשה, שוב על-פי הסטטיסטיקה ונתוני בריאות הציבור, עובדי השרברבות והעיריות אינם נפגעים תדיר ממקורות סיכון אלה. הדבר מוסבר בכך, שבביוב נמהלים הגורמים הביולוגיים בכמויות גדולות של מים, כך שריכוזם קטן ביותר. כדי שעובד תברואה יידבק למשל בחיידק זיהום מעיים שהגיע מבית-חולים, יהיה עליו לשתות מספר ליטרים של מי ביוב. נוסף לכך, רוב הגורמים הביולוגיים אינם שורדים לאורך זמן בתנאי הסביבה, דבר שמוסיף ותורם להקטנת הסיכון ממקור זה. הדבר נכון גם כשמדובר בפניו אשפה.

בנוסף לכך, ונרחיב על כך בהמשך, "יצרני" הזיהומים הגדולים המפנים פסולת לאשפה או לביוב, כגון בתי-חולים, מעבדות ותעשייה, אמורים לנקוט אמצעי חיטוי ועיקור במקום העבודה, כדי להפחית למינימום את הזיהום הסביבתי.

ברמת הסיכון הנמוכה ביותר ניתן למנות עובדי חקלאות, גננות, יערנות, המגדלים והמטפלים בצמחים ובקרקעות.

הזכרנו לעיל שהסביבה עלולה להכיל גורמים ביולוגיים גורמי מחלות (כגון פיטריות) או אלרגיות (חלקי צמחים). מכאן שגם במקצועות אלה כדאי לנקוט אמצעי זהירות כדי להקטין את סיכויי החשיפה, למרות שהסיכון קטן מלכתחילה.



**הסיכונים בביוב ואשפה אינם ביולוגיים בעיקרם**