

פרק שני

דרכי ההדבקה והחדירה לגוף

דרכי ההדבקה בגורמים ביולוגיים במקומות העבודה יכולות להיות זהות לאלה שמחוץ לעבודה (ושוב נוריד מן הפרק אפשרות של הדבקה במגע מיני). הגורמים הביולוגיים יכולים לחדור:

- דרך דרכי הנשימה העליונות עד לריאות,
- דרך מערכת העיכול,
- דרך הרירות (אף, עיניים),
- דרך העור.

כשמצביעים על דרכי הנשימה כמסלול לחשיפה, מתכוונים בדרך כלל לריאות, ולחדירה של אוירוסול נושא גורמים ביולוגיים.

לטיפות הנישאות באוויר, או לחלקיקים האבקתיים המהווים אוירוסול, טווח רחב של גדלים. המקטע שמסיבות אוירודינמיות-פיסיקליות מסוגל להגיע לעומק הריאה עד לנאדיות - והוא המסוכן ביותר מבחינת גרימת הדבקה - הינו בקוטר של 1-10 מיקרומטר. חלקיקים גדולים יותר שוקעים לקרקע במהירות גבוהה יחסית ואינם מהווים סיכון משמעותי. גם אם יגיעו לדרכי הנשימה העליונות הם ייעצרו ביעילות גבוהה על-ידי מערכת ההגנה, הכוללת שיערות, ריסים וריר, ויפנו בכוח רב באמצעות רפלקס השיעול. חלקיקים קטנים בערך בסדר גודל אחד המקטע הנ"ל, כלומר בקטרים של כ-0.1 מיקרומטר, נשאבים אמנם לעומק הריאה, אך רובם הגדול נפלט חזרה לאוויר החיצון. אם אדם קלט לריאותיו חלקיקים בגודל "המתאים", שהיו טעונים בגורמים ביולוגיים בכמות גדולה - תתרחש הדבקה. בהתאם לאופים, הגורמים החודרים יכולים לגרום תופעות מקומיות בריאות, או לחדור לארס הדם ולהגיע לכל איברי הגוף. שהייה במחיצת חולה בשחפת פעילה ללא מיגון דרכי הנשימה עלולה להוביל להדבקה בדרך זו. דוגמה נוספת להדבקות רבות בדרכי הנשימה מספק חיידק הברוצלה, שטיפול בתרבותיו עשוי לפזר אוירוסולים ולגרום הדבקות גם הרחק ממקום האירוע. (עוד על חיידקים אלה, הדבקות ומניעה - בהמשך).



יש להתאים כל נישמית לסוג הסיכון שבו נמצא העובד, בהתאם להוראות היצרן

גורמים ביולוגיים אחרים נוטים לגרום הדבקות דוקא בדרכי העיכול. שתייה או אכילה של מזון מזוהם עלולות להוביל לכך. אך הדבקות יכולות להיגרם בדרך זו גם בכל פעולה בה מתרחש מגע בין חפץ מזוהם לפה. מסיבה זו מומלץ שלא לעשן, לא לאכול, או לשתות, או ליטול לפה כל חפץ שהוא, באזורים שבהם עוסקים בגורמים ביולוגיים ויש חשש לזיהום סביבתי, ולמעשה קיים איסור על כך. כאן המקום להדגיש, שהטכניקה הישנה של לקיחת פיפטה בפה אסורה לחלוטין, וכל פעולת פיפטציה אמורה להיעשות באמצעות אביזרים מתאימים. כמו-כן נזכיר חשיבות רחיצה תדירה של הידיים כשנמצאים בסביבת עבודה מזוהמת, מאחר שבאופן טבעי הידיים מגיעות לפה אפילו ללא רצוננו (ראה פרק שלישי).

הריריות שבאף, בפה ובעיניים הן רקמות לחות וחדירות המזמינות כל פולש שנפגש בהן להיכנס לגוף. במקרה זה עיקר הסיכון הוא מנתזים ושפכים של חומרים מוצקים או נוזליים, המגיעים ישירות לריריות אלה, בעקבות פעולות לא נכונות או תאונות. סיכון זה מחזק את הדרישה להגן על העיניים במקומות עבודה מועדים.



שיטה להגנה מפני נתזים על-ידי מיגון אישי, המגן הן על העיניים והן על ריריות הפה והאף

הדרישה להרכבת משקפי מגן (או כל אביזר מגן אחר) על אזור העיניים היא חד-משמעית במעבדות, ובמקומות עבודה שיש בהם חשש לנתזים, שפכים וכיו"ב. כיום יש בשוק משקפי מגן, שאפשר להרכיבם גם על משקפיים אופטיים, והם משווקים במגוון מוצרים במחירים סבירים ביותר. אין לעבוד עם עדשות מגע במעבדות. במקרה של התזה לעין השטיפה איננה יעילה דיה. העדשה גם עלולה להידבק לקרנית ולגרום לה נזק.

דרך החדירה האחרונה היא העור. העור משמש למעשה חסם יעיל ביותר בפני פלישת גורמים ביולוגיים לגופנו. על פני העור חיים ומתרבים חיידקים ופטריות שונים, שכל עוד אין העור נפצע - הם אינם מהווים סיכון (מסיבה זו מחטאים את העור לפני הזרקה). ידועים רק גורמים בודדים המסוגלים לחדור דרך עור שלם, למשל צורה מסוימת במחזור החיים של טפיל הבילהרציה, וחידק העגבת (הסיפיליס). הבעיה היא, שלא תמיד העור שלם ותמים, על-פי רוב ההיפך הוא הנכון. תמיד ימצאו בו שריטות וחתכים קטנים, שעבור הגורמים הביולוגיים המיקרוסקופיים הם שערי גישה מרווחים ביותר. נוסף לכך, כל פציעה בחפץ חד מזוהם בגורמים ביולוגיים מחדירה אותם עמוק לרקמות, ואם הכמות מספיקה (כלומר מעל "המנה המדבקה") תתרחש הדבקה. משום כך, שומה עלינו להגן על אזורי העור העשויים להיות חשופים לזיהום במקום העבודה.



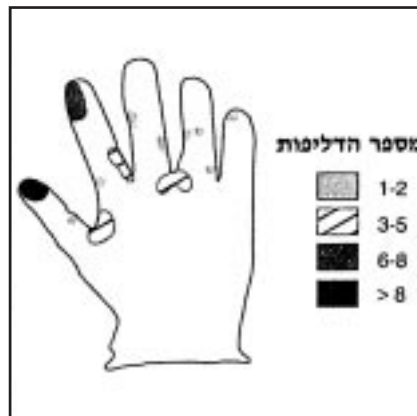
בכל פעולה מעבדתית יש להגן על העיניים

על כפפות, דקירות ואלרגיות

בשנים האחרונות גוברת מודעות בשימוש בכפפות כאמצעי הכרחי במניעת הידבקות בקרב עובדי בריאות ומעבדות. הרשות לגיהות ובטיחות בארצות-הברית מחייבת שימוש בכפפות על-ידי עובדי בריאות, כדי למנוע הידבקות, כולל ממקור דם ומוצרי, ופירסמה זאת ברשומות הממלכתיות. השימוש בכפפות "הומלץ בחום" על-ידי המרכז למניעת מחלות (CDC), אגודת בתי-החולים, ועוד. הגברת המודעות לעניין נבעה בעיקר מהחשש להידבקות בנגיפי האיידס והצהבת. שימוש בכפפות מומלץ בכל פעולה שיש עימה מגע בריריות או בנוזלי גוף של חולים, ואפילו בעור שלם של החולים. החלפת כפפות נדרשת גם בין טיפולים בחולים, הן כדי למנוע העברת גורמי מחלה מחולה לחולה, והן לצורך הגנת עובדי הבריאות.

מספר עבודות הצביעו על קשר ישיר בין שימוש בכפפות חדשות לבין ירידה במספר הזיהומים הצולבים בבתי-חולים. עם זאת, ידוע שהכפפות אינן בלתי חדירות באופן מוחלט, וחלקן אפילו דולפות עוד לפני השימוש. כפפות ויניל עשויות לדלוף יותר מכפפות לטקס. כמו-כן ידוע והוכח שיעילות הכפפות מושפעת מחשיפה לכימיקלים שונים כולל תרופות ניאופלסטיות ואחרות. לעיתים כפפות דולפות למרות שלא ניתן למצוא פגיעה בשלמותן, וכימיקלים ומיקרואורגניזמים נמצאו על הידיים של העובדים בניסויים מבוקרים שהוכיחו זאת.

במחקר שפורסם לאחרונה על-ידי **רובין אולסון** וקבוצתו, ניסו לזהות קשר בין דליפת כפפות וזיהום ידיים של עובדי בריאות בזמן ביצוע פעילות שגרתית של בדיקות וטיפול בחולים, במרכז הרפואי Harborview שבסיאטל. נבדקו 137 פעולות, בהן נגעו עובדי בריאות עוטי כפפות בריריות של חולים, והיו עשויים להזהרם תוך כדי כך במתגים גרם-שליליים ובאנטרוקוקים. ידי העובדים והכפפות נבדקו לזיהום בחיידקים לפני הטיפול בחולים ואחריו והכפפות נבדקו לדליפות במבחן מים לאחר הפעילות. השתתפו בניסוי מטפלים ביחידת טיפול נמרץ, שביצעו צינתורים בקנה הנשימה של החולים, אחיות שביצעו זירוז פעילות מעיים בחולים פגועי חוט שדרה ביחידת שיקום, ורופאי שיניים בזמן פעילות רגילה באנשים בריאים במרפאות החוץ של בית-החולים.



מקום הדליפות שהתגלו בכפפות

נמצא, שב-86 מתוך 135 הכפפות שנבדקו היה זיהום בחיידקים גרם שליליים ו/או אנטרוקוקים, ובכך הן היו מקור לזיהום ידי אנשי הצוות. אכן, ב-11 מקרים (13%) נמצא זיהום גם על ידיהם של העובדים לאחר הסרת הכפפות. מקרי הזיהום היו תדירים יותר בכפפות ויניל (10 מתוך 42) מאשר בכפפות לטקס (1 מ-44). כשנבדקו הכפפות לדליפות לאחר השימוש, נמצא שכפפות הויניל דלפו בתדירות גבוהה יותר (26 מ-65) מאשר כפפות הלטקס (6 מ-70). רוב הדליפות (כ-70%) אותרו באגודל ובאצבע המורה, וזאת לאחר זמן-שימוש חציוני של 8-10 דקות. רק בכרבע מהמקרים בהם נמצאו דליפות בכפפות היה גם זיהום ידיים בעובדים. עם זאת, בכמחצית מהמקרים בהם הוכח זיהום ידי העובדים לא נמצאו דליפות בכפפות ולא אותרו קרעים נראים לעין. ב-11 המקרים שבהם הוכח זיהום ידי העובדים, רמת הזיהום היתה ב-2 עד 4 סדרי גודל נמוכה מרמת הזיהום על פני השטח החיצוני של הכפפות. העובדים דיווחו על הבחנה בפגיעה בשלמות הכפפות רק ב-22% מהמקרים, בהם הוכחה דליפת מים לאחר הניסוי, ולא היו מודעים לדליפות בשאר המקרים.

עבודה נוספת שבדקה חדירות כפפות לטקס פורסמה על-ידי Fink וחבריו ב-1996. החוקרים מילאו כפפות לטקס בתמיסה פיזיולוגית, כדי לדמות הזעה בידיים, הכניסו לתוכן נגיפים בגודל מקביל לנגיפי צהבת ואייסד ובדקו את יציאתם מחוץ לכפפה. התוצאות הדהימו את החוקרים - אחת מכל שלוש כפפות היתה חדירה לנגיפים! מסיבות אלה מומלץ לבדוק כפפות לפני עטייתן על-ידי יצירת לחץ אוויר, וכאשר עובדים בגורמים ביולוגיים מקבוצת סיכון גבוהה - מומלץ לעטות שני זוגות כפפות. כמו כן רצוי לשלב כפפות מחומרים שונים - למשל כפפות ניטריליות (N-Dex) ככפפה ראשונה ולטקס ככפפה שנייה.

רחיצת ידיים הוכחה כפעולה חיונית במניעת ההידבקות בבתי-חולים ובמעבדות. סקירה של 423 מאמרים בנושא זה שנערכה על-ידי ד"ר אליין לרסון מבית-הספר לאחיות ע"ש ג'ונס הופקינס בבולטימור קבעה, שאכן רחיצת ידיים הינה אמצעי ראשוני בבקרת זיהומים. חשיבותה של פעולה זו קיבלה חיזוק בהוראות של המרכז למחלות מידבקות וכן על-ידי הנחיות המשרד לבטיחות ובריאות בארצות-הברית העוסקות במניעת הידבקות בגורמי האייסד והצהבת. הנהלים ה"נ"ל קובעים, שבמעבדות יש לרחוץ ידיים בסבון במשך 10 שניות לפחות וללוות את הרחיצה בשטיפה במים לפני ואחרי עטיית כפפות ובגמר העבודה. בבתי-חולים ובמרפאות, כאשר לא קיים מצב חירום אמיתי, יש לרחוץ ידיים לפני כל טיפול חודרני בחולה, לפני טיפול כלשהו בחולים רגישים במיוחד, לפני ואחרי נגיעה בפצעים, ריריות, נוזלי גוף והפרשות. כמו-כן יש לרחוץ ידיים לאחר טיפול בחולים מודבקים בגורמים בעלי ייחוד אפידמיולוגי (למשל זני חיידקים עמידים לאנטיביוטיקה) ובין טיפולים בחולים שונים ביחידות סיכון גבוה.

בארץ, גם נהלי משרד הבריאות, שאוששו לאחרונה עם פרסום מדריך לנהלי בטיחות במעבדות ביורפואיות, מדגישים את חשיבות עטיית כפפות ורחיצת הידיים במניעת הידבקות. למעשה, פעולה זו תקבל בקרוב "גושפנקה חוקית", כשיאושרו ויופצו תקנות משרד העבודה בנושא פיקוח על מעבדות.

שיטת רחיצת הידיים הרגילה, הושוותה לשתי שיטות אחרות מבחינת היעילות במניעת העברת זיהום מיקרוביאלי. המדובר בהטבלה לשתי שניות בתמיסת יוד (ברכוז 25 חלקים למיליון) וברחיצה "אוטומטית" בעזרת מכונה.

בשיטה האוטומטית מכניס הרוחץ את ידיו למעין בתי ידיים, מותזת עליהן תמיסת חיטוי, יש השהיה בת חמש שניות, ונעשית רחיצה בזרם מים (בטמפרטורה של כ-40°C במשך עשר שניות נוספות).

התברר, שהשיטה האוטומטית ורחיצה רגילה היו טובות משיטת ההטבלה ביד. אך עדיין הציות לנהלים המוכתבים על-ידי הרשויות לוקה בחסר. במחקר אחר נבדקו מספר שיטות ביחס למידת השפעתן על הציות לנהל רחיצת הידיים. התברר, שהסברה מעמיקה מחד-גיסא והכנסת מכונות לרחיצת ידיים מאידך-גיסא העלו משמעותית את אחוז הציות. לגבי אחיות למשל, עלו אחוזי הציות מ-74% ל-78%, ולגבי רופאים מ-54% ל-66%. ס"ה עלה אחוז הציות מ-67% ל-75%, כשההסתברות שהמימצא אינו מייצג הינה $P = 0.02$.

מכונות לרחיצת ידיים מסייעות גם בחיסכון במים וחומרי חיטוי, ובקיצור הזמן הנדרש לרחיצת ידיים ותורמות בעקיפין לחיסכון בהוצאות באשר הן עוזרות במניעת הידבקות. נוסף לכך הן מצמצמות את שכיחות מקרי דלקות העור כתוצאה מזיהום פטרייתי, באשר הן מונעות פעולת שפשוף הידיים זו בזו, אשר בעת רחיצת ידיים רגילה תורמת להסרת שכבת המיגון העליונה של העור.

ניתן לסכם ולהסיק, שכפפות משמשות כמחסום יעיל נגד זיהום ידיים של עובדי בריאות ומעבדה ברוב המקרים, אך מאחר שעדיין עלולים להתרחש, זיהומי ידיים בכ-13% מהמקרים, וללא קשר חד-משמעי לדליפות מאותרות בכפפות, מומלץ מאוד להחליף כפפות לעיתים קרובות ובכל מקרה להקפיד על רחיצת ידיים לאחר הסרת הכפפות.

אלרגיות לכפפות לטקס

גומי טבעי הינו חומר גלם למגוון מוצרים רפואיים לרבות כפפות, קונדומים וכיו"ב. תעשיית הגומי בארצות-הברית מיבאת יותר ממיליון טונות לטקס כל שנה, מאינדונזיה וממלזיה. הלטקס מופק מהעץ *Hevea brasiliensis*, מכיל חלבונים שגורמים תופעות אלרגיות במשתמשים במוצרי גומי. ההערכה היא שבין 7%-15 מהאנשים (באוכלוסיות שונות) מפתחים רגישות זו, שלעיתים תוצאותיה חמורות, עד כדי הלם אנאפילקטי. חולים ועובדי בריאות כאחד מדווחים על עלייה מדאיגה בשכיחות התגובות האלרגיות לכפפות הלטקס.

לאחרונה נערכו מחקרים לזיהוי המרכיבים האלרגנים בלטקס. זהו מספר חלבונים הנקראים ע"ש העץ שממנו מופק הלטקס בכינויים - Hev b1, b3, b5, b6.02. החוקרים מסווגים את רמת האלרגניות של הכפפות על פי ריכוז החומרים הנ"ל בלטקס. אם סך כל החלבון נמוך מ-0.15 מיקרוגרם לגרם, יש לצפות שהכפפה לא תגרום לאלרגיה. יצרני הכפפות מצהירים על ריכוז האלרגנים הנ"ל בערכים של מיקרוגרם לדצימטר מרובע ובדרך כלל הערך נמוך מ-0.50. ניתן לקבל מהספקים גם פירוט של ריכוזי החלבונים הבודדים ולוודא שהם אינם עולים בסך הכל על 0.15 מיקרוגרם לגרם.



תגובות עור אלרגיות לכפפות לטקס

ההתייחסות הראשונה לרגישות לחלבוני הלטקס היתה ב-1989 כשאירעו 15 מקרי מוות בחולים שבאו במגע עם בלוני לטקס שחוברו לצנתרי חוקן. אחד החולים הללו טופל על-ידי ד"ר **דניס אוונבי**, מנהל יחידה לאלרגיה בבית-החולים בדטרויט, ארצות-הברית. אוונבי החליט לבדוק את שכיחות האלרגיות ללטקס באוכלוסייה הכללית. הוא בדק נוגדנים מטיפוס IgE המכוונים נגד לטקס, בנסיובים של 1000 תורמי דם במדינת מישיגן. רמת נוגדנים חיובית נקבעה מעל 0.35 יחידות בינלאומיות למ"ל (IU/ml), ב-6.5% מהתורמים נמצאה תגובה חיובית וזאת בשני מבחנים שונים. בסקרים נוספים נקבעה שכיחות הרגישות ללטקס בין 0.8%-6.5% באוכלוסייה הכללית. עם זאת, בקבוצות אוכלוסייה מסוימות השכיחות גבוהה יותר. אחת מהן היא עובדי בריאות, שהיו במגע רציף עם כפפות וציוד לטקס. דווחים ראשוניים העריכו כי שכיחות התופעות האלרגיות בצוותי בתי-חולים נעה בין 2-10%, ובקרב עובדי מעבדה 1-2%. בחישוב גס ניתן להעריך שבארצות-הברית בלבד נמצאים בסיכון זה יותר מ-120,000 עובדים.

התגובות האלרגיות מופיעות כפריחה וגירוי באזור המגע של הכפפה, ועלולות להידרדר לאסטמה והלם אנפילקטי.



כפפות ניטריליות אינן גורמות אלרגיות והינן עמידות לקריעה יותר מכפפות לטקס

בשנים האחרונות נצפתה עלייה בלתי מוסברת בשכיחות האלרגיות. **אוונבי** מנסה לתת מספר הסברים לתופעה:

האחד, חיפוש התופעה וגילוי טוב יותר של האנשים הרגישים;
השני מדבר על הגברת האכיפה והשימוש בכפפות לטקס, עם פרסום אמצעי הזהירות הכלליים לעובדי מעבדות ובריאות ב-1987;
כמו-כן, נוהלי הייצור של הכפפות השתנו, והזמן בין איסוף הגומי הטבעי והגעתו לכפפה התקצר, וכן זמן ההשריה באמוניה. כתוצאה מכך - יותר חלבונים שנשארים בלתי מטופלים נמצאים בכפפות.

לא כל הציבור עשוי לפתח רגישות, אך הרגישים צריכים להיות מאובחנים בשלב מוקדם כדי למנוע מגע עם לטקס.

מספר חברות הגישו לאישור ה-FDA מבחנים המבוססים על נוגדני IgE ללטקס. הקבוצה מג'ונס הופקינס בראשות ר' **המילטון** מפתחת סוללת מגיבים לתגובת עור, שהיא הדרך הרגישה יותר לגילוי תופעות אלרגיות. יצרני כפפות מחפשים שיטות למנוע את התופעות האלרגיות. עד עתה, השיטה המבטיחה ביותר היא לבצע כלורניציה של שני צדי הכפפה, להשרותה בתמיסה מנטרלת ואחר-כך לשטוף היטב במים. לסובלים מהתופעה, מומלץ להשתמש בכפפות וינל, אך לזכור שהן פחות עמידות ולא מתאימות לעבודות בסיכון גבוה. לגבי כפפות עשויות חומר ניטרילי (N-Dex), מוצהר שהן היפואלרגיות, אך עדיין אין מספיק נתונים להערכת אחריותן לרגישות. מומלץ שרופאים ועובדי בריאות יסיפו לרשימת השאלות גם את הבעיה של רגישות החולים ללטקס.

לאחר 10 שנות מחקר ופתוח, הצליחה **קטרינה קורניש** ממחלקת החקלאות של ארצות-הברית באלבני, קליפורניה, לרשום פטנט על הפקת לטקס משיח מדברי (guayule), שאינו מכיל ככל הנראה חומרים אלרגניים. תהליך ההפקה דורש טחינת הצמח והפרדת הלטקס בסוכרוז. תגלית זו מעוררת הדים, ויצרנים מצד אחד ומגדלים מצד אחר מעוניינים להשתתף בהפקת החומר. עדיין לא הוקם מפעל ייחודי להפקת החומר, אך כנראה שבעתיד הקרוב נוכל להשתמש במוצרי גומי טבעי שאינם אלרגניים.

דקירות מחטים - סיכון ומניעה

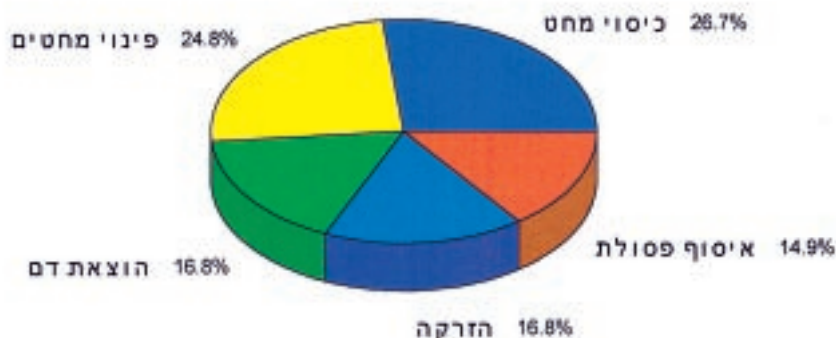
על-פי מחקרים שונים, דקירות ממחטים נמצאות במקום הראשון בין גורמי תאונות מעבדתיות, כאשר הן תורמות יותר מרבע מסך כל המקרים. בתאונות תעסוקתיות בקרב עובדי בריאות בבתי-חולים, שבהן היתה חשיפה לנוזלי גוף, האחוז גבוה יותר ועשוי להגיע ל-90% מכלל המקרים!

נתונים אלה לוקים בחסר מאחר שבכ-50% מהמקרים העובדים לא מדווחים כלל על אירועי דקירה. ניתן לקבוע שהמחט היא האביר המסוכן ביותר בסביבת העבודה של כל המקצועות העוסקים בגורמים ביולוגיים.

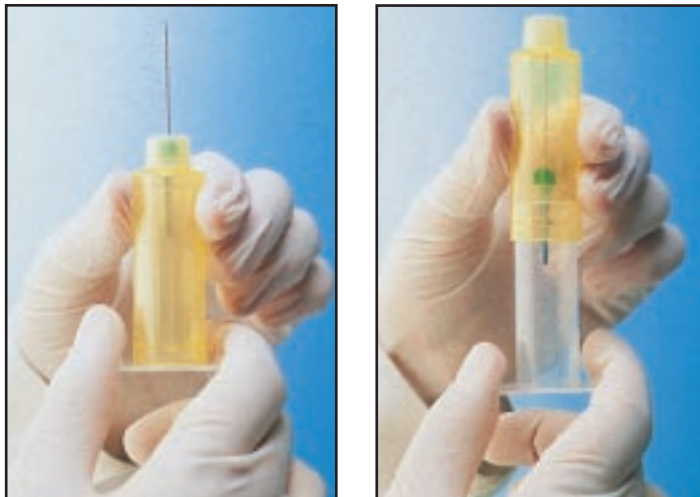
בין הסיבות לדקירות הצביעו הסקרים על מבנה הציוד הרפואי, סוג הפעילות, תנאי העבודה ורמת האימון והמיומנות של העובדים. על פי סקרים שונים הפעילויות הרפואיות שגרמו לדקירות היו: הוצאת דם 21%-17% מהמקרים, הזרקת תרופות ואינפוזיות 21%-16%, איסוף פסולת ומצעי מיטה כ-16%. (ראה איור "אירועי דקירה" בעמוד הבא)

כיסוי מחט בנדן תורם בין 25 ל-30% מכלל הדקירות. זו פעולה מסוכנת ביותר, וכיום ההמלצה היא חד-משמעית לא לבצעה, אלא לזרוק את המחט/מזרק ישירות למיכל האיסוף. מספר חלופות הוצעו בעבר לטיפול במחטים לצורך מניעת דקירות, וביניהן מכשירים החותכים את המחט או מתיכים אותה. גם חלופות אלה אינן מומלצות.

אירועי דקירה בעובדי בריאות



עובדי בריאות שנשאלו לדעתם מדוע יש לכסות את המחט, הסבירו שהדבר בא לצורך הגנה על עצמם ואחרים מפני דקירות. במקרים שבהם יש צורך (!) לכסות מחטים, יש מתקנים מיוחדים המונעים דקירה בתהליך זה (ראה איורים). חלק ניכר עד 30% ממקרי הדקירה מתרחש בעת סילוק המחטים: בעת הובלתן למכל, (בעיקר אם הן יחד עם ציוד אחר), בעת הכנסה למכל, (בעיקר אם הוא מלא עד גדותיו) ובעת ריקון המכל במקום חתימתו וסילוקו כמות שהוא.



אביזר להגנה מפני דקירה לאחר הוצאת דם, הננעל ומכסה את המחט לחלוטין

גם אנשי השירות של בתי-החולים חשופים לדקירות מחטים, וכמעט כל מקרי הדקירות בצוותים אלה נובעים ממחטים ש"אבדו" במקום העבודה, או נזרקו לאשפה רגילה.

בתקופת האיידס, הסיכונים בדקירות מחטים מזוהמות בנוזלי גוף הינם ברורים ומאיימים ביותר.

בדיווח האחרון של המרכז למחלות מידבקות 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. ב-114 המקרים הנותרים הוגדר ההיפוך הסרולוגי כ"הדבקה תעסוקתית אפשרית". והם לא שויכו לקבוצת סיכון התנהגותית, הם דיווחו על חשיפה דרך עור או ריריות, אך לא הוכח קשר ישיר בין החשיפה להיפוך הסרולוגי. בעלי המקצוע המרכיבים קבוצה זו הינם מכל הקשת הקלינית, אך גם כאן תפשו את המקום הראשון האחיות (29 מקרים) ועובדי המעבדות (16 מקרים).

הסיכון להדבקה באיידס בעקבות דקירה הינו נמוך יחסית, כ-0.38%, בעוד שהסיכון להדבקה בצהבת B בנסיבות דומות הינו 30%! על-פי הסקרים, נדבקו בארצות-הברית בשנים 1983-87 כל שנה כ-12,000 עובדי בריאות ומעבדות בצהבת B, ומהם נפטרו בין 250 - 300 איש ישירות מהמחלה או מסיבוכי שחמת הכבד וסרטן הכבד.

קצב ההדבקות התעסוקתיות באיידס ירד בשנים האחרונות, ונרשמים מספר מקרים בודדים לשנה. בסך הכל נדבקו במחלה זאת עד היום כ-200 עובדים. החלוקה בין קבוצות העיסוק נשארה דומה לזו שצוינה.

לפחות 18 מחלות מידבקות אחרות תועדו בעקבות דקירות מחטים, אצל עובדי בריאות ומעבדות, חוקרים, רופאים וצוות וטרינרי. ביניהן ניתן למנות: ברצלוליס, קדחת, הרפס, לפטוספירוזיס, דיפטריה, קדחת הכתמים, מיקופלסמה, שחפת, טוקסופלסמה ועוד.

אך לא רק מחלות מידבקות מסכנות את העובדים על-ידי דקירות. תועדו גם מקרי דקירה בכימיקלים רעילים, תרופות ציטוטוקסיות, רעלנים ואפילו תרחיפי תאים סרטניים, שלוו בתופעות של הרעלות, רגישות-יתר ואפילו מקרי סרטן נדירים.

איך ניתן למנוע, או לפחות להקטין את מקרי הדקירות?

ניתן לעשות זאת על-ידי פעילות לפני הטיפול במחט, בזמן השימוש ואחריו. פעולות המניעה הקודמות לשימוש כוללות בראש וראשונה הדרכת העובדים.

יש לידעם לסיכונים שבדקירות ולסיכון להיפצע, לתדרכם בנוהלי הבטיחות למניעת דקירות ובחשיבות הדיווח על פציעות. כמו-כן יש להדגיש את חשיבות קבלת החיסון נגד צהבת B.



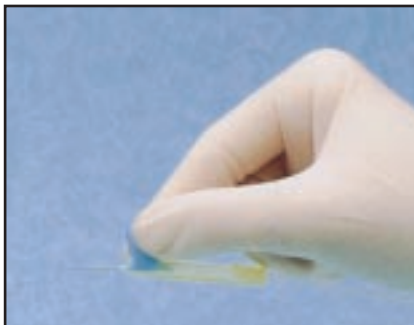
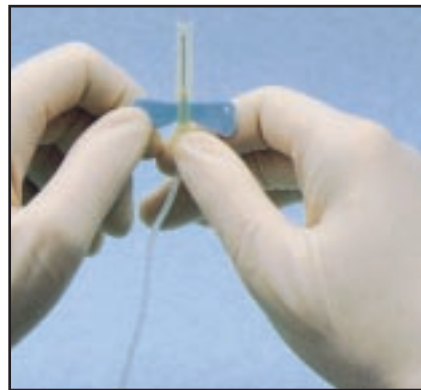
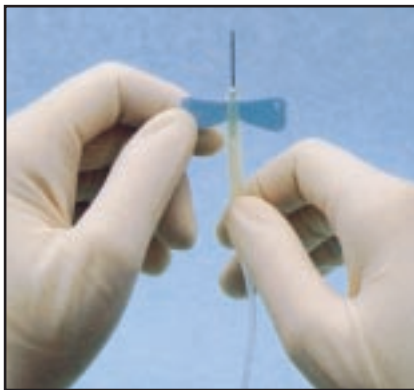
מכל איסוף בטיחותי למזרקים ומחטים

ההנחיות הבינלאומיות ממליצות על הנהלים הבאים: מחטים, מזרקים וכל פריט ציוד חד נחשבים מזוהמים בכוח. יש לסלקם למכל מוגן דקירות, בעל פתח רחב, הממוקם סמוך למקום הטיפול. אין למלא את המכל על גדותיו. יש לסגור את המכל כשהוא מלא כדי שלושה רבעים ולסלקו בהתאם לנוהל המוכתב על-ידי הרשות האחראית. אין לכסות מחטים בנדן, לקפל, לשבור או לנתק מהמזרק.

במקרים שבהם יש דרישה מיוחדת לכיסוי המחט ניתן לעשות זאת בשיטת "היד האחת", כאשר הנדן מקובע למשטח והיד החופשית רחוקה ממנו ומהמחט החשופה. יש בשוק מוצרים שתפקידם להגן על היד בזמן הכיסוי בנדן. הם מסרבליים במידה מסוימת את העבודה ומוסיפים נפח לציוד הרפואי, אך מעל הכל לא הוכחה עדיין יעילותם.

לעומת זאת יש מזרקים לשימוש חד-פעמי המצוידים בנדן קפיצי, הננעל במקומו אוטומטית לאחר שימוש יחיד ומכסה את המחט. יש סידור דומה למזרקי Vacutainer, אך שם יש לנעול את הנדן ידנית. גם לאחר הדקירה ניתן לבצע פעולת מניעה. מומלץ לזרז הקזת דם ממקום הדקירה, אך בצורה מבוקרת. אין למצוץ בפה את מקום הדקירה! ניתן להשתמש במכשיר "שואב ארס" השימושי במקרי הכשות ועקיצות בעלי חיים ארסיים. ולבסוף יש לדווח על האירוע ולקבל הדרכה וייעוץ, ובמקרה שיש מקום לכך גם טיפול תרופתי.

כיום ישנם בשוק מזרקים שבהם לחיצה נוספת לאחר ההזרקה גורמת למשיכת המחט אל תוך הבוכנה. זהו אביזר בטיחותי מאוד המבטל את סיכון הדקירה והוא מתאים לעבודות בסיכון מוגבר וגם לצריכה ביתית (הזרקת אינסולין).



אביזר הננעל ומכסה את חוד המחט מוסיף לבטיחות העובדים

פרק רביעי

תפקידים וכישורים של ממונה בטיחות ביולוגית

כאשר מדובר במקומות עבודה מהסוג של מכוני מחקר, בתי-חולים, אוניברסיטאות ומפעלים ביוטכנולוגיים, על ממוני הבטיחות לתת תשובות לא רק בנושאי בטיחות כללית, סיכוני אש וכיו"ב, אלא גם ובעיקר בעניין התמודדות עם סיכונים כימיים, רדיואקטיביים וביולוגיים. מאחר שקשה למצוא אנשי מקצוע מומחים בכל התחומים, נהוג בחו"ל, וקיימת נטייה גם בארץ, לחלק את האחריות בין מספר אנשי מקצוע. החסר באנשי בטיחות מקצועיים מתבטא בעיקר בתחומים הביולוגיים מאחר שמעט מאוד אקדמאים במקצועות אלה פונים להתמחות בבטיחות. בחו"ל ניתנים קורסים בבטיחות ביולוגית הן על-ידי אוניברסיטאות והן על-ידי מכונים פרטיים, ובעזרתם יכולים בעלי רקע בטיחותי כללי להשתלם בכיוון זה. אחד הקורסים המקיפים והענייניים ביותר ניתן בארצות-הברית מטעם אוניברסיטת ג'ונס הופקינס בבולטימור, והוא מושך אנשי מקצוע מכל רחבי היבשת ואף מחוצה לה. הקורס הינו מרוכז מאוד, נמשך כשבוע ימים.



סמל האגודה האמריקנית לבטיחות ולגיהות ביולוגית

האגודה האמריקנית למיקרוביולוגיה (ASM) בשיתוף עם האגודה לבטיחות ביולוגית (ABSA) עיבדו לא-מכבר תוכנית להכרה בתפקיד העוסקים בבטיחות ביולוגית כמקצוע בר-בחינה ובעל תעודה. כדי לקבל תעודה והכרה כזאת, על המועמדים למלא מספר דרישות-יסוד ולעבור בחינת הסמכה.

כדי לגשת לבחינה על המועמד לעמוד באחד מהקריטריונים הבאים:

א. תואר ראשון במדעים, שכלל לפחות 20 שעות סמסטריאליות (או 30 שעות רבעוניות) במיקרוביולוגיה או קורסים קרובים למיקרוביולוגיה, שיאושרו על-ידי צוות הבוחנים; וכן שבע שנים של ניסיון עבודה בנושאים רלוונטיים לאחר התואר, בעשר השנים האחרונות.

ב. תואר שני או שלישי במדעי הביולוגיה, שכלל 30 שעות סמסטריאליות (או 45 שעות רבעוניות) במיקרוביולוגיה או קורסים קרובים שיאושרו על-ידי צוות הבוחנים; וכן ארבע שנות ניסיון עבודה לאחר התואר בנושאים רלוונטיים בעשר השנים האחרונות.

ג. תואר ברפואה עם השתלמויות במיקרוביולוגיה קלינית או בריאות הציבור. חשוב לציין שההסמכה היא אמריקנית, ומי שלמד מחוץ לארצות-הברית צריך להגיש את תיעוד השכלתו לוועדת אישור. תהליך זה עשוי לארוך עד שלושה חודשים.

ABSA הכינה רשימת מטלות, המשקפות את הכישורים המעשיים והידע הדרושים לאיש בטיחות ביולוגית מקצועי מוסמך. המטלות חולקו לשבע קטגוריות, והבחינה כוללת שאלה אחת לפחות, או יותר מכל קטגוריה. הבחינה הראשונה ניתנה במסגרת הכינוס ה-40 של ABSA באוקטובר 1997 בסן דייגו.

שבע הקטגוריות שנבחנו הן:

- א. חיטוי ועיקור
- ב. נהלי עבודה
- ג. הערכת סיכונים
- ד. תחיקה, הנחיות והמלצות
- ה. ניהול תוכנית בטיחות
- ו. הפעלת ציוד בטיחותי ואישור
- ז. תכנון מעבדות בטיחותיות.

מספר המטלות ברשימה מגיע לשישים וארבע, ונצטט כאן מטלות אחדות מכל קטגוריה.

א. חיטוי ועיקור

- הבנת ההבדל בין חיטוי לעיקור, השימושים בכל שיטה ודרכי הניטור שלה.
- הבנת השימוש בכימיקלים, קיטור, חום יבש, קרינה, סינון, מקורות UV, גזים או גורמים אחרים לחיסול או אינאקטיבציה של מיקרואורגניזמים.

ב. נהלי עבודה

- עיבוד, הערכה ותיעוד של תהליכי בקרת חשיפה לגורמי סיכון ביולוגי.
- עיבוד נהלים ותהליכים למניעת פיזור אוירוסולים מדביקים ממיכשור.
- בחירת ציוד מגן אישי ושימוש בו.
- הכנת תכנית חירום לאזורי סיכון ביולוגי.

ג. הערכת סיכונים

- ידע במישתנים אישיים בהקשר לחשיפה מיקרוביאלית.
- הערכת חשיפה תעסוקתית והדבקות הקשורות בגורמים מדביקים.
- יכולת זיהוי תכונות חיידקים, נגיפים, פטריות וטפילים.
- הבנת הסיכונים הקשורים באוירוסולים במקומות עבודה, כגון אוורור, איכות אוויר, החלפות אוויר ומגדלי קירור.
- שליטה בדרכי הדבקה, דרכי העברה, וקריטריונים אחרים הקובעים את קבוצת הסיכון של גורם ביולוגי.

ד. תחיקה והנחיות

- פירוש ויישום הנחיות ה-NIH למחקר בהנדסה גנטית.
- פירוש ויישום חוק הגורמים המועברים בדם של OSHA.
- פירוש ויישום ההנחיות המסווגות את הגורמים הביולוגיים על-פי קבוצות סיכון.
- פירוש ויישום חוק האישור למינדפים ביולוגיים מקבוצה II (NSF 49).
- פירוש ויישום הנחיות הקשורות בפסולת רפואית מידבקת.
- פירוש ויישום הנחיות ה-CDC-NIH שבספר בטיחות ביולוגית במעבדות מיקרוביולוגיות ובירפואיות, וכן פרסומים רלוונטים של ה-CDC.

ה. תוכנית בטיחות

- הבנת תפקידה של ועדת הבטיחות הביולוגית המוסדית (IBC).
- הכנה ועדכון של נוהלי בטיחות ביולוגית.
- ייעוץ לתוכנית בריאות תעסוקתית לעובדים בגורמים ביולוגיים.
- יישום, הערכה ותיעוד של תוכנית הדרכה בבטיחות ביולוגית.

ו. הפעלת ציוד בטיחותי ואישורו

- הבנת השימוש והוולידציה באוטוקלב.
- הבנת השימוש במינדפים ביולוגיים ואישורם.
- הבנת המבנה, התפקיד והיעילות של מסנני HEPA.
- הבנת השימוש בציוד ובכימיקלים הדרושים לחיטוי חללי אוויר.

ז. תכנון מעבדות בטיחותיות

- הבנת התפקיד של מחסום ראשוני ושניוני.
- הבנת ההבדל וההתאמה של תכנון מעבדות בשילוב הצורך בכליאה, בטיפול בעובדים, בתוצר והגנת הסביבה.
- בקורת תוכניות ארכיטקטוניות והנדסיות וייעוץ בבעיות בטיחות ביולוגית.
- אימות בינוי המעבדה בהתאם לדרישות מינימליות בבטיחות ביולוגית.

הרשימה ארוכה, מקיפה ומעמיקה ואכן אין זה פשוט לשלוט בכל המטלות המצוינות. אין חילוקי דעות בקרב ציבור העוסקים בבטיחות, ששליטה במטלות אלה, הינה חיונית למקצוע. מאידך-גיסא, אנשי מקצוע זה הינם בעלי רקעים שונים והתמחויות שונות ומגוונות, וחלקם אינם עומדים בדרישות היסוד כדי לגשת לבחינה! לאחרונה הושמעו כמה דעות בנושא זה בקבוצת הדיון על בטיחות ביולוגית המופיעה באינטרנט. קבוצה זו התפתחה ביוזמתו של **ריצ'רד פינק** מהמכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס (MIT) וכתובתה למעוניינים: biosafety@biosafety.absa.org.

אחד הכותבים, מנהל בטיחות במפעל ביוטכנולוגי, הביע התנגדות לדרישות היסוד של לימודי מיקרוביולוגיה אקדמיים. לדעתו המשקל העיקרי הוא הניסיון וההתמחות בעבודה. למעשה, הדרך לבחינה חסומה בפניו, מאחר שלא השתתף בקורסים הדרושים לפני 16 שנים בזמן לימודיו. לדעתו, הבחינה עצמה היא המכשיר המשווה בין אנשי המקצוע ומי שעובר אותה ראוי להכרה כמקצוען, אפילו אם אינו עונה על הדרישה היסודית.

לעומתו, גלן פאנק, קצין הבטיחות הביולוגית מאוניברסיטת קליפורניה בסן פרנציסקו, גורס שכדי למלא את תפקידו הוא נזקק ומשתמש ברקע החזק שלו במיקרוביולוגיה. יש לו תארים במיקרוביולוגיה ווירולוגיה והוא משתמש בידע כדי להתמודד עם המטלות המוצגות בפניו במרכז מחקר גדול הכולל מרכז הוראה לרפואה. בדיונים עם חוקרים הובעה בפניו שביעות רצון מכישוריו, והסתייגות מאנשים חסרי הרקע המתאים בתפקידו. לדעתו, רקע מיקרוביולוגי חזק תורם לפתיחות יתר ולהבנת בעיות החוקרים, ומכאן גם למתן פתרונות נאותים.

דעות נוספות הועלו באשר לדמיון בעקרונות המניעה בנושאים כימיים, רדיואקטיביים וביולוגיים. אך הודגשה הייחודיות של הסיכונים הביולוגיים הנעוצה בבסיס הטבע של המיקרואורגניזמים ושל החומרים הנוצרים על ידם.

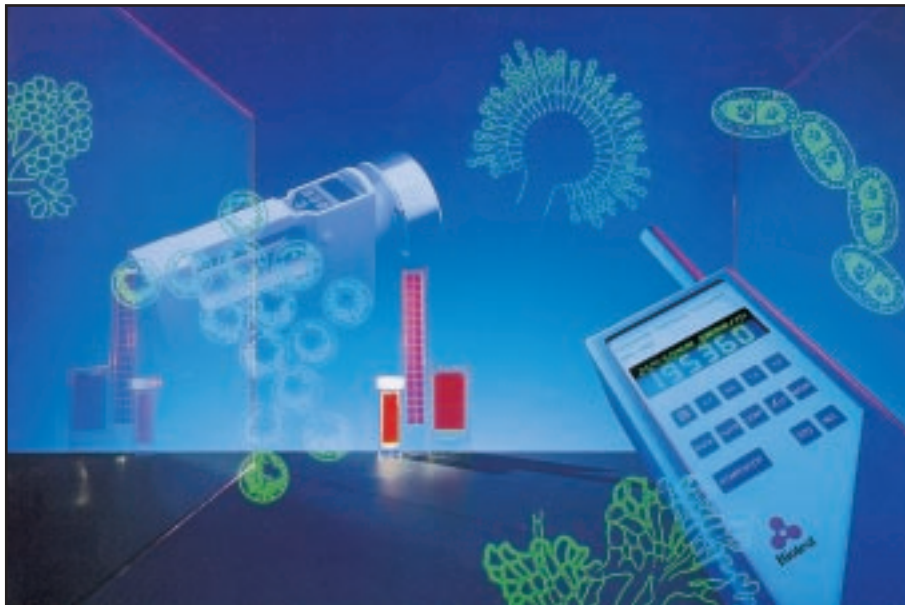
מכל מקום, הבחינה הינה צעד ראשון בדרך למיסוד מקצוע הבטיחות הביולוגית. האגודות יעקבו אחר דעות הציבור ותוצאות הבחינה הראשונה, וודאי שיעדכנו בהתאם הן את הדרישות והן את רשימת המטלות והשאלות.

התמודדות עם זיהומים מיקרוביאליים באוויר

הבעיה:

בעיית הזיהומים המיקרוביאליים באוויר הינה בעיה קשה לפתרון. היא מטרידה ומאיימת בתחומים שונים, בתעשייה, ברפואה, במדע, בחקלאות, וגם בחיי היום-יום. זיהומים מיקרוביאליים, בעיקר פטרייתיים גורמים נזקים כבדים בתעשיית המזון באשר הם מוצאים להם קרקע מזון פורה בירקות ופירות באחסון ובמוצרי מזון אחרים. ברפואה בעיית ההידבקות בדרך האוויר בבתי-חולים הינה חריפה ביותר. במיוחד לנוכח התופעה של רכישת עמידות לאנטיביוטיקה בזנים שונים של חיידקים, כגון שחפת וסטפילוקוקוס. בשנים האחרונות התגברה גם הבעיה של זיהומים פטרייתיים, והגורם הראשי הינו הסוג אספרגילוס. הבעיה חריפה ביותר בקרב חולים שהמערכת החיסונית שלהם פגועה או מעוכבת במכוון, כגון חולי סרטן או מקבלי שתלים. אחוז מקרי המוות בקרב הנתקפים בפטרייה זו מגיע ל-80%. הסיכון לזיהומים גדול במיוחד במחלקות המטפלות בנזקי כווייה ובחדרי ניתוח, בעיקר בנאורוכירורגיה ובכירורגיית עצם.

שלטונות הבריאות בהולנד המתקשים לפתור את הבעיה מוכרים את המבנה בו ממוקם בית-החולים אחת למספר שנים ופותחים את בית-החולים בבניין חדש. לבעיה הגוברת והולכת של הידבקות חולים, ניתן להתייחס ממספר היבטים: המימד הרפואי, שהוא הברור ביותר ומעורבים בו החולים ואף חלקם של עובדי בתי-החולים בו עולה והולך; המעמס הכלכלי, שאומנם קשה לאמוד אותו, המכביד וגורע נתח נכבד מתקציב בתי-החולים, הפן המשפטי, שהודגש לאחרונה על-ידי תביעות ושינויי חקיקה; ולבסוף שיקולים אתיים הקשורים בהתנהגות "ספקי השירות הרפואי", שהם תוצאה של הסיכון שהם חשים במקום עבודתם.



קשה להתחקות אחר שורשיהם של זיהומים פטרייתיים באוויר, אך יש שיטות לניטור

במעבדות מחקר ובתעשייה הביוטכנולוגית, במעבדות המטפלות בתרבויות תאים ורקמה, בטיפול בדם ובמוצרים, ובייצור מוצרים ממקור תאי או מיקרוביאלי, מופיעים תדיר זיהומים פטרייתיים שקשה להתחקות אחר שורשיהם. בבנייני משרדים ובמבנים סגורים אחרים, בעיקר בעלי מערכת מיזוג-אוויר מרכזית, מתפשטים זיהומים מיקרוביאליים היכולים לגרום מחלות קשות כדוגמת מחלת הלגיונרים, או תופעות אלרגיות ומחלות כרוניות קלות אך יותר קשות לאבחון, המכונות לעתים "תסמונת הבניין החולה" - (Sick building syndrome). המשותף לכל הבעיות הנ"ל הוא התפשטות זיהומים בדרך האוויר בתוספת יחסי הגומלין של זיהום משטחים. הבעיה הנ"ל גורמת נזקים בריאותיים וכספיים רציניים ונעשים מאמצים גדולים כדי למתן את התופעה, מאחר שלא ניתן למנועה כליל.

סקרים וקבוצות עבודה

בסקר שנערך בשמונה בתי-חולים אוניברסיטאיים בצרפת, ואשר הקיף כ-2600 חולים, נמצאו שיעורי הידבקות בבתי-חולים כדי 7.1-8.6%. הסקר נערך בארבע יחידות: טיפול נמרץ, ניתוחים נקיים, ניתוחים אחרים ומחלקה לרפואה פנימית. ממסקנות הסקר ניתן להמליץ על הפניית מאמצי-מנע למחלקות ניתוחים "נקיים" וליחידות בעלות סיכון גבוה.

בעבודה אחרת מדובר בזיהומים בפטריה קאנדידה, התופשת בארצות-הברית מקום רביעי כגורמת להידבקות באלח-דם בבתי-חולים. שיעור הזיהומים האלה עלה ב-500% בעשור הקודם, ויותר משליש מהם יוחס לזנים שונים של *Candida albicans*. כמו-כן נמסר שזני קאנדידה בודדו מהידיים של 15%-54% מעובדי הבריאות ביחידות לטיפול נמרץ, והזנים היו אלה שבודדו מחולים.

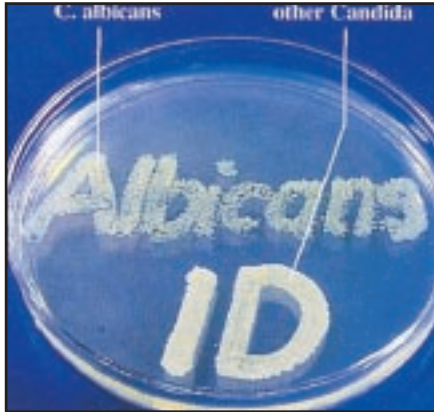
במאמר אחר דווח, שבעיקבות פעילות נגד הידבקות בבתי-חולים בשנים האחרונות פחתו והלכו שיעורי הבידודים של סטרפטוקוק יציב למתיצילין, אך לעומת זאת עלה שיעור ההידבקות בפסידומונאס אארוגינזזה.

בסקר אחר דווח על עלייה בשכיחות זיהומי חיידק הסטאפילוקוק, מקבוצת פאג' II, היציב לפניצילין בהידבקות בבתי-חולים. 184 זנים כאלה בודדו מחולים באלח-דם בשלושת העשורים האחרונים.

בסקר שנערך באירופה ובאמריקה ובו נבדק נושא היציבות לתרופה לקווינולון נמצא שכמעט כל החיידקים הפתוגניים שהיו מעורבים בהידבקות בבתי-חולים היו עמידים בפני פלואורוקווינולון. העמידות הגבוהה ביותר נמצאה לגבי החיידקים: פסאודומונאס, *Acinetobacter*, סרציה וסטאפילוקוק.

המרכז לבקרת מחלות בארצות-הברית (CDC) פירסם ב-1995 הנחיות למניעת הדבקות סביבתיות בדלקת ריאות, שהן המקור השני בשכיחותו להדבקות בבתי-חולים.

בתי-חולים ניצבים בפני בעיה ניכרת של הופעה והתפשטות זני מיקרואורגניזמים עמידים לאנטיביוטיקה. זני סטאפילוקוק עמידים למתיצילין ולתרופות רבות אחרות, כולל קווינולונים, נפוצים מאוד ומותירים את הואנקומיצין כאמצעי טיפול יחיד. אך בכ-14% מההדבקות ביחידות לטיפול נמרץ בארצות-הברית נתגלו לאחרונה זנים עמידים גם לתרופה זו. זנים של אנטרוקוקים, אנטרובקטריה, פסידומונאס, סרציה, קאנדידה ומעל הכל שחפת, נתגלו כעמידים לטווח רחב של סוגי אנטיביוטיקה.



חיידקים ופטריות מבודדים מן האוויר
על מצע מוצק

קבוצת עבודה של מדענים ואנשי רפואה התכנסו בסדנה שאורגנה על-ידי ה-CDC באטלנטה, כדי לעבד אסטרטגיה לבקרת הופעת מיקרו-אורגניזמים העמידים לאנטיביוטיקה ולמניעת התפשטותם בבתי-חולים. מטרת הסדנה היו לספק למנהלי בתי-חולים כלים ולאפשר גישות אסטרטגיות שיוכלו להשפיע על תופעת העמידות לאנטיביוטיקה.

המשתתפים סווגו לשתי קבוצות: האחת התמקדה בשיפור הטיפול באנטיביוטיקה, והאחרת במניעת ובקרת התפשטות מיקרואורגניזמים עמידים.

הקבוצות עקבו אחרי דגם שעל-פיו בית-חולים יתמקד בתהליך פיתוח

ויישום תוכנית מלחמה בבעיית עמידות החיידקים. המשתתפים הסכימו על חמישה יעדים אסטרטגיים מבחינת הטיפול באנטיביוטיקה: טיפול אנטיביוטי מיטבי מונע בניתוחים; בחירה מיטבית ומשך הטיפול האמפירי; שיפור בהקצאת אנטיביוטיקה בדרכים לימודיות ומינהליות; ניטור משוב לגבי עמידות מיקרואורגניזמים; הגדרה ויישום המלצות למערכת הרפואית לטיפול רבי-השפעה בסוגי אנטיביוטיקה שונים.

גם בנושא בקרה ומניעה אותו חמישה יעדים עיקריים: פיתוח מערכת זיהוי ודיווח של כיווני עמידות ברמת המוסדות למיניהם; פיתוח מערכת דומה לגבי חולים יחידים לצורך הבטחת תגובה מהירה מצד אנשי השירות הרפואי; הגברת הציות לנהלים ומדיניות בנושאי בקרת זיהומים; שילוב המניעה והבקרה במטרות האסטרטגיות של בית-החולים; ופיתוח תוכנית לזיהוי, העברה, שיחורור והתקבלות מחדש של חולים נושאי פתוגנים ייחודיים העמידים לאנטיביוטיקה. המשתתפים בסדנה קיוו שאימוץ יעדים אלה על-ידי רשויות הבריאות ובתי-החולים יעזור בבקרת ומניעת הופעה והתפשטות של זנים עמידים.

עבודה מקיפה המטפלת בבעיה של הידבקות באספרגילוס בבתי-חולים ובעיקר עקב עבודות שיפוץ, בנייה ותחזוקה, פורסמה ב-1993 על-ידי רופאים מבתי-החולים בפריס. נסקרו 96 חולים באספרגילוזיס כתוצאה מהידבקות בבתי-חולים. החוקרים הצביעו על הסיכון הגבוה בחולים מושגלי לשד-עצם ואיברים אחרים, חולי איידס וחולים מדוכאי חיסון אחרים. 5-10% מהמושגלים נדבקו באספרגילוזיס ושיעור מקרי המוות בעקבות המחלה נע בין 62-82%.

במאמר נותחו הדרכים למניעת הידבקות ונמסר שיותר משני שלישים מהנדבקים לא היו ממוגנים באמצעי זרימת אוויר למינרית, ובנדבקים שהיו ממוגנים כך, אירעה הפסקה או פריצה במיגון זה למספר שעות. כמו כן הצביעו מחברי המאמר, שבכ-66% מהחולים, נגרמו ההדבקות בעקבות עבודות בנייה בבתי-החולים.

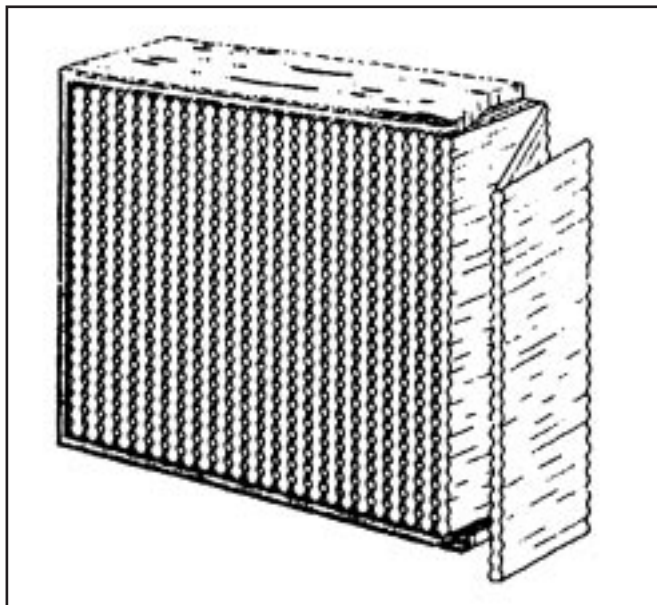
במאמר מוצעת שיטה להערכת הסיכון להדבקות סביבתיות, המביאה בחשבון את סוג העבודה המתרחשת בבית-החולים וקירבתה ליחידות של חולים הנתונים בסיכון גבוה. בהתאם לסיכון הצפוי, מציעים המחברים לנקוט אמצעי מנע שונים, החל באטימת האזור המטופל וכלה בחיטוי האוויר. המחברים מדגישים את החשיבות של בדיקת ותחזוקת מערכות האוויר, המיזוג והסינון, רמות הזיהום בחדרי החולים וחיטוי חללי אוויר.

איך להתמודד עם בעיה זו?

הנושא שייך לתחום הכללי של בקרת זיהומים. מאחר שזיהומים מתפשטים בדרך האוויר, יש לתקוף את הבעיה בכיוון של טיפול באוויר מצד אחד ובמקורות הזיהומים מצד אחר. מקורות הזיהום יכולים להיות משטחים (קירות מבנים, תעלות אוויר, מאגרי מים), בני אדם ובעלי חיים והפרשותיהם, וכן חפצים דוממים המועברים מאזור מזהם לאזור נקי. יחסית, ההתמודדות עם זיהומים על משטחים הינה פשוטה, בתנאי שיש גישה ישירה אליהם. ניתן לחטאם בפשטות בחומרי חיטוי זמינים, מכוהלים ועד תרכובות הלוגנים.

לעומת זאת, בעיית הטיפול באוויר קשה יותר, באשר הוא עלול לשאת זיהומים למרחק רב וטיפול חד-פעמי אינו פותר את הבעיה. יש מספר שיטות לטיפול באוויר החשוד כמזהם:

א. סינון - ניתן להרכיב מסננים בדרך זרימת האוויר, שיעילותם בסילוק החלקיקים שבאוויר מתבטאת בהורדת רמת הזיהום עד ארבעה סדרי גודל. מסננים אלה הנקראים מסנני HEPA, מקובלים בחדרים נקיים ובמינדפים ביולוגיים, ובמקרים מיוחדים משתמשים ביחידות ניידות גם במחלקות מיוחדות בבתי-חולים, כגון בחדרי חולי שחפת פעילה. שיטה זו הינה יעילה, אך יחסית יקרה, דורשת תחזוקה שוטפת ומעמיסה את מערכת האוויר. נוסף לכך, היא אינה ניתנת ליישום בכל מקרה, בייחוד לא במבנים ובמערכות קיימים.

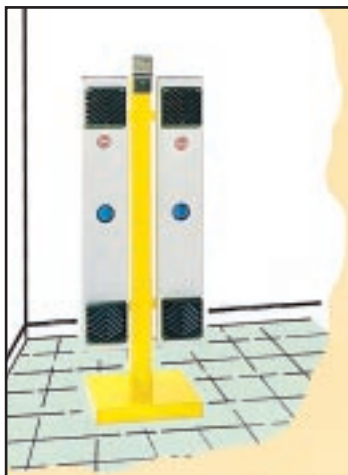


מסנן HEPA להרכבה בחדרים

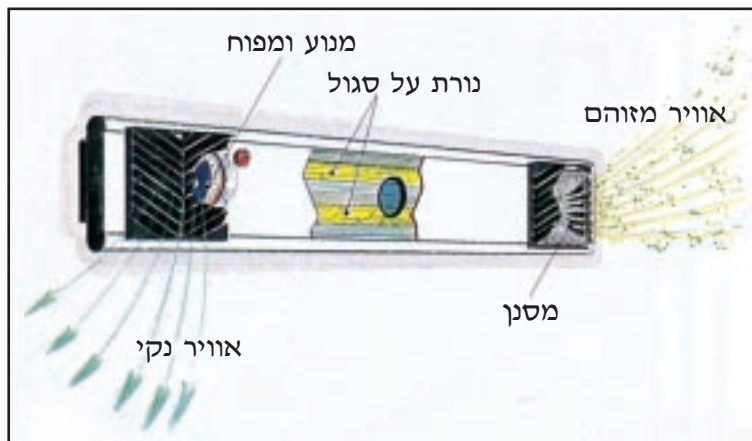
ב. החלפת אוויר - שיטה זו מתייחדת במספר רב של החלפות אוויר בחלל המדובר, כאשר האוויר הנכנס עובר טיפול מסוים והאוויר הנפלט מופנה ישירות לסביבה או מסוחרר חלקית חזרה למבנה. המדובר בכ-15-20 ויותר החלפות של נפחי החלל בשעה. עקרונית שיטה זו מקטינה את ריכוז המזהמים באוויר, בתלות בטיפול שמקבל האוויר המסוחרר והצח. עם זאת, היא בזבזנית באנרגיה ולא מתאימה ליישום בכל המצבים. היא אף יוצרת טורבולנציה באוויר, דבר שעלול לגרום דווקא לסחיפת זיהומים ממשטחים והעלאתם לאוויר.

ג. על-לחץ - יצירת לחץ אוויר מוגדר בחלל הנידון תמנע כניסת מזהמים מאזורים בעלי לחץ אוויר נמוך יותר. מצד שני, היא מפזרת זיהומים מחלל זה לאזורים הסמוכים. כמו-כן יש לטפל באוויר הנכנס ברמה שתבטיח ניקיון, שאם לא כן אין כל יתרון בשיטה זו.

ד. קרינה על-סגולה - שיטה זו מקובלת במעבדות, בחדרי ניתוח ובמבנים מסוימים כאמצעי משני או מגבה, להורדת רמת הזיהום באוויר ועל פני המשטחים. לאמצעי זה אכן נודעת יעילות מסוימת בתנאי שהנורות פועלות כל הזמן; כפועל יוצא מכך, יש להשתמש בנורות העשויות לפעול בנוכחות אנשים בחדר, כלומר שאינן מייצרות אוזון ואינן מקרינות ישירות (או אפילו בהחזרה) לעיני האנשים. בשיטה זו ניתן לגרום להורדה של כשני סדרי גודל בריכוז המיקרואורגניזמים באוויר. ברור שהיא אינה מטפלת בזיהומים הצמודים למשטחים או שאינם בטווח הפעילות של האור העל-סגול. השיטה דורשת תחזוקה מסודרת ותקופתית של הנורות והאביזר המסחרר את האוויר דרכן.



נורת על-סגול עם מפוח להזרמת אוויר החדר
בסחרור, מורידה את רמת הזיהום בחדר באופן
משמעותי



ה. ערפול - בשיטה זו מרססים חומרים בקטריוצידים ופונגיצידיים מתמיסה מימית ויוצרים ענן רטוב בחלל. השיטה גורמת להרטבה של משטחים ובעקבות כך יש בעיות של חלודה וקורוזיה ויש צורך בייבוש מאסיבי של כל המשטחים בתום התהליך. עצם העלאת הלחות עלול לגרום לשגשוג פטריות ועובשים באתרים שבהם לא מגיע חומר החיטוי, מיד לאחר סיום התהליך, ושוב אין שיטה זו מתאימה לכל אתר.

ו. חיטוי בעזרת גז - לצורך עיקור מושלם של חללי אוויר משתמשים באחד מ-4 חומרים: אתילן אוקסיד, פורמלדהיד, מי חמצן בפאזה גזית וכלור דיאוקסיד. עקב הסיכון הרב שבשימוש באתילן אוקסיד, הוא מקובל בעיקור מוצרים בתוך חללים קטנים ומוגדרים כגון אוטוקלבים. העיקור בפורמלדהיד נותר עדיין ללא תחליף כשיש לטפל בחללים גדולים. העיקור בעזרתו הינו מושלם (כולל חיסול נבגי חיידקים), אך יש לנקוט אמצעי זהירות, כגון מיגון אישי ומניעת דליפות לאזורים אחרים. כיום ניתן להשתמש במערכת אוטומטית לנידוף פורמלדהיד וניטרולו על-ידי אמוניה, המקטינה את הסיכונים האישיים והסביבתיים ומקלה על ביצוע התהליך. עקב הקשיים בביצוע התהליך, הוא אינו שיגרתי ודורש ביצוע על-ידי אנשי מקצוע מיומנים. עדיין כל התהליך מסתיים תוך 24 שעות.

ז. מי חמצן - לפני מספר שנים דווח בכינוס של האגודה האמריקנית לבטיחות ביולוגית על פיתוח מכשיר לאידוי מי חמצן, שיהיה יעיל לחיטוי חללי אוויר. מכשיר כזה אמנם נמצא עתה בשוק, אך מחירו הגבוה (כ-52,000 דולר) מגביל את תפוצתו. המכשיר הופך מי חמצן לאדים, תוך שהוא מבקר את הלחות והטמפרטורה של החלל אותו הוא מחטא, וכמו-כן מבצע ערבול של האוויר בחלל זה. המכשיר מתוצרת חב' AMSCO ארה"ב מסוגל לטפל בחללים קטנים בלבד, עד כ- 2-3 ממ"ק וניתן להשתמש בו לחיטוי פריטי ציוד מזוהמים. מי חמצן הורגים את כל האורגניזמים וזמן הפעולה של השיטה קצר מזה של הפורמלדהיד. למשל בנפח של 3 ממ"ק נבגים מאבדים מחיוניותם 8 סדרי גודל תוך 30 דקות. תוצרי הפירוק הם מים וחמצן, כך שאין בעיה סביבתית ולא דרוש זמן לאיורור החלל. חברה בריטית Astec הודיעה על שיווק מכשיר דומה, שמסוגל לטפל בנפחים של עד 200 ממ"ק ומחירו כ-80.000 דולר. אם מחירים של מכשירים אלה יירד לרמה סבירה, תהווה השיטה פתרון אידיאלי לחיטוי חללי אוויר.



מכשיר לאידוי מי חמצן לצורך חיטוי בגאז של חללי אוויר

ח. Fumispore - לאחרונה פותחה ונכנסה לשימוש שיטה חדשה המתאימה לחיטוי חללי אוויר גדולים, ומבטיחה הורדת רמת הזיהום החיידקי באוויר בלפחות שישה סדרי גודל וברמת הזיהום הפטרייתי בלפחות חמישה סדרי גודל. השיטה מתבססת על אידוי חומר פונגיציד ובקטריוציד הנקרא פארא-הידרוקסי-פניל-סליצילאמיד PHPS. החומר ידוע גם בשמות נוספים: Auxobil, Bilene, Bilocol, Driol, Osalmide, Oxaphenamide, Salmidochol.

המוצר הנקרא Fumispore פותח ומשווק על-ידי החברה הצרפתית "LCB", לאחר שעמד בדרישות התקן הצרפתי למוצרים מסוג זה (NF T 72-281, 1986). החומר אינו רעיל ונמצא בקטגוריה R36, והוא עשוי לגרום גירוי בעיניים לכל היותר. תכונות נוספות, כמפורט בדפי הבטיחות, מעידות על רעילותו הנמוכה ביותר. יעילותו של החומר נבדקה מול מספר רב של מיקרואורגניזמים, שחלקם מוזכרים בטבלה שלהלן:

יעילות החיטוי ב-fumispore לגבי מיקרואורגניזמים שונים

מספר סדרי גודל של הורדת חיוניות	האורגניזם
5.6	<i>Aspergillus versicolor</i>
5.1	<i>Cladosporium cladosporoides</i>
5.4	<i>Penecillium verrucosum</i>
6.2	<i>E. coli</i>
6.7	<i>Enterococcus hirae</i>
6.2-6.5	<i>Staphylococcus aureus</i>
5.1-5.3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
6.0	<i>Salmonella enterica</i>
6.1	<i>Listeria monocytogenes</i>
2.3	<i>Geotrichum candidum</i> (spores)

החומר משווק בפחיות אטומות וכל שצריך לעשות הוא להסיר את המכסה ולהדליק פתיל. החומר מעלה עשן מחטא, ודרוש זמן מגע של 15 שעות לקבלת שיא החיטוי. בתום התהליך יש שקיעה של אבקה לבנה, לא רעילה, המכילה סליקט וניטרט, שניתנים לטאטוא או שטיפה. בתום התהליך יש לאוורר את החדר מספר שעות, כך שניתן לסיים את תהליך כולו ב-24 שעות. יש צורך בגרם אחד של חומר לכל ממ"ק אוויר, ויש פחיות בגדלים שונים על-פי הנפח הרצוי, מ-50 עד 1000 ממ"ק.

המלצה: שילוב של טיפול תקופתי על-ידי חיטוי חללי אוויר ב-fumispore ונורות על-סגול עם סחרור אוויר, עשוי להיות פתרון יעיל, פשוט וזול יחסית להתמודדות עם בעיות זיהומים מיקרוביאליים ברפואה, בתעשייה ובמדע. שיטה זו מומלצת על-ידי שלטונות הבריאות בצרפת, כחלק אינטגרלי מתוכנית בקרת הזיהומים בבתי-החולים.

ט. כלור די-אוקסיד - חומר זה נכנס לאחרונה לשימוש בחיטוי חללי אוויר. החומר מתנדף לגז ומעקר את כל סוגי המיקרואורגניזמים, כולל נבגים. גם כאן מכשירי האידוי יקרים מאד, בסדר גודל של \$60,000, והם מתאימים גם לעיקור חללי אוויר גדולים. במגע עם מישטחים רטובים החומר עלול לגרום לקורוזיה.

יעילות חיטוי חללי אוויר בפורמלדהיד

מאמר שהופיע בעיתון חדש של האגודה האמריקנית לבטיחות ביולוגית, מתאר את יעילותו של תהליך זה, על-סמך ניסויים של יותר מ-230 תהליכי חיטוי שנערכו במשך 7 שנים במעבדה לבריאות חיות באוסטרליה, (גילונג, ויקטוריה). החוקרים ניתחו תהליכים אלה שבוצעו בחדרים בנפחים שונים, במינדפים ביולוגיים ובבתי מסננים ביולוגיים מסוג HEPA.

נסכם כאן את הממצאים לגבי חיטוי חדרים ומינדפים, העשויים לעניין את התעשייה הביוטכנולוגית והפרמצויטית בארץ וכן את מכוני המחקר והאוניברסיטאות.

שיטות החיטוי שננקטו

נפחי החדרים שחוטאו נעו בין 10 ל-325 ר"מ (רגל מעוקבת, שהיא 0.035 מ"מ"ק), החדרים היו ניתנים לאטימה והקירות בלתי חדירים לגז. לפני האידוי נוקו המשטחים מלכלוך, והטמפרטורה נשמרה בטווח 21°C - 24°C .

הפורמלדהיד אודה מאבקת פאראפורמלדהיד בסירים חשמליים מתוך שמן סיליקון ב- 160°C . הכמות הדרושה חושבה לפי 5 גרם לר"מ. מאווררים הופעלו לפיזור הומוגני של הגז, ומים אודו, במקביל, לקבלת לחות יחסית של 70-90%. זמן המגע היה לפחות 15 שעות, וברוב המקרים בוצע ניטרול על-ידי אידוי אמוניום-קרבונט (7.5 גרם לר"מ), גם כן מתוך שמן סיליקון ב- 120°C . ניטור ביולוגי נעשה על-ידי נבגי *B. stearothermophilus* (10^4 נבגים מיובשים על פסי נייר אלומיניום, 5 פסים לחדר). בתום החיטוי נאספו הנבגים למבחנות סטריליות, והודגרו במשך 7 ימים במצע עשיר ב- 56°C . גידול החיידק נקבע על-פי הופעת עכירות במצע.

המינדפים שחוטאו נוקו תחילה במחטא נוזלי. 38 מ"ל תמיסת פורמלין (37%) אודו בסיר חשמלי בתוספת 5-14 מ"ל מים, ליצירת ריכוז של 8.5 גרם לר"מ בלחות יחסית של 70-90%, בטמפרטורה של 21°C - 24°C . פתחי המינדפים נאטמו בעזרת פנל וכל החיבורים נאטמו בסרט מדבק. לאחר 15 שעות אווררו המינדפים ושאריות פורמלין נוטרלו על-ידי אידוי 20 גרם אמוניום-קרבונט, כפי שתואר לגבי החדרים. ניטור ביולוגי נעשה כמו בחיטוי החדרים.



מכשיר לחיטוי אוויר בפורמלדהיד



בחיטוי מינדף או חדר יש להשתמש בציוד מגן אישי

תוצאות

התוצאות הראו שב-92% מתהליכי חיטוי החדרים (1513 חזרות) כל 5 פסי הנבגים עברו עיקור מוחלט. ב-8% מהמקרים אובחנה צמיחת חיידקים במבחנה אחת או יותר. בתהליכי חיטוי המינדפים נמצא גידול חיידקים ב-18.3% במבחנה אחת או יותר. במקרים מסוימים אובחן גידול חיידקים כבר אחרי 18 שעות, ובאחרים בכל 5 המבחנות נמצא גידול. תופעות אלה העידו על כשל תהליך החיטוי, שהיה תוצאה של כשל מיכני או נוהלי בביצוע התהליך. הכשל היה נפוץ יותר במזג-אוויר קר. בדיקות כיול הראו, שעשרה נבגים מייצרים עכירות בהדגרה במצע תוך 18 שעות. הופעת עכירות אחרי שבוע ימים, מעידה על הרגישות הגבוהה של שיטת הניטור.

האפקטיביות הקטנה יותר של חיטוי מינדפים לעומת חדרים מוסברת בספיחה חלקית של הגז לפני השטח של מסנני ה-HEPA. מכאן, שכדאי לעלות מעל הריכוז המומלץ לחיטוי כדי לפצות על הספיחה.

המחברים מסכמים שחיטוי חללי אוויר ומשטחים בפורמלדהיד הינו שיטה טובה, עם 81-92% הצלחה לחיסול נבגי *B. stearothermophilus*, המעיד על עיקור של 4 סדרי גודל לנבגים ומקביל לתשעה סדרי גודל למיקרואורגניזמים אחרים.