مكتب العمل الدولي • جنيف

موسوعة الصحة والسلامة المهنية

الإصدار الرابع

المجلد I

الفصل 30 القواعد الصحية المهنية

ترجمة

منظمة العمل العربية
المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية
دمشق

القواعد الصحية المهنية

مكتب العمل الدولي • جنيف

موسوعة الصحة والسلامة المهنية

الإصدار الرابع

المجلد I

الفصل 30 القواعد الصحية المهنية

ترجمة
منظمة العمل العربية
المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية
دمشق

نشرت الطبعة الأصلية لهذا العمل من قبل مكتب العمل الدولي - جنيف تحت عنوان:
Occupational Hygiene
في موسوعة الصحة والسلامة المهنية، الطبعة الرابعة.
حقوق النشر 1998 منظمة العمل الدولية.
حقوق النشر للطبعة العربية 2019 - منظمة العمل العربية/المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية بدمشق.
وقد تمت ترجمته وإعادة إصداره بموافقة مكتب العمل الدولي.

تقديم

استكمالاً للمسيرة التي بدأناها في ترجمة فصول موسوعة الصحة والسلامة المهنية الصادرة عن منظمة العمل الدولية، يسرنا أن نضع بين أيديكم قراءنا الأعزاء ترجمة الفصل **30** من الموسوعة بعنوان «**القواعد الصحية المهنية**» والذي يسلط الضوء على التعرف على المخاطر، وتقييم بيئة العمل، والتحكم بالتعرضات المهنية، والأساس الحيوي (البيولوجي) لتقييم التعرض، وحدود التعرض المهني.

نجدد شكرنا لمكتب العمل الدولي في جنيف لدعمه المستمر لأنشطة المعهد عموماً وللترجمة على وجه الخصوص مؤكداً اهتمامه وحرصه على تعزيز حماية بيئة العمل والبيئة العامة في المنطقة العربية، وكلنا أمل أن يحقق هذا المنشور الفائدة المرجوة لجميع المعنيين بمسائل حماية العمال من المخاطر المختلفة في مكان العمل.

القائم بأعمال مدير المعهد

الدكتورة رانية رشدية

المحتويات

1. **الأهداف والتعاريف والمعلومات العامة** 9
بيرينيسس ي. فيراري غولزر

2. **التعرف على المخاطر** 45
لينيا ليلينبورغ

3. **تقييم بيئة العمل** 59
لوري أ. تود

4. **القواعد الصحية المهنية:**
التحكم بالتعرضات من خلال التدخل 99
جيمس ستيوارت

5. **الأساس الحيوي (البيولوجي) لتقييم التعرض** 111
ديك هيديريك

6. **حدود التعرض المهني** 125
دينيس ج. بوستنباخ

- **المراجع** 151

1. الأهداف والتعاريف والمعلومات العامة

بيرينيسس ي. فيراري غولزر
Berenice I. Ferrari Goelzer

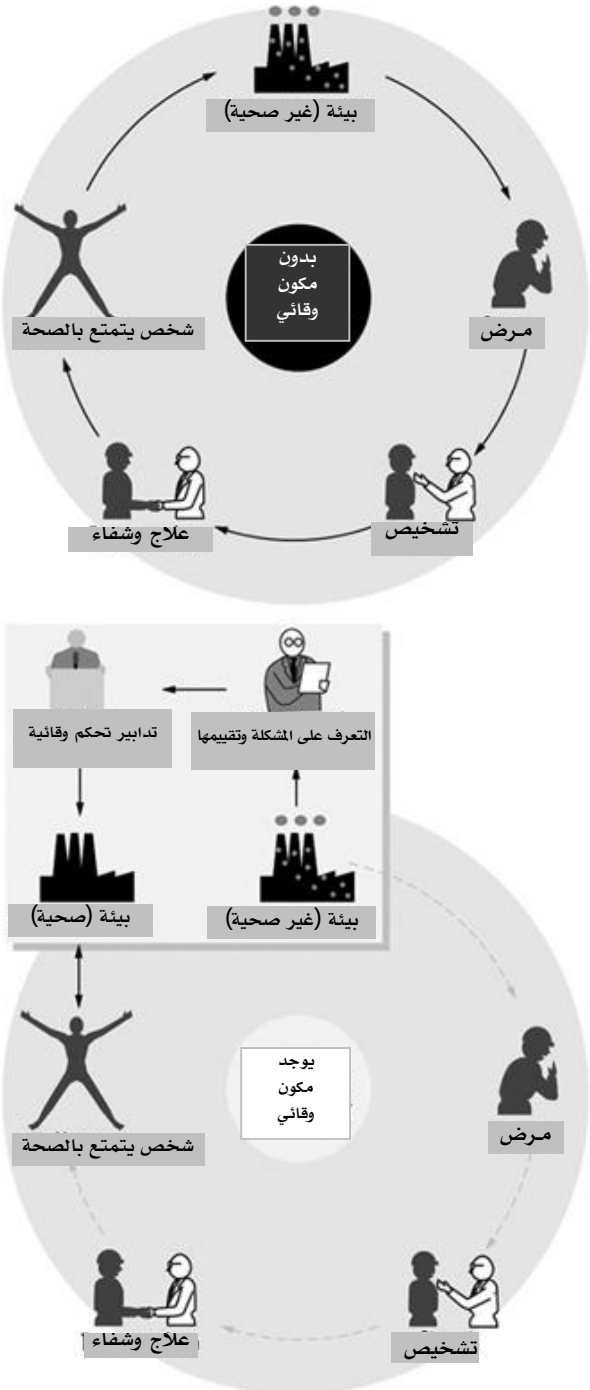
العمل عنصر أساسي للحياة والتنمية والإنجازات الشخصية. ولسوء الحظ، إن الأنشطة التي لا غنى عنها؛ كإنتاج الغذاء، واستخراج المواد الأولية، وتصنيع السلع، وإنتاج الطاقة، والخدمات تنطوي على عمليات ومواد يمكن أن ينشأ عنها، إلى حد أكبر أو أقل، مخاطر تضر بصحة العمال وأولئك في المجتمعات المجاورة، فضلاً عن البيئة العامة.

رغم ذلك، يمكن منع تولد العوامل الضارة وانبعاثها في بيئة العمل من خلال تدخلات مناسبة للتحكم بالمخاطر التي لا تحمي صحة العاملين فحسب، لكن أيضاً تحد من الضرر على البيئة الذي غالباً ما يرتبط بالتصنيع. إذ ما تمت إزالة المواد الكيميائية الضارة من عمليات العمل، فإنها لن تؤثر على العمال، ولن تذهب أبعد من ذلك لتلوث البيئة.

إن القواعد الصحية المهنية هي الحرفة التي تهدف بشكل محدد إلى الوقاية من المخاطر الناجمة عن عمليات العمل والتحكم بها. تتضمن أهداف القواعد الصحية المهنية حماية صحة العمال وتعزيزها، وحماية البيئة، والمساهمة في التنمية الآمنة والمستدامة.

لا يمكن المبالغة في التأكيد على الحاجة إلى القواعد الصحية المهنية في حماية صحة العمل؛ حتى ولو كان تشخيص المرض المهني وعلاجه مجديين، وإنهما لن يمنعا حدوثات أخرى ما لم يتوقف التعرض للعامل المسبب. وطالما أن بيئة العمل غير صحية، فإن إمكانية الضرر الصحي قائمة؛ ولا يمكن اختراق الحلقة المفرغة إلا من خلال التحكم بالمخاطر المهنية. يبيّن الشكل 1.30 التآثرات بين الأشخاص والبيئة.

الشكل 130 التآثرات بين الأشخاص والبيئة

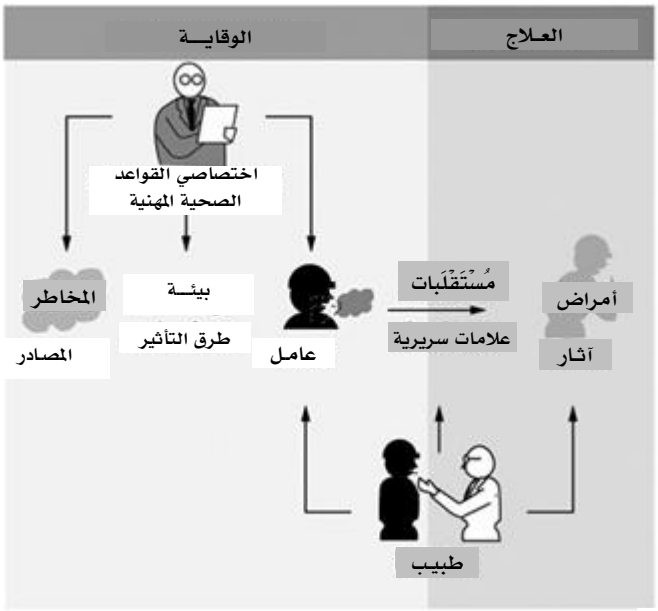


مع ذلك، ينبغي أن تبدأ إجراءات الوقاية في أبكر وقت ممكن، وليس قبل تظاهرات أي اعتلال صحي، بل حتى قبل حدوث التعرض. ينبغي أن تخضع بيئة العمل لمراقبة مستمرة بحيث يمكن كشف العوامل الخطرة وإزالتها أو التحكم بها قبل أن تسبب أي آثار صحية؛ إن ذلك هو دور القواعد الصحية المهنية.

فضلاً عن ذلك، يمكن أيضاً للقواعد الصحية المهنية أن تساهم في التنمية الآمنة والمستدامة، وذلك «لضمان أن (التنمية) تلبي احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال على تلبية احتياجاتهم الخاصة» (اللجنة العالمية بشأن البيئة والتنمية 1987). إن تلبية احتياجات سكان العالم الحاليين دون استنفاد الموارد العالمية أو الإضرار بها، ودون إحداث عواقب صحية وبيئية سلبية تتطلب المعرفة ووسائل الإجراءات المؤثرة (منظمة الصحة العالمية 1992)، وإن ذلك وثيق الارتباط بممارسات القواعد الصحية المهنية عندما يتعلق الأمر بالعمليات المهنية.

تتطلب الصحة المهنية نهجاً متعدد الجوانب وتنطوي على اختصاصات أساسية، إحداها هي القواعد الصحية المهنية، فضلاً عن اختصاصات أخرى تشتمل على الطب والتمريض المهنيين والأرغونومية (التلاؤم) وعلم النفس المهني. يوضح الشكل 30. 2 مخططاً لنطاقات الإجراءات للأطباء المهنيين واختصاصيي القواعد الصحية المهنية.

الشكل 230 نطاقات الإجراءات للأطباء المهنيين
واختصاصيي القواعد الصحية المهنية



المصدر: Source: Courtesy of Prof. M. Guillemin. Institut universitaire romand de Santé au Travail, Lausanne, Switzerland (slightly modified).

مـن الأهميـة بمكـان أن يـدرك متخـذو القـرارات والمـديرون والعمـال أنفسهم، بالإضافة إلى مهنيي الصحة المهنية، الدور الأساسي الذي تمارسه القواعد الصحية المهنية في حماية صحة العمال والبيئة، علاوة على الحاجة للمهنيين المتخصصين في هذا الميدان. ينبغي أيضاً أن يؤخذ بعين الاعتبار الارتباط الوطيد بين الصحتين المهنية والبيئية، لأنه ينبغي أن تبدأ على مستوى مكان العمل الوقاية من التلوث من المصادر الصناعية من خلال التعامل والتخلص المناسبين من التدفقات والنفايات الخطرة (انظر «تقييم بيئة العمل»).

مفاهيم وتعاريف

القواعد الصحية المهنية

تُعرَّف القواعد الصحية المهنية بأنها علم توقع والتعرف على التقييم والتحكم بالمخاطر الناشئة في مكان العمل أو عنه، والتي يمكن أن تضر بصحة

العمال وتؤثر على رفاههم، ويأخذ أيضاً هذا العلم بعين الاعتبار الأثر الممكن على المجتمعات المجاورة والبيئة العامة.

يمكن تقديم تعاريف القواعد الصحية المهنية بأساليب مختلفة؛ ومع ذلك، فإن لها جميعاً نفس المعنى أساساً وتهدف إلى الهدف الأساسي نفسه، علاوة على حماية البيئة العامة من خلال إجراءات الوقاية في مكان العمل.

حتى الآن لم يتم الإقرار بأن القواعد الصحية المهنية مهنة؛ ومع ذلك تسير أطر العمل التشريعية في بلدان عديدة إلى اعتبارها كمهنة.

اختصاصي القواعد الصحية المهنية

اختصاصي القواعد الصحية المهنية هو مهني قادر على:

- توقع الأخطار الصحية التي يمكن أن تنشأ عن عمليات العمل والمعدات، وبالتالي تقديم النصح بشأن التخطيط لها وتصميمها
- فهم والتعرف على الحدوث الواقعي أو المحتمل للعوامل الكيميائية والفيزيائية والحيوية (البيولوجية) والعوامل الضارة الأخرى في بيئة العمل، وتآثراتها مع العوامل الأخرى التي يمكن أن تؤثر على صحة العمال ورفاههم
- فهم الطرق الممكنة لدخول العوامل إلى جسم الإنسان، وتأثير تلك العوامل وغيرها على الصحة
- تقييم تعرض العمال للعوامل محتملة الضرر وتقييم النتائج
- تقييم عمليات العمل وطرائقه من وجهة نظر التولد والانبعاث/الانتشار الممكنين للعوامل محتملة الضرر أو العوامل الأخرى، بغية القضاء على التعرضات أو التقليل منها إلى المستويات المقبولة

- تصميم، والتوصية من أجل الاعتماد، وتقييم فعالية استراتيجيات التحكم لضمان التحكم الفعال والذي يأخذ بعين الاعتبار البعد الاقتصادي
- المشاركة في التحليل الشامل للخطر وإدارة العوامل أو العمليات أو أماكن العمل، والمساهمة في وضع الأولويات من أجل إدارة الخطر
- إدراك الإطار القانوني لممارسات القواعد الصحية المهنية في بلدهم
- تعليم وتدريب وتقديم المعلومات والنصح للأشخاص من كافة المستويات بشأن كافة الجوانب المتعلقة بالتواصل بما يتعلق بالخطر
- العمل بفعالية ضمن فريق متعدد التخصصات يحتوي على مهنيين آخرين
- التعرف على العوامل التي يمكن أن تؤثر على البيئة وفهم الحاجة لإدراج ممارسات القواعد الصحية المهنية ضمن حماية البيئة

ينبغي أن يوضع في الاعتبار أن المهني لا يتكون من كتلة من المعارف فحسب، بل أيضاً من مدونة لقواعد السلوك، فهناك مدونات لقواعد السلوك للروابط الوطنية للقواعد الصحية المهنية وللرابطة الدولية للقواعد الصحية المهنية (IOHA) (منظمة الصحة العالمية 1992b).

تقني القواعد الصحية المهنية

تقني القواعد الصحية المهنية هو «شخص مختص بإجراء القياسات لبيئة العمل» لكن «دون إعطاء أي تفسيرات أو إطلاق أحكام أو تقديم توصيات، بل هي من شأن اختصاصي القواعد الصحية المهنية». وبالإمكان معرفة المستوى الضروري من التخصص في مجال شامل أو محدود (منظمة الصحة العالمية 1992b).

الرابطة الدولية للقواعد الصحية المهنية (IOHA)

تأسست هذه الرابطة رسمياً أثناء اجتماع عقد في مونتريال في الثاني من حزيران / يونيو 1987. يشارك في هذه الرابطة حالياً 19 رابطة وطنية للقواعد الصحية المهنية من 17 بلداً، حيث تضم 19 ألف عضو.

تهدف هذه الرابطة بشكل رئيس إلى تعزيز القواعد الصحية المهنية وتطويرها عبر العالم على مستوى عالٍ من التخصص المهني من خلال وسائل تتضمن تبادل المعلومات بين المنظمات والأفراد وتنمية الموارد البشرية وتعزيز معيار عالٍ من الممارسات السلوكية. تشتمل أنشطة الرابطة على اجتماعات علمية وإصدار نشرة. إن أعضاء الروابط المنتسبة هم أعضاء تلقائيون في هذه الرابطة، ومن الممكن أيضاً قبول أعضاء من البلدان التي لا يوجد فيها الآن رابطة وطنية.

الشهادات

بالإضافة إلى التعريف المقبول للقواعد الصحية المهنية ولدور اختصاصي القواعد الصحية المهنية، فإن هناك حاجة لتأسيس نُظُم لمنح الشهادات لضمان المعايير المقبولة لتخصص وممارسات القواعد الصحية المهنية. يشير مصطلح منح الشهادة إلى نظام رسمي يستند إلى إجراءات من أجل تأسيس وصقل معارف المهنيين ومهاراتهم وتخصصهم (Burdorf 1995).

عززت تلك الرابطة مسحاً للنُظُم الوطنية القائمة لمنح الشهادات (Burdorf 1995) بالإضافة إلى توصيات لتعزيز التعاون الدولي بشأن ضمان جودة الاختصاصيين المهنيين للقواعد الصحية المهنية التي تتضمن ما يلي:

- «اتساق المعايير المتعلقة باختصاص وممارسات اختصاصيي القواعد الصحية المهنية»
- «تأسيس هيئة من الأقران لاستعراض جودة النُظُم القائمة لمنح الشهادات».

تضمن هذا التقرير اقتراحات أخرى، كبنود «المعاملة بالمثل»، «والقبول المتبادل» للتعيينات، حيث يهدف ذلك في نهاية المطاف إلى نظام شامل موحد للتعيينات المقبولة دولياً».

ممارسات القواعد الصحية المهنية

تتضمن الخطوات الكلاسيكية لممارسات القواعد الصحية المهنية ما يلي:

- التعرف على المخاطر المهنية الممكنة في بيئة العمل
- تقييم المخاطر، وهي عملية تقييم التعرض والوصول إلى استنتاجات بما يخص مستوى الخطر على صحة الإنسان أو تقليلها في مكان العمل
- الوقاية من المخاطر والتحكم بها، وهي عملية وضع وتنفيذ استراتيجيات للقضاء على العوامل الضارة أو تقليلها إلى مستويات مقبولة، وفي الوقت نفسه لحماية البيئة أيضاً.

إن النهج المثالي للوقاية من المخاطر هو «الإجراءات الوقائية المتكاملة»، التي ينبغي أن تتضمن:

- تقييم الأثر البيئي والأثر على الصحة المهنية قبل تصميم أو إنشاء أي مكان عمل جديد
- اختيار التكنولوجيا الأكثر أماناً والأقل خطورة والأقل تلويثاً («الإنتاج الأنظف»)
- اختيار الموقع المناسب بيئياً
- تصميم ملائم، بالإضافة إلى تكنولوجيا تحكم كافية ومناسبة، بما في ذلك التعامل والتخلص الآمنان من التدفقات والنفايات الناتجة

- إعداد مبادئ توجيهية ولوائح بشأن التدريب على التشغيل الصحيح للعمليات، بما في ذلك ممارسات العمل الآمنة والصيانة والإجراءات المتعلقة بحالات الطوارئ.

لا يمكن المبالغة في التأكيد على أهمية توقع والوقاية من كافة أنواع التلوث البيئي؛ فلحسن الحظ ثمة ميل متزايد للأخذ بعين الاعتبار التكنولوجيات الجديدة من وجهة نظر الآثار السلبية الممكنة والوقاية منها، ومن تصميم وتسلسل العمليات إلى التعامل مع التدفقات والنفايات الناتجة. بما يسمّى بعملية من المهد إلى اللحد، فإنه كان بالإمكان تفادي الكوارث البيئية التي حدثت في البلدان المتقدمة والنامية على السواء، وذلك بتطبيق استراتيجيات التحكم المناسبة والإجراءات المناسبة المتعلقة بحالات الطوارئ في مكان العمل.

ينبغي النظر إلى الجوانب الاقتصادية بمجالات أوسع من الاعتبارات المعتادة المتعلقة بالتكلفة الأولية؛ حيث أن الخيارات الأكثر تكلفة التي توفر حماية جيدة للصحة والبيئة قد يثبت أنها مجدية اقتصادياً بقدر أكبر على المدى البعيد. يجب أن تبدأ حمايتا صحة العمل والبيئة بوقت أبكر بكثير مما جرت عليه العادة. إن النصح والمعلومات التقنية بشأن القواعد الصحية المهنية والبيئية ينبغي دوماً أن تتوافر لأولئك الذين يصممون العمليات والآلات والمعدات وأماكن العمل الجديدة؛ ولسوء الحظ، غالباً ما تتوافر تلك المعلومات بعد فوات الأوان، وعندما يكون الحل الوحيد مكلفاً والتعديل صعباً أو أسوأ، وحيثما تكون العواقب كارثية بالفعل.

التعرف على المخاطر

يُعتبر التعرف على المخاطر خطوة أساسية في ممارسة القواعد الصحية المهنية، ولا غنى عنه للتخطيط الكافي لتقييم المخاطر واستراتيجيات التحكم، فضلاً عن تحديد الأولويات المتعلقة بالإجراءات. وبهدف التصميم

الملائم لتدابير التحكم، فإنه من الضروري أيضاً وصف مصادر الملوثات وطرق انتشارها.

يؤدي التعرف على المخاطر إلى:

- تحديد أي العوامل يمكن أن تكون موجودة وضمن أي ظروف
- تحديد طبيعة الآثار الضارة على الصحة والرفاه ومداها الممكن.

إن تحديد العوامل الخطرة ومصادرها وظروف التعرض يتطلب معرفة واسعة ودراسة متأنية لعمليات العمل، والمواد الأولية والمواد الكيميائية المستخدَمة أو المتولدة، والمنتجات النهائية والمنتجات الثانوية في نهاية المطاف، بالإضافة إلى إمكانيات التشكيل العارض للمواد الكيميائية، أو تفكك المواد، أو احتراق الوقود، أو وجود الشوائب. وإن التعرف على طبيعة والحجم المحتمل للآثار الحيوية (البيولوجية) التي يمكن أن تسببها مثل تلك العوامل في حالة حدوث فرط التعرض يتطلب معرفة المعلومات السمية والحصول عليها. تتضمن المصادر الدولية للمعلومات في هذا المجال البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية (IPCS) والوكالة الدولية لبحوث السرطان (IARC) والسجل الدولي للمواد الكيميائية محتملة السمية التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP – IRPTC).

تشتمل العوامل التي تشكل مخاطر مهنية في بيئة العمل على الملوثات المنقولة بالهواء، والمواد الكيميائية غير المنقولة بالهواء، والعوامل الفيزيائية كالحرارة والضوضاء (الضجيج)، والعوامل الحيوية (البيولوجية)، والعوامل الأرغونومية (التلاؤمية) كعدم التقيد بإجراءات الرفع المناسبة أو عدم التقيد بوضعيات العمل المناسبة، والعوامل النفسية الاجتماعية المسببة للكرْب (الإجهاد).

تقييمات القواعد الصحية المهنية

تُجرَى تقييمات القواعد الصحية المهنية لتقييم تعرض العمال، علاوة على توفير معلومات من أجل التصميم، أو لاختبار كفاءة تدابير التحكم.

لقد تم في فصول أخرى تناول تقييم تعرض العمال للمخاطر المهنية؛ كالملوثات المنقولة بالهواء، والعوامل الفيزيائية والحيوية (البيولوجية). ورغم ذلك، سيُقدَّم هنا بعض الاعتبارات العامة من أجل فهم أفضل لموضوع القواعد الصحية المهنية.

من الأهمية بمكان أن يؤخذ بعين الاعتبار أن تقييم المخاطر ليس غاية في حد ذاته، لكن يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار كجزء لإجراء أوسع كثيراً يبدأ بإدراك أن عاملاً ما، القادر على أن يسبب خللاً صحياً، قد يكون موجوداً في بيئة العمل، وبالتالي سيخضع للتحكم؛ وسيَحُول ذلك دون أن يسبب ضرراً. إن تقييم المخاطر يمهد الطريق إلى الوقاية من المخاطر، لكن لا يحل محلها.

تقييم التعرض

يهدف تقييم التعرض إلى تحديد عدد العاملين الذين تعرضوا لنوع من المخاطر وكم مرة تعرضوا أو منذ متى تعرضوا. لقد وُضعت المبادئ التوجيهية في هذا الجانب على المستويين الوطني والدولي على السواء - فمثلاً، EN 689 أعدت من قبَل اللجنة الأوروبية للتقييس (CEN 1994).

بالنسبة لتقييم التعرض للملوثات المنقولة بالهواء، فإن الإجراء الذي أكثر ما يطبَّق عادة هو تقييم التعرض بالاستنشاق الذي يتطلب تحديد تركيز العامل الملوث في الهواء الذي يتعرض له العمال (أو في حالة الجسيمات المنقولة بالهواء، تركيز الهواء للجزء ذي الصلة، أي «الجزء القابل للاستنشاق») ومدة التعرض. مع ذلك، إذا ما ساهمت، بقدر هام، بقَبْط (امتصاص) المادة الكيميائية طرق غير الاستنشاق، فإنه لحُكْمٌ خاطئ النظر في التعرض بالاستنشاق فقط؛ ففي تلك الحالات، يجب تقييم التعرض الكلي وذلك بواسطة وسيلة مفيدة جداً، ألا وهي المراقبة الحيوية (البيولوجية).

تُعْنَى ممارسة القواعد الصحية المهنية بثلاثة أنواع من الحالات:

- الدراسات البدئية لتقييم تعرض العمال
- المراقبة / الرصد بهدف المتابعة
- تقييم التعرض من أجل الدراسات الوبائية.

إن السبب الأساسي لتحديد ما إذا ثمة فرط تعرض للعوامل الخطرة في بيئة العمل هو لاتخاذ قرار بشأن مدى الحاجة لإجراء التدخلات؛ وغالباً ما يعني ذلك، ولكن ليس بالضرورة، تحديد مدى الامتثال لحد التعرض المُعْتَمَد الذي يُستخدَم للتعبير عنه مصطلح حد التعرض المهني (OEL)، وقد يكون تحديد وضع «التعرض الأسوأ» كافياً لتحقيق هذا الغرض. في الواقع، إذا كان من المتوقع أن تكون التعرضات إما عالية جداً أو منخفضة جداً بما يتعلق بالقيم الحدية، فإن صحة ودقة التقييمات الكمية يمكن أن تكون أدنى من عندما يُتوقَّع أن تكون التعرضات أقرب إلى القيم الحدية. في الحقيقة، عندما تكون المخاطر واضحة، فقد يكون أكثر حكمة استثمار الموارد في إجراءات التحكم بصورة أساسية وإجراء مزيد من التقييمات البيئية الدقيقة بعد تنفيذ إجراءات التحكم.

غالباً ما تكون تقييمات المتابعة ضرورية، لا سيما في حالة الحاجة إلى إضافة تدابير التحكم أو تحسينها أو إذا كانت التغييرات في العمليات أو المواد المُستخدمة مُتوقَّعة؛ ففي تلك الحالات، إن للتقييمات الكمية دوراً رصدياً مهماً في:

- تقييم الكفاية، أو اختبار الكفاءة، أو الكشف عن الفشل الممكن في أنظمة التحكم
- كشف ما إذا تبدل العمليات، كدرجات حرارة التشغيل، أو تبدل المواد الأولية غيَّر حالة التعرض.

عندما يُجْرى استقصاء للقواعد الصحية المهنية بما يتعلق بالدراسة الوبائية بغية الحصول على بيانات كمية بشأن العلاقات بين التعرض والآثار الصحية، فإنه يجب أن يتصف التعرض بمستوى عالٍ من الصحة والدقة. في هذه الحالة، يجب وصف كافة مستويات التعرض بصورة كافية، لأنه قد لا يكون كافياً، على سبيل المثال، وصف التعرض الأسوأ فقط. من الناحية المثالية، ورغم صعوبة ذلك من ناحية الممارسة، ينبغي دوماً الاحتفاظ بسجلات التقييم الدقيق والصحيح للتعرض، فقد يكون هناك حاجة في المستقبل إلى الحصول على بيانات التعرض على مدى زمني معين.

وبغية ضمان أن بيانات التقييم مُمثِّلة لتعرض العمال، وأن الموارد لا تُهدَر، فإنه يجب تصميم وإتباع استراتيجية مناسبة لأخذ العينات، تُأخذ بالحسبان كافة المصادر الممكنة للتَّغيُّر. يتضمن فصل «تقييم بيئة العمل» استراتيجيات أخذ العينات، علاوة على تقنيات القياسات.

تفسير النتائج

إن درجة الشك في تقدير مُتَثابِت (بارامتر)؛ مثلاً المتوسط الحقيقي لتركيز ملوث منقول بالهواء، تُحدَّد بواسطة المعالجة الإحصائية للنتائج التي يتم الحصول عليها من القياسات (مثلاً، أخذ العينات والتحليل). يعتمد مستوى الثقة بشأن النتائج على مُعامِل تباين «نظام القياس» وعلى عدد القياسات. إن الخطوة التالية بعد تحقُّق ثقة مقبولة هي الأخذ بعين الاعتبار العواقب الصحية للتعرض: ماذا تعني بما يتعلق بصحة العمال المعرَّضين: في الوقت الحاضر؟ في المستقبل القريب؟ في حياتهم المهنية؟ هل ثمة أثر على الأجيال القادمة؟ .

لا تُستكمَل عملية التقييم إلا عندما تُفسَّر النتائج من القياسات في ضوء البيانات (يُشار إليها أحياناً بـ «بيانات تقييم الخطر») المُشتقَّة من علم

السموميات، والدراسات الوبائية والسريرية، وفي بعض الحالات، التجارب السريرية. ينبغي توضيح أن مصطلح تقييم الخطر استخدِم بما يتعلق بنوعين من التقييمات - تقييم طبيعة ومدى الخطر الناجم عن التعرض للمواد الكيميائية أو العوامل الأخرى عموماً، وتقييم الخطر لعامل محدد أو مجموعة محددة من العمال في مكان عمل معين.

بالنسبة لممارسات القواعد الصحية المهنية، فإنه غالباً ما تُقارَن نتائج تقييم الخطر مع حد «التعرض المهني المُعتمَدة المُكرسة لتوفير إرشاد بشأن تقييم المخاطر لتحديد مستويات التحكم. يتطلب التعرض بما يفوق تلك الحدود إجراءات علاجية فورية عبر تحسين تدابير التحكم القائمة أو تنفيذ تدابير تحكم جديدة. في الواقع، ينبغي إجراء التدخلات الوقائية على «مستوى الإجراءات» الذي يتباين بين البلدان (مثلاً، نصف حد التعرض المهني أو خُمسه). إن مستوى الإجراءات الأدنى هو الضمان الأفضل لتفادي المشاكل في المستقبل.

إن مقارنة نتائج تقييم التعرض مع حدود التعرض المهني هي تبسيط، لأن، من ضمن قيود أخرى، عوامل عديدة تؤثر على قَبْط (امتصاص) المواد الكيميائية (مثلاً، استعداد الفرد والنشاط البدني) لا يتم احتسابها عن طريق هذا الإجراء. فضلاً عن ذلك؛ فإن في معظم أماكن العمل ثمة تعرض لعوامل عديدة في نفس الوقت، وبالتالي ثمة مشكلة مهمة جداً، ألا وهي التعرضات المشتركة وتآثرات العوامل، لأن العواقب الصحية للتعرض لعامل ضار معين لوحده، قد تختلف بشكل كبير عن عواقب التعرض للعامل الضار نفسه بمشاركة عوامل أخرى لاسيما في حالة وجود تآزر أو تعزيز للآثار.

قياسات من أجل التحكم

يمكن للقياسات التي تُجرى بغرض تقصي وجود العوامل وأنماط مُتَثابِتات (بارامترات) التعرض في بيئة العمل أن تكون مفيدة للغاية لتخطيط وتقييم تدابير التحكم وممارسات العمل. تتضمن أهداف هذه القياسات:

- تحديد المصدر ووصفه
- اكتشاف نقاط حرجة في الأنظمة المغلقة أو أنظمة التطويق (مثلاً، التسربات)
- تحديد مسالك الانتشار في بيئة العمل
- مقارنة التدخلات المختلفة للتحكم
- التحقق أن الأبخرة القابلة للاستنشاق ترسبت بالإضافة إلى الأغبرة المرئية الخشنة أثناء استخدام رذ الماء
- التحقق أن الهواء الملوث لا يأتي من منطقة مجاورة.

تفيد للغاية، لأغراض التحكم، أجهزة القراءة المباشرة، لاسيما الأجهزة التي يمكن أن تُستخدَم لأخذ العينات المتواصل وتعكس ما يحدث في زمن حقيقي، وبالتالي تكشف حالات التعرض التي من الممكن أن لا تُكتشَف بطريقة أخرى والتي بحاجة إلى تحكم. من الأمثلة لتلك الأجهزة كاشفات التأين الضوئية، ومحللات الأشعة تحت الحمراء، ومقاييس الحُلالات الهوائية (الأيروسول)، وأنابيب الكاشفات. إن المضبوطية والدقة لا تتمتعان بالأهمية في حد تقييم التعرض أثناء أخذ العينات للحصول على صورة لسلوك الملوثات من المصدر في كافة أنحاء بيئة العمل.

تتضمن التطورات الحديثة في هذا النوع من القياس لأغراض التحكم تقنيات التبصر (مثلاً، PMEX (Rosen 1993)). تُجْري هذه الطريقة تكاملاً بين صورة فيديو للعامل ومقياس يُظهر تراكيز الملوث المنقول بالهواء، حيث يتم القياس بصورة متواصلة في المنطقة التي يتنفس فيها العامل بواسطة جهاز رصد حقيقي الزمن، وبالتالي يجعل من الممكن التبصر بشأن كيفية تباين التركيز أثناء تأدية العامل لمهامه؛ مما يوفر أداة ممتازة لمقارنة النجاعة النسبية لتدابير التحكم المختلفة، كالتهوية وممارسات العمل، وبالتالي المساهمة بتصميم أفضل.

إن القياسات ضرورية أيضاً لتقييم كفاءة تدابير التحكم. ففي هذه الحالة؛ إن أخذ العينات من المصدر أو من المنطقة مناسب، لوحده أو بالإضافة إلى أخذ العينات الفردي، لتقييم تعرض العمال. وبهدف ضمان الصلاحية، فإن أماكن أخذ العينات (أو القياسات) «قَبْلَ» أو «بَعْدَ» والتقنيات المُستخدَمة ينبغي أن تكون نفسها أو ما يكافؤها من حيث الحساسية والمضبوطية والدقة.

الوقاية من المخاطر والتحكم بها

يكمن الهدف الرئيسي للقواعد الصحية المهنية في تنفيذ تدابير الوقاية من المخاطر والتحكم بها في بيئة العمل. وفي حالة عدم إنفاذ المعايير واللوائح فإنها بلا معنى بما يتعلق بحماية صحة العمال، وعادة ما يتطلب الإنفاذ استراتيجيات المراقبة والتحكم على السواء. لا ينبغي لغياب المعايير الموضوعة قانونياً أن يكون عائقاً في طريق تنفيذ التدابير الضرورية للوقاية من التعرضات الضارة أو التحكم بها إلى المستوى المجدي الأدنى. ينبغي أن يوصى بالتحكم في حالة وجود مخاطر جسيمة واضحة حتى قبل إجراء التقييمات الكمية. قد يكون من الضروري أحياناً تغيير المفهوم الاعتيادي لـ «التعرف على المخاطر - التقييم - التحكم» إلى «التعرف على المخاطر - التحكم - التقييم»، أو حتى إلى «التعرف على المخاطر - التحكم» في حالة فقدان القدرات على تقييم المخاطر، كأمثلة للحاجة الواضحة للتحكم بالمخاطر دون ضرورة أخذ عينات: التلبيس الكهربي الذي يُجرى في حجرة صغيرة بدون تهوية، أو استخدام آلات حفر الصخور أو معدات السفع الرملي بدون إجراءات تحكم بيئية أو معدات وقاية؛ ففي تلك الحالات من المخاطر المميزة، فإن الحاجة الفورية هي التحكم لا التقييم الكمي.

ينبغي لإجراءات الوقاية بطريقة ما أن تمزق السلسلة التي ينتقل بواسطتها العامل الخطر - مادة كيميائية، غبار، مصدر طاقة - من المصدر

إلى العامل. ثمة ثلاث مجموعات كبرى من تدابير التحكم: إجراءات التحكم الهندسية، وممارسات العمل، والتدابير الفردية.

إن النهج الأكثر فعالية للوقاية من المخاطر هو تطبيق إجراءات التحكم الهندسية التي تقي من التعرضات المهنية عبر إدارة بيئة العمل، وبالتالي تقليل الحاجة إلى المبادرات التي تطبق على العمال. عادة ما تتطلب التدابير الهندسية بعض التعديلات على العمليات أو البنى الميكانيكية، وتنطوي على تدابير تقنية تلغي أو تقلل من استخدام أو تولُّد أو انبعاث العوامل الخطرة في مصدرها، فإنه ينبغي تصميم إجراءات التحكم الهندسية للحيلولة دون انتشار العوامل الخطرة إلى بيئة العمل أو التقليل منه عبر:

- احتواء العوامل الخطرة
- إزالة العوامل الخطرة على الفور إلى خارج المصدر
- التدخل على انتشار العوامل الخطرة
- تقليل تركيز العوامل الخطرة أو شدتها.

إن النهج الأفضل هو تدخلات التحكم التي تنطوي على بعض التدخلات على المصدر لأنه يمكن القضاء على العامل الخطر أو تقليل تركيزه أو شدته. تتضمن تدابير التقليل في المصدر على استبدال المواد، واستبدال / تعديل العمليات أو المعدات، وصيانة أفضل للمعدات.

إذا ما تعذر إجراء التعديلات في المصدر، أو أنها لم تكن كافية للوصول إلى مستوى مرغوب للتحكم، فإنه ينبغي الحيلولة دون انبعاث وانتشار العوامل الخطرة إلى بيئة العمل بواسطة قطع سلسلة الانتقال بتدابير كالعزل (مثلاً، أنظمة مغلقة، أنظمة التطويق) التهوية الساحبة الموضعية، الحواجز والدروع، المحافظة على مسافة بين العمال والعوامل الخطرة.

تتضمن التدابير الأخرى الرامية إلى تقليل التعرضات في مكان العمل التصميم الملائم لمكان العمل، وتهوية التخفيف والإزاحة، والنظافة والترتيب

الجيدين، والتخزين المناسب. إن وضع بطاقة التعريف وشارات التحذير يمكن أن تساعد العمال في ممارسات العمل الآمن. قد يكون من الضروري توفر أجهزة المراقبة والإنذار في برامج التحكم؛ ومن الأمثلة عن ذلك، أجهزة مراقبة غاز أحادي أكسيد الكربون حول الأفران، ومراقبة سلفيد الهيدروجين في الأعمال المتعلقة بالصرف الصحي، ومراقبة نقص الأكسجين في الأماكن المحصورة.

تُعتبَر ممارسات العمل جزءاً هاماً من التحكم - على سبيل المثال، الأعمال التي يمكن أن تؤثر وضعية عمل العامل فيها على التعرض، كانحناء العامل فوق عمله. من الممكن أن تؤثر وضعية العامل على ظروف التعرض (مثلاً؛ المنطقة التي يتنفس العامل ضمنها بما يتعلق بمصدر الملوثات، إمكانية الامتصاص عبر الجلد).

أخيراً، يمكن تفادي التعرض أو تقليله عبر وضع حواجز واقية على العامل في النقطة المهمة لدخول العامل الضار (الفم، الأنف، الجلد، الأذنان) -أي استخدام معدات الوقاية الفردية. ينبغي الإشارة إلى أنه ينبغي مناقشة كافة الإمكانيات الأخرى للتحكم قبل اللجوء إلى استخدام معدات الوقاية الفردية لأنها أقل الوسائل المُرْضِيَة من أجل التحكم الاعتيادي بالتعرضات، لاسيما للملوثات المنولة بالهواء.

تتضمن تدابير الوقاية الفردية الأخرى التثقيف والتدريب، والقواعد الصحية الفردية، وتقييد زمن التعرض.

ينبغي أن تكون التقييمات المتواصلة، من خلال المراقبة البيئية والرصد الصحي، جزءاً من أي استراتيجية للوقاية من المخاطر والتحكم بها.

يجب أيضاً أن تشمل تكنولوجيا التحكم الملائمة ببيئة العمل تدابير الوقاية من تلوث البيئة (الهواء، المياه، التربة)، بما في ذلك الإدارة المناسبة للنفايات الخطرة.

رغم أن معظم مبادئ التحكم التي أشير إليها تطبق على الملوثات المنقولة بالهواء، فإن الكثير منها يُطَبَّق أيضاً على الأنواع الأخرى من المخاطر؛ مثلاً، يمكن تعديل العملية بغية انبعاث تراكيز أقل من الملوثات إلى الهواء، أو شدة أقل من الضجيج، أو كمية أقل من درجات الحرارة. يمكن أيضاً للحواجز الفاصلة أن تعزل العمال عن مصدر الضوضاء (الضجيج) أو الحرارة أو الإشعاعات.

كثيراً ما تعتمد الوقاية على التدابير المعروفة على أوسع نطاق كالتهوية الساحبة الموضعية ومعدات الوقاية الفردية، دون مراعاة خيارات التحكم القَيِّمة الأخرى، كالتكنولوجيات الأنظف البديلة، واستبدال المواد، وتعديل العمليات، وممارسات العمل الجيدة. ما يحدث في الغالب هو أنه يُنظر إلى عمليات العمل على أنها غير قابلة للتغيير، في حين أنها في الحقيقة قابلة للتغييرات التي تقي بفعالية من المخاطر أو على الأقل تقلل منها.

تتطلب الوقاية من المخاطر والتحكم بها في بيئة العمل معرفة وبراعة. ولا يتطلب التحكم الفعال بالضرورة تدابير مكلفة ومعقدة جداً. ويمكن تحقيق التحكم بالمخاطر في حالات عديدة بواسطة التكنولوجيا المناسبة التي يمكن أن تكون بسيطة، كوضع قطعة من مادة كتيمة بين الكتف العاري لعامل الموانئ وكيس المادة السامة التي يمكن أن تُمتَص عبر الجلد. من الممكن أيضاً أن تتكون من تحسينات بسيطة كوضع حاجز متحرك بين مصدر الإشعاع فوق البنفسجي والعامل، أو تدريب العاملين على ممارسات العمل الآمن.

تتضمن الجوانب التي يتعين أخذها بعين الاعتبار أثناء اختيار استراتيجيات وتكنولوجيا التحكم المناسبة نوع العوامل الخطرة (الطبيعية، الحالة الفيزيائية، الآثار الصحية. طرق الدخول إلى الجسم)، ونوع المصدر (المصادر)، وحجم التعرض وظروفه، وخصائص مكان العمل، والموقع النسبي لأماكن العمل.

يجب ضمان المهارات والموارد اللازمة للتصميم والتنفيذ والتشغيل والتقييم والصيانة الصحيحة لأنظمة التحكم. يجب تقييم الأنظمة، كالتهوية الساحبة الموضعية، بعد تركيبها وفحصها روتينياً بعد ذلك. إن الضمان الوحيد لاستمرار الكفاءة هو المراقبة والصيانة، لأنه حتى الأنظمة جيدة التصميم يمكن أن تفقد أداءها إذا ما أهملت مراقبتها وصيانتها.

ينبغي إدراك تدابر التحكم في برامج الوقاية من المخاطر ومكافحتها بأهداف واضحة وإدارة تتسم بالكفاءة وأن تضم أفرقة متعددة الاختصاصات؛ بما في ذلك اختصاصيو القواعد الصحية المهنية وموظفون آخرون في مجال السلامة والصحة المهنيتين، ومهندسو الإنتاج، والإدارة والعمال. يجب أيضاً أن تتضمن البرامج جوانب أخرى كالتواصل بما يتعلق بالمخاطر، والتثقيف والتدريب على ممارسات العمل الآمن والإجراءات في حالات الطوارئ.

أيضاً ينبغي مراعاة جوانب تعزيز الصحة، لأن مكان العمل هو موقع مثالي لتعزيز أنماط الحياة الصحية عموماً وللتنبيه بشأن أخطار التعرضات غير المهنية الخطرة الناجمة على سبيل المثال عن ممارسة الرماية دون حماية كافية أو التدخين.

الارتباطات بين القواعد الصحية المهنية وتقييم الخطر وإدارة الخطر

تقييم الخطر

يُعتبر تقييم الخطر منهجية تهدف إلى وصف أنواع الآثار الصحية المتوقعة كنتيجة لتعرض ما لعامل معين، بالإضافة إلى تقديم تقديرات بشأن احتمال حدوث هذه الآثار الصحية عند مستويات مختلفة من التعرض؛ ويُستخدم أيضاً لوصف حالات خاصة من الأخطار. ينطوي تقييم الخطر

على تحديد المخاطر، وتحديد علاقات التعرض - الأثر، وتقييم التعرض، حيث يؤدي ذلك إلى توصيف الخطر.

تشير الخطوة الأولى إلى تحديد العامل الضار - مثلاً، مادة كيميائية كسبب للأثر الصحي الضار (مثلا، سرطان أو تسمم جهازي). وتحدد الخطوة الثانية مقدار التعرض وما مدى الأثر الذي يسببه وما عدد الأشخاص المُعرَّضين المتأثرين. إن هذه المعلومات أساسية لتفسير بيانات تقييم التعرض.

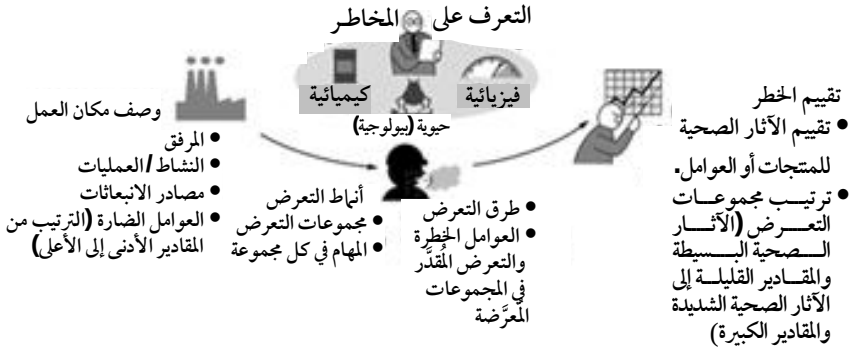
يُعتبر تقييم التعرض جزءاً من تقييم الخطر، عند الحصول على بيانات لوصف حالة الخطر، وعند الحصول على بيانات لتحديد علاقات التعرض - الأثر من الدراسات الوبائية. في الحالة الأخيرة، وبهدف ضمان صحة الارتباط، فإنه يجب وصف التعرض الذي أدى إلى أثر مهني أو بيئي المنشأ وصفاً دقيقاً.

رغم أن تقييم الخطر أساسي للعديد من القرارات التي تُتَّخَذ أثناء ممارسة القواعد الصحية المهنية، فإن أثره محدود بشأن حماية صحة العمال، ما لم تُترجَم إلى إجراءات واقية فعلية في مكان العمل.

يُعتبر تقييم الخطر عملية ديناميكية، حيث غالباً ما تكشف المعارف الجديدة آثاراً ضارة للمواد كانت تُعتبر قبل ذلك خالية من الضرر؛ لذلك يجب على اختصاصي القواعد الصحية المهنية الحصول على معلومات علم السموميات الحديثة في كافة الأوقات. ثمة جانب آخر، ألا وهو أنه ينبغي دوماً التحكم بالتعرضات إلى أدنى مستوى مجدٍ.

يتضمن الشكل **3. 30** توضيحاً للعناصر المختلفة لتقييم الخطر.

الشكل 3.30 عناصر تقييم الخطر



إدارة الخطر في بيئة العمل

من غير المجدي دوماً القضاء على كافة العوامل التي تشكل خطراً صحياً مهنياً لأن بعض تلك العوامل أساسية في عمليات العمل ولا غنى عنها؛ ورغم ذلك يمكن ويجب إدارة الأخطار.

يوفر تقييم الخطر قاعدة لإدارة الخطر. ورغم ذلك، وفي حين أن تقييم الخطر هو إجراء علمي، فإن إدارة الخطر أكثر واقعية حيث تنطوي على قرارات وإجراءات ترمي إلى الحيلولة دون حدوث العوامل التي تشكل خطراً على صحة العمال، أو إلى تقليل العوامل إلى المستويات المقبولة، وأيضاً تشكل خطراً على المجتمعات المجاورة والبيئة، كما أن إدارة الخطر مسؤولة أيضاً عن السياق الاجتماعي والاقتصادي وسياق الصحة العامة.

تتم إدارة الخطر على مستويات مختلفة؛ وتمهد القرارات والإجراءات المتخَذة على المستوى الوطني الطريق إلى ممارسات إدارة الخطر على مستوى مكان العمل.

تتطلب إدارة الخطر على مستوى مكان العمل معلومات ومعارف بشأن:

- المخاطر المهنية وحجمها المحددة وفقاً لنتائج تقييم الخطر

- المتطلبات والمعايير القانونية
- الجدوى التكنولوجية، بما يتعلق بتكنولوجيا التحكم المتاحة والقابلة للتطبيق
- الجوانب الاقتصادية، كتكاليف تصميم أنظمة التحكم وتنفيذها وتشغيلها وصيانتها، وتحليل علاقة التكلفة - الفائدة (تكاليف التحكم مقابل العائدات المالية الناجمة عن مكافحة المخاطر المهنية والبيئية)
- الموارد البشرية (المتاحة واللازمة)
- السياق الاجتماعي الاقتصادي وسياق الصحة العامة

لتكون بمثابة أساس للقرارات التي تتضمن:

- وضع هدف من أجل التحكم
- اختيار استراتيجيات وتكنولوجيات تحكم مناسبة
- تحديد الأولويات بما يتعلق بالإجراءات في ضوء حالة الخطر، علاوة على ما هو قائم من سياق اجتماعي- اقتصادي وسياق الصحة العامة (هذا الجانب مهم، لاسيما في البلدان النامية)

والتي ينبغي أن تفضي إلى الإجراءات؛ مثلاً:

- تحديد /البحث عن الموارد المالية والبشرية (في حالة عدم توفرها بعد)
- تصميم تدابير تحكم خاصة التي ينبغي أن تكون مناسبة لحماية صحة العمال والبيئة، فضلاً عن حماية الموارد الطبيعية ما أمكن ذلك
- تنفيذ تدابير التحكم، بما في ذلك الأحكام المتعلقة بالإجراءات الكافية بما يتعلق بالتشغيل والصيانة وحالات الطوارئ
- تأسيس برنامج الوقاية من المخاطر والتحكم بها بإدارة مناسبة ورصد اعتيادي.

تقليدياً، إن المهنة المسؤولة عن معظم هذه القرارات والإجراءات في مكان العمل هي القواعد الصحية المهنية.

ثمة قرار رئيسي في إدارة الخطر، ألا وهو الخطر المقبول (ما هو الأثر الذي يمكن أن يكون مقبولاً، وما هي النسبة المئوية لدى العاملين، إن وُجدت؟)، هل هو اعتيادي، لكن غير دائم، مُتَّخَذ على المستوى الوطني لواضعي السياسات ويتبعه اعتمادَ حدود للتعرض المهني ونشرَ لوائح ومعايير الصحة المهنية. يفضي ذلك إلى وضع أهداف للتحكم على المستوى الوطني غالباً من قِبَل اختصاصي القواعد الصحية المهنية الذي ينبغي أن يكون على دراية بالمتطلبات القانونية. ورغم ذلك، قد يحدث بأنه يتوجب أن تُتَّخذ القرارات المتعلقة بالخطر المقبول من قِبَل اختصاصي القواعد الصحية المهنية على مستوى مكان العمل - على سبيل المثال، في الحالات حيث لا تتوفر المعايير أو أنها لا تغطي كافة التعرضات المحتملة.

يجب إدراج كافة هذه القرارات والإجراءات في خطة واقعية تتطلب تنسيقاً وتعاوناً متعدد التخصصات والقطاعات. ورغم أن إدارة الخطر تنطوي على أساليب واقعية، فإنه ينبغي تقييم كفاءتها علمياً. ولسوء الحظ، إن إجراءات إدارة الخطر، في معظم الحالات تقع في المنتصف بين ما ينبغي فعله إلى تفادي أي خطر في ضوء التقييدات المالية وغيرها من التقييدات.

ينبغي التنسيق الجيد بشأن إدارة الخطر المتعلقة ببيئة العمل والبيئة العامة؛ لا يوجد ميادين متداخلة فقط، ولكن، في معظم الحالات، إن نجاح أحد الميادين مترابط مع نجاح الميادين الأخرى.

برامج وخدمات القواعد الصحية المهنية

إن الإدارة واتخاذ القرار على المستوى الوطني سيؤثران بشكل مباشر أو غير مباشر على تأسيس برامج أو خدمات القواعد الصحية المهنية سواء على

المستوى الحكومي أو على مستوى القطاع الخاص. إنه من خارج نطاق هذا الموضوع تقديم نماذج مفصلة لكافة أنواع برامج وخدمات القواعد الصحية المهنية؛ ورغم ذلك، ثمة مبادئ خاصة قابلة للتطبيق في حالات عديدة ويمكن أن تسهم في التنفيذ والتشغيل الفعالين.

ينبغي أن يكون بمقدور خدمات القواعد الصحية المهنية الشاملة إجراء استقصاءات أولية مناسبة وأخذ عينات وإجراء القياسات والتحليل من أجل تقييم المخاطر ولأغراض التحكم، ولتقديم التوضيحات بشأن تدابير التحكم، إن لم يكن تصميمها.

إن العناصر الرئيسية لبرامج وخدمات القواعد الصحية المهنية الشاملة هي الموارد البشرية والمالية والمرافق والمعدات ونظم المعلومات، حيث تتسم تلك البرامج والخدمات بالتنظيم والتنسيق الجيدين عبر التخطيط المتقن بإدارة تتسم بالكفاءة، وأن تنطوي تلك الإدارة على ضمان الجودة والتقييم المستمرين للبرنامج. يتطلب برنامجُ القواعد الصحية المهنية الناجح قاعدة سياسات والتزاماً من الإدارة العليا. إن تأمين الموارد المالية هو خارج نطاق هذا الموضوع.

الموارد البشرية

تشكل الموارد البشرية الكافية لأي برنامج وينبغي ضمانها كأولوية. ينبغي أن يكون لكافة الموظفين توصيفات ومسؤوليات وظيفية واضحة؛ وفي حالة الحاجة ينبغي وضع أحكام بشأن التدريب والتثقيف. تتضمن المتطلبات الأساسية لبرامج القواعد الصحية المهنية:

- اختصاصيي القواعد الصحية المهنية - بالإضافة إلى المعرفة العامة بشأن التعرف على المخاطر المهنية وتقييمها والتحكم بها، فمن الممكن أن يكون

اختصاصيو القواعد الصحية المهنية متخصصين في مجالات معينة، كالكيمياء التحليلية أو التهوية الصناعية؛ إن الحالة المثالية هي وجود فريق من المهنيين المُدرَّبين جيداً على الممارسة الشاملة للقواعد الصحية المهنية وكافة المجالات اللازمة من الخبرة

- موظفي مختبرات، كيميائيين (اعتماداً على مدى العمل التحليلي)
- تقنيين ومساعدين، لإجراء الاستقصاءات الحقلية وللمختبرات، علاوة على صيانة الأجهزة وإصلاحها
- اختصاصيي المعلومات والدعم الإداري.

ثمة جانب مهم، ألا وهو أن الكفاءة المهنية لا يجب تحقيقها فحسب بل أيضاً الحفاظ عليها. ينبغي أن يغطي التعليم المستمر، في البرنامج أو الخدمة أو خارجها، على سبيل المثال، تحديث التشريعات، والتطورات والتقنيات الجديدة، والثغرات في المعرفة. تساهم أيضاً في صقل الكفاءة المشاركةُ في المؤتمرات والندوات وورشات العمل.

صحة الموظفين وسلامتهم

ينبغي ضمان الصحة والسلامة لكافة الموظفين في الاستقصاءات الحقلية والمختبرات والمكاتب. قد يتعرض اختصاصيو القواعد الصحية المهنية لمخاطر ذات آثار وخيمة وينبغي أن يستخدموا معدات الوقاية الفردية اللازمة. قد يكون التمنيع ضرورياً اعتماداً على نوع العمل. بالنسبة لمناطق العمل الريفية، ينبغي توفر، على سبيل المثال، ترياقات عضات الأفاعي. أما السلامة في المختبرات، فهو مجال متخصص وقد نوقش في أماكن أخرى من هذه الموسوعة.

لا ينبغي التغاضي عن المخاطر المهنية في المكاتب - على سبيل المثال؛ العمل مع وحدات العرض المرئية، ومصادر التلوث داخل المباني كالطابعات الليزرية وآلات النسخ وأنظمة تكييف الهواء. ينبغي أن تؤخذ بعين الاعتبار العوامل الأرغونومية (التلاؤمية) والنفسية الاجتماعية.

المرافق

تتضمن المرافق المكاتب وقاعات الاجتماعات، والمختبرات والمعدات، ونُظُم المعلومات والمكتبة. ينبغي أن تكون المرافق جيدة التصميم وأن تراعي الاحتياجات المستقبلية، لأن إجراء التعديلات عادة ما يكون مكلفاً ويتطلب مزيداً من الوقت.

مختبرات ومعدات القواعد الصحية المهنية

ينبغي أن تتمتع مختبرات القواعد الصحية المهنية بشكل رئيسي بالقدرة على إجراء التقييمات الكمية والنوعية للتعرض للملوثات المنقولة بالهواء (المواد الكيميائية والأغبرة) والعوامل الفيزيائية (الضوضاء (الضجيج))، الإجهاد الحراري، الإشعاعات، الإنارة، والعوامل الحيوية (البيولوجية)، وبالنسبة لمعظم العوامل الحيوية (البيولوجية)، فإن التقييمات الكمية كافية لتقديم توصيات بشأن إجراءات التحكم، وبالتالي لا حاجة إلى إجراء التقييمات الكمية التي عادة ما تتسم بالصعوبة.

رغم أن بعض أجهزة القراءة المباشرة للملوثات المنقولة بالهواء تواجه بعض التقييدات لأغراض تقييم التعرض، فإنها مفيدة للغاية للتعرف على المخاطر وتحديد مصادرها وتحديد تراكيزها العظمى، ولجمع البيانات من أجل تدابير التحكم، وللتحقق من إجراءات التحكم كأنظمة التهوية. كذلك، إن تلك الأجهزة ضرورية أيضاً لقياس سرعة الهواء والضغط الساكن.

تشمل إحدى البنى الممكنة ما يلي:

- المعدات الحقلية (أخذ العينات، القراءة المباشرة)
- المختبر التحليلي
- مختبر الجسيمات
- العوامل الفيزيائية (الضوضاء (الضجيج)، البيئة الحرارية، الإنارة، الإشعاعات)
- ورشات صيانة الأجهزة وإصلاحها.

أثناء اختيار معدات القواعد الصحية المهنية، وفضلاً عن سمات الأداء، فإنه يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار الجوانب العملية بما يتعلق بظروف الاستخدام المتوقعة - مثلاً ، البنى التحتية المتوفرة، المناخ، المكان. تتضمن هذه الجوانب إمكانية النقل، ومصدر الطاقة اللازم، ومتطلبات المعايرة والصيانة، وتوافر المستلزمات المُستهلَكة اللازمة.

لا ينبغي شراء المعدات إلا في حالة:

- الحاجة الحقيقية لها
- توفر المهارات اللازمة للتشغيل والصيانة والإصلاح
- وضع الإجراءات الكاملة؛ مثلاً، عدم شراء مضخات أخذ العينات دون وجود مختبر لتحليل العينات (أو وجود اتفاق مع مختبر خارجي).

إن معايرة كافة أنواع معدات القياس وأخذ العينات والتحليل المتعلقة بالقواعد الصحية المهنية ينبغي أن تكون جزءاً مكملاً لأي إجراء، كما ينبغي أن تتوفر المعدات اللازمة.

إن الصيانة والإصلاح أساسيان للحيلولة دون بقاء المعدات خاملة لفترات طويلة من الزمن، كما ينبغي ضمانهما من قِبَل المُصنِّعين إما بالمساعدة المباشرة أو بتدريب الموظفين.

في حالة تأسيس برنامج جديد برمته، فإنه لا ينبغي شراء إلا المعدات الأساسية بشكل أولي، ثم يضاف مزيد من المستلزمات عندما تبرز الحاجة إليها وضمان القدرات على تشغيلها. ومع ذلك، وحتى قبل توفر المعدات وتشغيلها، فإنه يمكن تحقيق الكثير عبر التفتيش على أماكن العمل لتقييم المخاطر الصحية كمياً، وعبر تقديم توصيات بشأن تدابير التحكم بالمخاطر التي تم التعرف عليها. لا ينبغي أبداً لنقص القدرة على إجراء تقييمات التعرض الكمية أن يبرر التراخي المتعلق بتعرضات خطرة بوضوح؛ وينطبق ذلك بصورة حقيقية في الحالات حيثما لا تُتخَذ إجراءات التحكم بمخاطر مكان العمل وحيثما تكون التعرضات الجسيمة شائعة.

المعلومات

تتضمن المعلومات المكتبةَ (الكتب والدوريات والمطبوعات الأخرى) وقواعد البيانات (مثلاً، الأقراص المدمجة CD-ROM) وإجراءات الاتصالات.

حيثما أمكن ذلك، ينبغي توفير الحواسيب الشخصية وقارئات الأقراص المدمجة (CD ROM)، علاوة على الإنترنت. ثمة إمكانيات متزايدة لمُخدِّمات معلومات عامة عبر الشبكة (مواقع شبكة ويب العالمية (WEB) وغوفر (GOPHER) التي توفر وصولاً إلى ثروة من مصادر المعلومات ذات الصلة بصحة العمال، مما يبرر تماماً استثمار الحواسيب والاتصالات. وينبغي أن يتضمن مثل تلك الأنظمة البريد الإلكتروني (E-Mail) الذي يفتح آفاقاً جديدة للاتصالات والنقاشات إما فردياً أو كمجموعة، وبالتالي تيسير وتعزيز تبادل المعلومات عبر العالم.

التخطيط

إن التخطيط المتقن وفي وقته المناسب من أجل التنفيذ والإدارة والتقييم الدوري للبرنامج أساسي لضمان تحقيق الأهداف والغايات، مع الاستفادة المثلى من المواد المتاحة.

في البداية، ينبغي الحصول على المعلومات التالية وتحليلها:

- طبيعة المخاطر السائدة وحجمها بهدف تحديد الأولويات
- المتطلبات القانونية (التشريعات، المعايير)
- الموارد المتاحة
- البنية التحتية وخدمات الدعم.

تتضمن عمليات التخطيط والتنظيم:

- تحديد غرض البرنامج أو الخدمات، وتعريف الأهداف ونطاق الأنشطة في ضوء الحاجة المتوقعة والموارد المتاحة
- تخصيص الموارد
- تعريف البنية التنظيمية
- مرتسم (بروفيل) للموارد البشرية اللازمة والخطط من أجل تطويرها (عند الحاجة)
- تحديد واضح لمسؤوليات الوحدات والأفرقة والأفراد
- تصميم/تعديل المرافق
- اختيار المعدات
- متطلبات التشغيل
- وضع آليات للتواصل ضمن الإدارات وخارجها
- الجدول الزمني للعمل.

لا ينبغي الاستخفاف بتكاليف التشغيل، لأن نقص الموارد قد يعيق كثيراً استمرارية البرنامج. تتضمن المتطلبات التي لا يمكن التغاضي عنها:

- شراء المستلزمات المستهلَكة (بما في ذلك، على سبيل المثال، المُرشِّحات، أنابيب ومعدات الكشف، أنابيب الفحم، الكواشف)، قطع التبديل للمعدات، إلخ

- صيانة المعدات وإصلاحها
- النقل (المَرْكبات، الوقود، الصيانة) والسفر
- تحديث المعلومات.

يجب استخدام الموارد بشكل أمثل عبر الدراسة المتقنة لكافة العناصر التي ينبغي أن تؤخذ بعين الاعتبار كأجزاء مكملة للخدمات الشاملة. إن التخصيص المتوازن بشكل جيد للموارد للوحدات المختلفة (القياسات الحقلية، أخذ العينات، مختبرات التحليل، إلخ) وكافة المكونات (المرافق والمعدات، الموظفون، جوانب التشغيل) أساسي للبرنامج الناجح. فضلاً عن ذلك، ينبغي أن يتيح تخصيص الموارد المُرونَة، لأنه قد يتوجب أن تخضع خدمات القواعد الصحية المهنية لتكيف بغية الاستجابة للاحتياجات الحقيقية التي ينبغي تقييمها دورياً.

إن التواصل والمشاركة والتعاون بنود أساسية لفريق العمل الناجح وتعزيز القدرات الفردية. إن الآليات الفعالة من أجل الاتصال، ضمن البرنامج وخارجه، ضرورية لضمان النهج متعدد التخصصات اللازم من أجل حماية صحة العمال وتعزيزها. ينبغي وجود تآثر مع مهنيي الصحة المهنية الآخرين، لا سيما الأطباء والممرضين المهنيين، والأرغونومية (التلاؤم)، واختصاصيي علم النفس المهني، بالإضافة إلى مهنيي السلامة؛ وينبغي أن يتضمن ذلك على مستوى مكان العمل العمال وموظفي الإنتاج والمديرين.

إن تنفيذ البرنامج الناجح هو عملية متدرجة، لذلك، ينبغي إعداد جدول عمل زمني وفقاً للأولويات المحددة جيداً وفي ضوء الموارد المتاحة.

الإدارة

تنطوي الإدارة على اتخاذ القرار بما يخص الأهداف التي يتعين تحقيقها والإجراءات اللازمة لتحقيق تلك الأهداف بكفاءة بمشاركة كافة

المعنيين، علاوة على توقع وتفادي، أو التعرف على المخاطر وحل المشاكل التي يمكن أن تؤدي إلى عرقلة إكمال المهام . ينبغي أن يؤخذ بعين الاعتبار أن المعرفة العلمية ليست ضماناً للكفاءة الإدارية اللازمة لتشغيل برنامج يتسم بالكفاءة.

لا يمكن المبالغة في التأكيد على أهمية تنفيذ وإنفاذ الإجراءات الصحيحة وضمان الجودة لأن ثمة اختلاف كبير بين العمل الذي يُنْجَز والعمل الذي يُنْجَز جيداً. علاوة على ذلك، إن الأهداف الحقيقية، لا الخطوات المتوسطة، يجب أن تعمل كمقياس؛ ولا ينبغي قياس كفاءة برنامج القواعد الصحية المهنية من خلال عدد الاستقصاءات التي أدت إلى إجراءات فعلية لحماية صحة العمال.

ينبغي أن تكون الإدارة الجيدة قادرة على التمييز بين ما هو رائع وما هو مهم، فقد تكون الاستقصاءات المفصلة جداً التي تنطوي على أخذ العينات والتحليل والمؤدية إلى نتائج دقيقة جداً رائعة جداً، لكن المهم حقاً هو القرارات والإجراءات التي ستُتخذ بعد ذلك.

ضمان الجودة

يشير مفهوم ضمان الجودة الذي ينطوي على ضبط الجودة واختبار الكفاءة إلى الأنشطة التي تشتمل على القياسات. ورغم أن هذه المفاهيم كثيراً ما تؤخذ بعين الاعتبار بما يتعلق بمختبرات التحليل، فإنه يجب توسيع نطاقها ليشمل أيضاً أخذ العينات والقياسات.

عندما يكون من الضروري أخذ العينات والتحليل، فإنه ينبغي أن يؤخذ بعين الاعتبار الإجراء الكامل كوحدة واحدة، من وجهة نظر الجودة. لأنه لا سلسلة أقوى من الرباط الأضعف، فإن استخدام أجهزة وتقنيات لمستويات غير متكافئة للجودة هو هدر للموارد، وذلك من أجل الخطوات المختلفة

لإجراء نفس التقييم. إن المضبوطية والدقة لتوازن تحليلي جيد جداً لا يمكن أن يعوض عن أخذ العينات بالمضخة في تدفق غير صحيح.

يجب التحقق من أداء المختبرات بحيث يمكن تجديد مصادر الأخطاء وتصحيحها. ثمة حاجة إلى نهج منهجي، بغية الحفاظ على التفاصيل العديدة تحت السيطرة. من الأهمية بمكان تأسيس برامج ضمان الجودة بمختبرات القواعد الصحية المهنية، ويشير ذلك إلى كل من الضبط الداخلي للجودة والتقييمات الخارجية للجودة (غالباً ما يُدّعى ذلك بـ «اختبارات الكفاءة»).

وبالنسبة لأخذ العينات أو القياسات بأجهزة القراءة المباشرة (يشمل ذلك قياس العوامل الفيزيائية)، فإن الجودة تنطوي على عمل ما يلي (الذي يتصف بالكفاية والصحة):

- دراسات أولية تشمل تحديد المخاطر الممكنة والعوامل اللازمة لتصميم الاستراتيجية
- تصميم استراتيجية أخذ العينات (أو القياسات)
- اختيار واستخدام المنهجيات والمعدات من أجل أخذ العينات أو القياسات، بهدف كلٍ من الاستقصاء ومتطلبات الجودة
- إنجاز الإجراءات، بما في ذلك ضبط الوقت
- مناولة العينات ونقلها وتخزينها.

وبالنسبة لمختبرات التحليل، فإن الجودة تنطوي على كل ما يلي (الذي يتصف بالكفاية والصحة):

- تصميم المرافق وتركيبها
- اختبار واستخدام طرائق التحقق من التحاليل
- اختيار الأجهزة وتركيبها

- مستلزمات كافية (الكواشف، العينات المرجعية، إلخ)

ومن أجل كل من أخذ العينات أو القياسات بأجهزة القراءة المباشرة، مختبرات التحليل؛ فإنه لا غنى عن كل مما يلي:

- بروتوكولات وإجراءات وتعليمات مكتوبة واضحة
- المعايرة الاعتيادية للمعدات وصيانتها
- تدريب الموظفين وتحفيزهم بغية إنجاز الإجراءات اللازمة على نحو مناسبة
- إدارة مناسبة
- الضبط الداخلي للجودة
- القياس الخارجي للجودة أو اختبار الكفاءة (إذا كان ذلك ممكناً).

علاوة على ذلك، من الأمور الأساسية المعالجة الصحيحة للبيانات التي يتم الحصول عليها وتفسير النتائج، فضلاً عن الإبلاغ والاحتفاظ بالسجلات الدقيقين.

ثمة أداة ضبط هامة جداً وينبغي تعزيزها، ألا وهي، إقرار المختبرات، التي عرفتها CEN (EN 45001) بأنها إقرار رسمي بأن مختبرات الاختبارات مختصة بإجراء اختبارات معينة أو أنواع معينة من الاختبارات. وينبغي أن تغطي كلاً من أخذ العينات وإجراءات التحليل.

تقييم البرنامج

يجب تطبيق مفهوم الجودة على كافة خطوات ممارسات القواعد الصحية المهنية، بدءاً من التعرف على المخاطر إلى تنفيذ برامج الوقاية من المخاطر والتحكم بها. بوضع هذا بعين الاعتبار، فإنه يجب إجراء تقييم دوري وانتقادي لبرامج وخدمات القواعد الصحية المهنية بهدف التحسين المستمر.

ملاحظات ختامية

القواعد الصحية المهنية أساسية لحماية صحة العمال والبيئة؛ وتنطوي ممارستها على خطوات عديدة مترابطة والتي لا معنى لها لوحدها، بل يجب إدراجها في نهج شامل.

* * *

2. التعرف على المخاطـر

لينيا ليلينبورغ
Linnéa Lillienberg

يمكن تعريف مخاطر مكان العمل بأنها أي ظرف قد يؤثر بصورة ضارة على رفاه الأشخاص المُعرَّضين أو صحتهم. ينطوي التعرف على المخاطر في أي نشاط مهني على وصف مكان العمل من خلال تحديد العوامل الخطرة ومجموعات العمال المُعرَّضين بشكل محتمل لتلك المخاطر. قد تكون المخاطر من منشأ كيميائي أو حيوي (بيولوجي) أو فيزيائي (انظر الجدول 1.30). إن بعض المخاطر في بيئة العمل سهل التعرف عليه - مثلاً، المُهيِّجات ذات الأثر المُهَيِّج الفوري بعد تعرض الجلد أو الاستنشاقات، في حين أن البعض الآخر صعب التعرف عليه، مثلاً المواد الكيميائية التي تتشكل بشكل عارض دون أن تبدي خصائص مُنْذِرَة. قد يكون من السهل تدبير بعض العوامل، كالفلزات (مثلاً؛ الرصاص، الزئبق، الكادميوم، المنغنيز) التي يمكن أن تسبب إصابة بعد التعرض لها لسنوات عديدة إذا ما كنت على دراية بأخطارها. قد لا يشكل عامل سام مخاطر مهنية بتراكيز منخفضة، أو إذا لم يتعرض له أحد. من الأمور الأساسية للتعرف على المخاطر تحديدُ العوامل الممكنة في مكان العمل، والمعرفة بشأن الأخطار الصحية لهذه العوامل، والوعي بشأن حالات التعرض الممكنة.

الجدول 130 المخاطر الكيميائية والبيولوجية (الحيوية) والفيزيائية

نوع المخاطر	الوصف	الأمثلة
المخاطر الكيميائية	تدخل المواد الكيميائية إلى الجسم بشكل رئيسي من خلال الاستنشاق أو الامتصاص الجلدي أو الابتلاع. قد يكون الأثر السمي حاداً أو مزمناً أو الاثنين.	
التآكل	تسبب المواد الكيميائية الأكَّالَة تخرباً نسيجياً في مكان التماس. إن الجلد والعينين والجهاز الهضمي هي أكثر أجزاء الجسم تأثراً.	الأحماض والقلويات المركزة، الفوسفور.
التَّهَيُّج	تسبب المُهَيِّجات التهاباً في النسيج حيث تترسب. قد تسبب مُهَيِّجات الجلد تفاعلات تشبه الإكزيمة أو التهابات الجلد. قد تسبب المُهَيِّجات التنفسية الشديدة قِصَر النَّفَس وارتكاسات التهابية ووذمة.	الجلد: الأحماض، القلويات، المُذيبات (المُحِلَّات)، الزيوت. الجهاز التنفسي: الألدهيدات، الغبار القلوي، الأمونيا (النشادر)، ثنائي أكسيد النيتروجين، الفوسجين، الكلور، البروم، الأوزون.
التفاعلات الأرَجيَّة (التحسسية)	يمكن أن تسبب المُستَأرِجات (المُحَسِّسات) الكيميائية تفاعلات أرَجيَّة (تحسسية) في الجلد والجهاز التنفسي.	الجلد: القلفونة (الروزين)، الفورمالدهيد، الفلزات كالكروم أو النيكل، بعض الأصباغ العضوية، مُقَسِّيات الإيبوكسي، التوربنتين. الجهاز التنفسي: مركبات الإيزوسيانات، بعض أصباغ الأليااف التفاعلية، النيكل، الفورمالدهيد، أنواع عديدة من غبار الخشب المداري، النيكل.
الاختناق	تمارس الخانقات آثارها من خلال التداخل مع أكسجة الأنسجة. تعتبر الخانقات البسيطة غازات خاملة تقلل من الأكسَجين المتاح في الهواء إلى حدود أدنى من المستوى اللازم لدعم الحياة. قد يحدث عوز الأكسجين في الهواء في الخزانات أو عنابر	الخانقات البسيطة: الميثان، الإيثان، الهيدروجين، الهيليوم. الخانقات الكيميائية: أحادي أكسيد الكربون، النيتروجين، سيانيد الهيدروجين، سلفيد الهيدروجين.

	السفن أو الصوامع أو المناجم. لا ينبغي أبداً أن يصل تركيز الأكسجين في الهواء إلى أدنى من 19.5% حجماً تمنع الخانقات الكيميائية نقل الأكسجين إلى الَدم والأنسجة الطبيعية للدم، أو تمنع الأكسجة الطبيعية للأنسجة.	
السرطان	إن المواد المُسَرطنَة التي تُحدث السرطان لدى الإنسان هيَ المواد الكيميائية التي ثبت بوضوح أنها تسبب السرطان للإنسان؛ أما المواد المُسَرطنَة التي من المحتمل أن تحدث السرطانَ لَدى الإنسان فهي المواد الكيميائية التي ثبت أنها تسبب السرطان للحيوان أو أن البَيِّنَة ليست حاسمة لدى الإنسان. لقد كان السُخام وقار (قطران) الفحم من المواد الأولى التي سببت السرطان لدى الإنسان.	المعروفة: البنزين (ابيضاض الدم)، كلوريد الفينيل (ساركومة وعائية في الكبد)ـ نافتيلامين والبنزيدين (سرطان المثانة)، الأسبست (سرطان الرئة وسرطان المتوسطة (المزوثليوما))، غبار الخشب القاسي (سرطانة غدية (أدينوكارسينوما) في الأنف والجيوب الأنفية. المحتملة: الفورمالدهيد، رباعي كلور الكربون، مركبات ثنائي الكرومات، البيريليوم.
الآثار الإنجابية	تتداخل المواد السامة الإنجابية مع الوظيفة الإنجابية أو الجنسية للفرد.	المنغنيز، ثنائي سلفيد الكربون، أحادي الميثيل ومركبات أثير الإيثيل لغليكول الإثيلين، الزئبق.
	المواد السامة المؤثرة على التطور هي عوامل قد تسبب أثراً ضاراً لدى ذرية الأشخاص المُعرَّضين، مثلاً، عيوب ولادية. قد تسبب المواد الكيميائية السامة للمضغة أو الجنين إجهاضاً تلقائياً أو إملاصاً (ولادة جنين ميت).	مركبات الزئبق العضوية، أحادي أكسيد الكربون، الرصاص، الثاليدوميد، المُذيبات (المُحِلَّات).
السموم الجهازية	السموم الجهازية هي عوامل تسبب إصابة في أعضاء أو أجهزة معينة في الجسم.	الدماغ: المُذيبات (المُحِّلات)، الرصاص، الزئبق، المنغنيز. الجهاز العصبي المحيطي: ن - هيكسان، الرصاص، الأرسنيك (الزرنيخ)، ثنائي سلفيد الكربون. الجهاز المُكَوِّن للدم: البنزين،

		مركبات أثير غليكول الإيثيلين. الكليتان: الكادميوم، الرصاص، الزئبق، مركبات الهيدروكربون المُكَلْوَرَة. الرئتان: السيليكا، الأسبست (الحرير الصخري، الأميانت)، غبار الفحم (تغبر الرئة).
المخاطر الحيوية (البيولوجية)	تُعَرَّف المخاطر الحيوية (البيولوجية) بأنها أبخرة عضوية تنجم عن مصادر مختلفة من منشأ حيوي (بيولوجي)، كالفيروسات والجراثيم والفطريات والبروتينات من الحيوانات أو مواد من عينات كنواتج تفكيك الألياف الطبيعية، العامل السببي قد يُشتَق من كائن دقيق عَيوش، أو من ملوثات أو يكون مكوناً معيناً في الغبار. تصنَّف المخاطر الحيوية (البيولوجية) إلى عوامل مُعْدِيَة وغير مُعْدِيَة، وتصنَّف غير المُعدية إلى أحياء دقيقة عَيْوشَة وذيفانات حيوية (بيولوجية) المنشأ ومُسْتَأرِجات (مُحَسِّسات) حيوية (بيولوجية).	
المخاطر المُعْدِيَة	إن الأمراض المهنية الناجمة عن عوامل مُعْدِيَة غير شائعة نسبياً. يتضمن العاملون المُعرَّضون للخطر العاملين في المستشفيات وعمال المختبرات والمزارعين وعمال المسالخ والبيطريين وحراس حدائق الحيوانات والطهاة. إن الاستعداد للإصابة متباين جداً (مثلاً، ثمة حساسية أعلى لدى الأشخاص المعالجين بأدوية مثبطة للمناعة).	التهاب الكبدي (البائي)، السلّ (التدرن)، الجمرة ، البروسيلا، الكزاز، المُتَدَثِّرَة الببغائية، السالمونيلا.
الأحياء الدقيقة العَيوشَة والذيفانات حيوية	تتضمن الأحياء الدقيقة العَيوشَة الفطريات والأبواغ والذيفانات الفطرية؛ وتتضمن الذيفانات حيوية (بيولوجية) المنشأ الذيفان الداخلي والأفلاتوكسين والجراثيم. إن نواتج الاستقلاب الجرثومي	السُحار القطني، و«حمى الحبوب»، داء الفيالقة (الليجيونيلا).

(بيولوجية) المنشأ	والفطري معقدة ومتعددة وتتأثر بدرجتي الحرارة والرطوبة ونوع الركيزة التي تنمو عليها؛ تتألف كيميائياً من بروتينات أو بروتينات شحمية أو عديدات السكاكر المخاطية، كأمثلة، الجراثيم إيجابية وسلبية الغرام، والعفن. أما العمال المعرَّضون للخطر فهم عمال مصانع القطن، عمال القنب والكتان، عمال معالجة الصرف الصحي والحمأة، عمال صوامع الحبوب.	
المُسْتأرجات (المُحَسِّسات) (بيولوجية) المنشأ	تتضمن المُسْتأرجات (المُحسِّسات) حيوية (بيولوجية) المنشأ الفطريات والبروتينات المشتقة من الحيوانات، التربينات، سوس المخابز، الأنزيمات. يأتي قسم كبير من المُسْتأرجات (المُحسسات) حيوية (بيولوجية) المنشأ في الزراعة من البروتينات من جلد الحيوانات وشعرها وفرائها، ومن بروتينات المادة البرازية والبول. قد توجد المُسْتأرجات (المُحَسِّسات) في بيئات صناعية عديدة، كعمليات التخمير، إنتاج الأدوية، المخابز، إنتاج الورق، العمليات على الأخشاب (المناشر)، التقانة الحيوية (إنتاج الإنزيمات واللقاح، زراعة الأنسجة)، إنتاج التوابل. قد يؤدي التعرض للعوامل الأرجية (التَّحَسُّسية) لدى الأشخاص المتحسسين إلى أعراض أرجية (تَحَسُّسية) كالتهاب الأنف الأرجي (التحسسي)، أو التهاب الملتحمة الأرَجي (التَّحَسُّسي)، أو الربو. يتظاهر التهاب الأسناخ الرئوية الأرجي (التحسُّسي) بأعراض تنفسية حادة، كالسعال والنافض والحمى والصداع والألم في العضلات، وقد ينتهي الأمر بتليف الرئة المزمن.	الربو المهني: الصوف، الفراء، حبوب القمح، الدقيق، الأرز الأحمر، مسحوق الثوم. التهاب الأسناخ الرئوي الأرجي (التحسسي): داء المزارع، السُحار النَّفَلي، داء مربي الطيور، حمى المرطبات، داء السَّكَوِيَّة (داء نشارة الخشب).

العوامل الفيزيائية		
الضوضاء (الضجيج)	الضوضاء (الضجيج) هي أي صوت غير مرغوب يمكن أن يؤثر بشكل ضار على صحة ورفاه الأفراد أو السكان. تتضمن جوانب مخاطر الضوضاء (الضجيج) طاقة الصوت الإجمالية، وتوزع التواتر، ومدة التعرض، والضوضاء (الضجيج) النابضة: تتأثر حدة السمع عموماً بنقص أو فجوة عند التواتر 4000 هرتز (النقص يحدث بين التواتر 2000 و 6000 هرتز). من الممكن أن تؤدي الضوضاء (الضجيج) إلى آثار حادة، كمشاكل التواصل وتناقص التركيز ونعاس، وكنتيجة التأثير على أداء العمل. قد يحدث كلٌ من نقص السمع المؤقت ونقص السمع الدائم بسبب التعرض لمستويات عالية من الضوضاء (الضجيج) (عادة أكثر من 85 ديسيبل (dBC) أو الضوضاء (الضجيج) النابضة (أكثر من 140 ديسيبل (dBC) على مدى فترة ذات شأن من الزمن. إن نقص السمع الدائم هو أكثر الأمراض المهنية شيوعاً في مطالبات التعويض عن الإصابات.	المسابك ، مصانع الأخشاب، مصانع النسيج، الصناعات المعدنية.
الاهتزازات (الارتجاج)	للاهتزازات مُتثابتات (بارامترات) عديدة تتعلق بتواترها وسعتها ومدة التعرض لها وما إذا كانت مستمرة أو متقطعة. ويبدو أن لطريقة التشغيل ومهارة المشغل دوراً في ظهور الآثار الضارة للاهتزازات. ثمة ارتباط بين العمل اليدوي باستخدام أدوات تعمل بالطاقة وأعراض اضطراب دوراني محيطي يُعرَف «بظاهرة رينو» أو الأصابع البيضاء المُحْدَثَة بالاهتزازات (VWF). من الممكن للأدوات المُولِّدة للاهتزازات أن تؤثر أيضاً على الجهاز العصبي المحيطي والجهاز العضلي الهيكلي مع تناقص قدرة	مجْرفَة التحميل في التعدين (َالتنقيب)، شاحنات الرافعات الشوكية، المعدات التي تعمل بالهواء المضغوط، منشار السلسلة.

	القبض على الأشياء، وألم أسفل الظهر، واضطرابات الظهر التنكسية.	
الإشعاع المُؤَيِّن	إن السرطان هو الأثر المزمن الأكثر أهمية للإشعاع المُؤَيِّن، بما في ذلك ابيضاض الدم. إن فرط التعرض من مستويات منخفضة من الإشعاع اقترن بالتهاب جلد اليدين وبآثار على الجهاز المُكوِّن للدم. ثمة قيود شديدة وأحكام تنظيم العمليات أو الأنشطة التي يمكن أن تسبب تعرضاً مفرطاً للإشعاع المؤين.	المفاعلات النووية، أنابيب الإشعاع السيني في استخدامات الطب البشري وطب الأسنان، مُسَرِّعات الجسيمات، النظائر المشعَة.
الإشعاع غير المُؤَيِّن	يتألف الإشعاع غير المُؤَيِّن من إشعاع فوق البنفسجي، والإشعاع المرئي، والإشعاع تحت الأحمر، والليزر، والحقول الكهرومغناطيسية (الأمواج القصار والترددات الراديوية) والإشعاع منخفض التواتر للغاية. يمكن للإشعاع تحت الأحمر أن يسبب السأد، كما يمكن لليزر عالي الطاقة أن يسبب ضرراً في الجلد والعين. ثمة اهتمام متزايد بالتعرض للمستويات المنخفضة من الحقول الكهرومغناطيسية كسبب للسرطان وسبب محتمل للآثار الإنجابية الضارة بين النساء، لا سيما من التعرض لوحدات عرض الفيديو؛ ولا يوجد إجابة حتى الآن بشأن السؤال المتعلق بالعلاقة السببية مع السرطان. لقد خَلُصت بعض الدراسات الحديثة عموماً إلى عدم وجود ارتباط بين استخدام وحدات العرض بالفيديو (VDUs) والأثر الإنجابي الضار.	الإشعاع فوق البنفسجي: اللِّحام القوسي والقطع، معالجة الأحبار والغراء والطلاءات، التطهير، مراقبة المنتجات. الإشعاع تحت الأحمر: الأفران، نفخ الزجاج. إشعاع الليزر: الاتصالات، الجراحة، البناء.

تحديد المخاطر وتصنيفها

يجب تحديد وبوضوح الغرض قبل إجراء أي استقصاء يتعلق بالقواعد الصحية المهنية. من الممكن أن يكون تحديد المخاطر الممكنة هو الغرض من استقصاء يتعلق بالقواعد الصحية المهنية، وذلك بغية تقييم الأخطار الموجودة

في مكان العمل بغية إثبات الامتثال لمتطلبات اللوائح أو تقييم تدابير التحكم أو تقييم التعرض بما يتعلق بتقصٍ وبائي. هذا الموضوع مكرس للبرامج التي تهدف إلى تحديد المخاطر في مكان العمل وتصنيفها. لقد طوِّرت نماذج أو تقنيات عديدة لتحديد وتقييم المخاطر في بيئة العمل؛ وهي تختلف من حيث التعقيد، من قوائم تَحَقُّق بسيطة واستقصاءات أولية ذات صلة بالقواعد الصحية المهنية ومصفوفات الوظيفة - التعرض ودراسات المخاطر وقابلية التشغيل إلى مرتسمات (بروفيلات) الوظيفة - التعرض وبرامج رصد العمل (Renes 1978; Gressel and Gideon 1991; Holzner, Hirsh and Perper 1993; Goldberg et al. 1993; Bouyer and Hémon 1993; Panett, Coggon and Acheson 1985; Tait 1992). لا يوجد تقنية وحيدة كخيار واضح من أجل كل شخص، لكن لكافة التقنيات أجزاءً مفيدة في أي استقصاء. وتعتمد فائدة النماذج أيضاً على الغرض من الاستقصاء وحجم مكان العمل ونوع الإنتاج والنشاط، فضلاً عن درجة تعقد العمليات.

من الممكن تحديد المخاطر وتصنيفها إلى ثلاثة عناصر أساسية، ألا وهي: وصف مكان العمل، ونمط التعرض، وتقييم المخاطر.

وصف مكان العمل

من الممكن أن يعمل في مكان العمل عدد قليل من المستخدمين حتى عدة آلاف وأن يحتوي على أنشطة مختلفة (مثلاً؛ منشآت الإنتاج، أو مواقع البناء، أو مباني المكاتب، أو مستشفيات، أو مزارع)، من الممكن أن يتموضع في مكان العمل في مناطق معينة أنشطة مختلفة؛ وبالإمكان تحديد مراحل وعمليات مختلفة للإنتاج بدءاً من المواد الأولية إلى المنتجات النهائية.

ينبغي الحصول على معلومات مفصلة بشأن العمليات أو الأنشطة الأخرى موضوع الاهتمام بغية تحديد العوامل المستخدَمة بما في ذلك المواد الأولية والمواد المُضافة والمنتجات الأولية والمنتجات الثانوية والمنتجات النهائية؛ كما ينبغي أيضاً تحديد المُضافات والحَفَّازات موضع الاهتمام في

العمليات. يجب تقييم المواد الأولية والمُضافة التي حُدِّدت وفقاً للتركيب الكيميائي فقط وليس وفقاً للاسم التجاري. ينبغي للمُصَنِّع أو المُورِّد أن يوفر المعلومات أو أوراق بيانات السلامة الكيميائية.

قد تُجرَى بعض المراحل لعملية في نظام مغلق دون أن يتعرض أحد، ما عدا أثناء أعمال الصيانة أو حدوث خلل في العملية؛ حيث ينبغي التعرف على هذه الأحداث واتخاذ الاحتياطات للحيلولة دون التعرض للعوامل الخطرة. وتُجرى عمليات أخرى في أنظمة مفتوحة مزودة أو غير مزودة بنظام التهوية الساحبة الموضعية؛ ينبغي تقديم وصف عام لنظام التهوية، بما في ذلك نظام التهوية الساحبة الموضعية.

حيثما أمكن ذلك، ينبغي تحديد المخاطر أثناء تخطيط أو تصميم المنشآت أو العمليات الجديدة، حيث يمكن إجراء التعديلات في مرحلة مبكرة، ويمكن توقع المخاطر وتفاديها. ينبغي تحديد وتقييم الظروف والإجراءات التي قد تنحرف عن تصميمها المحدد. ينبغي أيضاً أن يشتمل التعرف على المخاطر على الانبعاثات إلى البيئة الخارجية، وكذلك النفايات. ينبغي أن يوضع ضمن مجموعات وبطريقة منهجية تموضع المرفق والعمليات ومصادر الانبعاثات والعوامل لتكوين وحدات قابلة للتعرف عليها في التحليل الذي سيُجرَى بشأن التعرض المحتمل؛ حيث ينبغي في كل وحدة وضع مجموعات للعمليات والعوامل وفقاً للآثار الصحية للعوامل وتقدير المقادير المنبعثة إلى البيئة العامة.

أنماط التعرض

إن الاستنشاق والقَبْط (الامتصاص) عبر الجلد أو الابتلاع (بصورة عارضة) هي طرق التعرض الرئيسية للعوامل الكيميائية والحيوية (البيولوجية). يعتمد نمط التعرض على تكرار التماس مع المخاطر، وشدة

التعرض، ومدة التعرض. يجب فحص مهام العمل منهجياً. ليس مهماً دراسة أدلة العمل؛ فقد يتعرض العمال مباشرة كنتيجة للمهام المنجَزة، أو بشكل غير مباشر لأنهم يعملون في مكان في نفس المنطقة العامة حيث يقع هناك مصدر التعرض. قد يكون من الضروري البدء من خلال التركيز على مهام العمل ذات الاحتمالية العالية بأن تسبب ضرراً حتى ولو كان التعرض قصير المدة. يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار العمليات غير الاعتيادية والمتقطعة (مثلاً، الصيانة والتنظيف وتبدل دورات الإنتاج؛ كما أن مهام أو حالات العمل قد تتباين على مدار العام.

قد يختلف التعرض ضمن نفس المُسمَّى الوظيفي لأن بعض العمال يَستخدمون معدات الوقاية الفردية وآخرين لا يفعلون ذلك. بالنسبة للمنشآت الكبيرة، من النادر جداً إجراء التعرف على المخاطر أو تقييم المخاطر كمياً لكل عامل؛ لذلك يجب تصنيف العاملين الذي يؤدون مهاماً متشابهة في نفس مجموعة التعرض. إن الاختلافات في مهام العمل وتقنيات العمل ووقت العمل ستؤدي إلى تعرض مختلف جداً، ويجب أن يؤخذ ذلك بعين الاعتبار. لقد اتضح بأن الأشخاص الذين يعملون خارج المباني وأولئك الذين يعملون في بيئة عمل بدون التهوية الساحبة الموضعية لديهم تقلب أكبر بين يوم وآخر بالمقارنة مع المجموعات التي تعمل داخل المباني في بيئة عمل تتوفر فيها التهوية الساحبة الموضعية (Kromhout, Symanski and Rappaport 1993). لوصف المجموعات التي تعرضها متشابه، وبدلاً من استخدام المُسمَّى الوظيفي، فإنه يمكن استخدام عمليات العمل والعوامل المطبقة من أجل تلك العملية/الوظيفة أو مهام مختلفة ضمن مُسمَّى وظيفي. يجب تحديد وتصنيف العمال المُعرَّضين بصورة محتملة ضمن المجموعات وفقاً للعوامل الخطرة، وطرق التعرض، والآثار الصحية للعوامل، وتكرار التماس مع المخاطر، وشدة التعرض ومدته. ينبغي ترتيب مجموعات التعرض المختلف وفقاً للعوامل الخطرة والتعرض المُقدَّر بغية تحديد العاملين الأكثر تعرضاً للخطر.

التقييم النوعي للمخاطر

إن الآثار الصحية الممكنة للعوامل الكيميائية والحيوية (البيولوجية) والفيزيائية في مكان العمل ينبغي أن تستند إلى تقييم البحوث المتوفرة الوبائية والسمية والسريرية والبيئية. ينبغي اللجوء إلى دوريات الصحة والسلامة، وقواعد البيانات بشأن الآثار السمية والصحية، والمراجع العلمية والتقنية ذات الصلة، وذلك للحصول على المعلومات المُحدِّثة بشأن المخاطر الصحية للمنتجات والعوامل المُستخدَمة في مكان العمل.

ينبغي، عند الضرورة، تحديث أوراق بيانات السلامة الكيميائية (MSDSs). توثق أوراق البيانات النسب المئوية للمكونات بالإضافة إلى الرقم الكيميائي وفق نظام المستخلصات الكيميائية (CAS) وقيم الحدود العتبية (TLVs)، إن وجدت؛ كما تحتوي أيضاً على المعلومات المتعلقة بالأخطار الصحية، ومعدات الوقاية، وإجراءات الوقاية والمُصنِّع أو المُورِّد، وهلم جرا. من الممكن أحياناً أن تكون المعلومات المتعلقة بالمكونات المذكورة قديمة إلى حد ما ويجب أن تُلْحَق بمعلومات أكثر تفصيلاً.

ينبغي دراسة البيانات والسجلات المتعلقة بالقياسات. توفر العوامل التي حُدِّدت قيم حدودها العتبية (TLVs) إرشاداً عاماً بشأن تحديد ما إذا الوضع مقبول أم لا، رغم أنه يجب وجود تسامح من أجل التآثرات الممكنة عندما يتعرض العمال لمواد كيميائية عديدة. وضمن وبين مجموعات التعرض المختلفة، فإنه ينبغي وضع العمال في مراتب وفقاً للآثار الصحية للعوامل الموجودة والتعرض المُقدَّر (مثلاً، من آثار صحية بسيطة وتعرض بتركيز منخفض إلى آثار صحية وخيمة وتعرض مُقدَّر عالٍ)؛ حيث يحظى العمال في المراتب الأعلى بأولوية أعلى. قد يكون من الضروري إنجاز برنامج لمراقبة التعرض، وذلك قبل البدء بأي أنشطة وقائية. ينبغي توثيق كافة النتائج وأن يكون بالمقدور الوصول إليها بسهولة. يحتوي الشكل 3.30 على عناصر تقييم الخطر.

مـن الممكـن أيـضاً أن تؤخـذ بعـين الاعتبـار في الاستقـصاءات المتعلقـة بالقواعد الصحية المهنية المخاطرُ في البيئة خارج المباني (مثلاً، التلوث وآثار الدفيئة (البيوت الزجاجية)، فضلاً عن الآثار على طبقة الأوزون).

العوامل الكيميائية والحيوية (البيولوجية) والفيزيائية

قـد يكـون منـشأ المخـاطر كيميائيـاً أو حيويـاً (بيولوجيـاً) أو فيزيائيـاً. وسيتضمن هـذا القـسم، كمـا تـضمن الجـدول 1.30، وصـفاً مـوجزاً للمخـاطر المختلفة بالإضافة إلى أمثلة للبيئات والأنشطة حيث توجد المخاطر (Casarett 1980; ICOH 1985; Jacobs 1992; Leidel, Busch and Lynch 1977; Olishifski 1988; Rylander 1994). ثمة مزيد من المعلومات المفصلة في مكان آخر من هذه الموسوعة.

العوامل الكيميائية

تـصنف المـواد الكيميائيـة إلى غـازات وأبخـرة وسـوائل وحُـلالات هوائيـة (أيروسولات) (بخار، أدخنة، سديم (Mist)).

الغـازات

الغازات هـي مـواد لا يمكـن أن تتحـول إلى حالـة سـائلة أو صـلبة إلا مـن خلال آثار مشتركة لازدياد الضغط وانخفاض درجة الحرارة. إن التعامل مع الغازات ينطوي دوماً على خطر التعرض ما لم يتم إجراء العمليات في أنظمة مغلقة. قد تتسرب بشكل عارض الغازات من حاوياتها أو أنابيب توزيعها. تتشكل الغـازات في العمليـات ذات درجـة الحـرارة المرتفعـة (مـثلاً، عمليـات اللِّحام، وخروج الغازات من عوادم المحركات).

الأبخـــرة

الأبخرة هي الشكل الغازي للمواد التي تكون بشكل طبيعي بحالة سائلة أو صلبة بدرجة حرارة الغرفة والضغط النظامي. عندما تتبخر السوائل

تتحول إلى غاز وتمتزج مع الهواء المحيط. يمكن أن يعتبر البخارُ غازاً حيثما يعتمد التركيز الأعظمي للبخار على درجة الحرارة وضغط الإشباع للمادة. ستتولد الأبخرة أو الغازات أثناء أي عملية تنطوي على الاحتراق. من الممكن أداء عمليات إزالة الشحم من خلال إزالة الشحوم في المرحلة البخارية أو التنظيف بواسطة النقع بالمُذيبات (المُحِلَّات). قد تتولد أبخرة ضارة أثناء إنجاز بعض الأنشطة المهنية؛ كشحن السوائل ومزجها، والطلاء، والرذ، والتنظيف، والتنظيف الجاف.

السوائل

قد تتكون السوائل من مادة نقية أو محلول يتكون من مادتين أو أكثر (مثلاً، المُذيبات (المُحِلَّات)، الأحماض، القلويات). إن السائل المُخزن في حاوية مفتوحة سيتبخر جزئياً إلى المرحلة الغازية، ويعتمد التركيز في المرحلة البخارية في التوازن على ضغط البخار للمادة، وتركيزها في المرحلة السائلة، ودرجة الحرارة. بالإضافة إلى الأبخرة الضارة، فإنه من الممكن للعمليات والأنشطة التي تُستخدَم فيها السوائل أن تؤدي إلى تناثرات أو نمط آخر من التماس مع الجلد.

الغبار

يتألف الغبار من جسيمات غير عضوية، حيث يمكن تصنيفها إلى قابلة للاستنشاق وصدرية وتنفسية، وذلك اعتماداً على حجم الجسيم. إن منشأ معظم الأغبرة العضوية حيوي (بيولوجي)، أما الأبخرة غير العضوية فتنشأ أثناء العمليات الميكانيكية، كالشحذ أو النشر أو القطع أو السحق أو النخل أو الغربلة. قد تتبعثر الأبخرة أثناء مناولة المادة الغبارية أو عند حدوث دوامة بواسطة حركات الهواء. تتولد الأبخرة أيضاً أثناء مناولة المواد الجافة أو المسحوقة، كعمليات الوزن والتعبئة والحشو والنقل والتغليف، وأثناء إنجاز بعض الأنشطة كأعمال العزل أو التنظيف.

الأدخنـــــة

الأدخنـة هـي جـسيمات صـلبة في درجـة الحـرارة العاليـة وتتكثـف إلى جـسيمات صـغيرة. غالبـاً مـا يـلازم التبخـر تفاعـل كيميـائي، كالأكـسدة. إن الجسيمات الوحيدة التي تشكل الأدخنة دقيقـة للغايـة (أقـل مـن 0.1 ميكـرون) وغالباً ما تنضم إلى بعضها لتشكل وحدات أكبر. كأمثلة، تنطلق الأدخنـة أثنـاء اللِّحام والقطع بالبلازما والعمليات المشابهة.

السّـديم (Mist)

السديم هـو قطـيرات سـائلة معلقـة تتولـد بواسـطة التكثف مـن الحالـة الغازية إلى الحالـة السـائلة، أو بواسـطة انتقـال السـائل إلى حالـة متبعثـرة مـن خلال التناثر أو التحول إلى حالة رغوية أو الترذيذ. كأمثلة، سديم الزيت الذي يتولد أثناء عمليات القطع والشحذ، وسُديم الأحماض أو القلويات الذي يتولد أثنـاء عمليـات التنظيـف بـالحمض، وسَـديم رذاذ الطـلاء الـذي يتولـد أثنـاء عمليات الرذ.

* * *

3. تقييم بيئة العمل

لوري أ. تود
Lori A. Todd

رصد المخاطر وطرائق الاستقصاء

ينطوي رصد المخاطر على برنامج فعال لتوقع التعرضات للمخاطر المهنية المحتملة في مكان العمل وملاحظة تلك التعرضات وقياسها وتقييمها ومكافحتها. غالباً ما ينطوي الرصد على فريق من الأشخاص يتضمن اختصاصي في القواعد الصحية المهنية وطبيب مهني وممرض الصحة المهنية ومسؤول السلامة واختصاصي علم السموميات ومهندس. وثمة ثلاث طرائق للرصد يمكن استخدامها اعتماداً على البيئة والمشكلة المهنيتين: طرائق للرصد يمكن استخدامها اعتماداً على البيئة والمشكلة المهنية: طرائق طبية وبيئية وحيوية (بيولوجية). يُستخدَم الرصد الطبي لكشف وجود أو غياب الآثار الصحية الضارة لدى فرد الناجمة عن التعرض المهني بملوثات، عبر إجراء فحوص طبية واختبارات حيوية (بيولوجية) مناسبة. تُستخدم المراقبة البيئية لتوثيق التعرض الممكن للملوثات لدى مجموعة من المستخدمين، عبر قياس تركيز الملوثات في الهواء في عينات من المواد من كافة الأماكن وعلى السطوح. وتُستخدم المراقبة الحيوية (البيولوجية) لتوثيق امتصاص الملوثات إلى داخل الجسم والربط مع المستويات البيئية للملوثات، عبر قياس تركيز المواد الخطرة أو مستقلباتها في دم العامل أو بوله أو هواء زفيره.

الرصد الطبي

يُجْرى الرصد الطبي لأنه يمكن للأمراض أن تحدث أو تتفاقم من خلال التعرض للمواد الخطرة. ويتطلب الأمر برنامجاً فعالاً يحتوي على مهنيين لديهم معارف بشأن الأمراض المهنية وتشخيصها وعلاجها. يوفر برنامج الرصد الطبي خطوات لحماية العامل وتثقيفه ومراقبته، وفي بعض الحالات التعويض عن إصاباته. من الممكن أن يتضمن الرصد الطبي برامج الاستقصاء قبل الاستخدام، والفحوص الطبية الدورية، والاختبارات المتخصصة لكشف تبدلات أو خلل مبكر ناجم عن المواد الخطرة، والعلاج الطبي، والاحتفاظ الواسع للسجلات. ينطوي الاستقصاء قبل الاستخدام على تقييم استبيانات القصتين المهنية والطبية ونتائج الفحوص البدنية. توفر الاستبيانات معلومات تتعلق بالأمراض السابقة والأمراض المزمنة (لا سيما الربو، أمراض الجلد والرئتين والقلب) والتعرضات المهنية السابقة. ثمة اعتبارات أخلاقية وقانونية لبرامج الاستقصاء قبل الاستخدام إذا ما أُستخدمت لتحديد الجدارة للعمل. ورغم ذلك، فإنها هامة بشكل رئيسي إذا ما أُستخدمت لـ (1) توفير سجل للعمل السابق والتعرضات المرتبطة به، و (2) وضع خط قاعدي بشأن صحة العامل، و (3) اختبار فرط الحساسية. من الممكن أن تتضمن الفحوص الطبية اختبارات قياس السمع في حالات نقص السمع، واختبارات الرؤية، واختبارات وظائف الأعضاء، وتقييم اللياقة من أجل استخدام معدات حماية الجهاز التنفسي، واختبارات كخط قاعدي تُجْرى على البول والدم. أما الفحوص الطبية الدورية فهي أساسية من أجل تقييم وكشف الاتجاهات في بداية حدوث الآثار الصحية الضارة، كما يمكن أن تتضمن المراقبة الحيوية (البيولوجية) لملوثات معينة واستخدام الواصمات الحيوية (البيولوجية) الأخرى.

المراقبتان البيئية والحيوية (البيولوجية)

تبدأ المراقبة البيئية والحيوية باستقصاء يتعلق بالقواعد الصحية المهنية لبيئة العمل بغية تحديد المخاطر الممكنة ومصادر الملوثات، وتحديد الحاجة إلى المراقبة. بالنسبة للعوامل الكيميائية، فإنه يمكن أن تنطوي المراقبة على أخذ عينات من الهواء والعديد من الأماكن، والسطوح وعينات حيوية (بيولوجية)؛ أما بالنسبة للملوثات الفيزيائية، فإنه يمكن أن تنطوي المراقبة على قياسات الضوضاء (الضجيج) ودرجة الحرارة والإشعاع. في حالة الحاجة إلى المراقبة، فإنه يجب على اختصاصي القواعد الصحية المهنية أن يضع استراتيجية لأخذ العينات التي تتضمن النقاط التالية بشأن أخذ العينات: العمال، والعمليات، والمعدات، والمناطق، وعدد العينات، ومدة أخذ العينة، وعدد مرات أخذ العينة، وطريقة أخذ العينات. تتباين الاستقصاءات المتعلقة بالقواعد الصحية المهنية بدرجة التعقيد، ويعتمد التركيز على غرض الاستقصاء، ونوع المنشأة وحجمها، وطبيعة المشكلة. لا يوجد صيغ جامدة لإجراء الاستقصاءات؛ ورغم ذلك يزيد الفعالية والكفاءة كثيراً الإعدادُ قبل التفتيش على الموقع، للاستقصاءات التي تُجْرى بسبب شكاوى العمال وأمراضهم. تركيز إضافي لتحديد سبب المشاكل الصحية. تركز استقصاءات جودة الهواء داخل المباني على المناطق داخل المباني بالإضافة إلى مصادر التلوث خارج المباني. وبصرف النظر عن المخاطر المهنية، فإن المنهج الشامل لاستقصاء أماكن العمل وأخذ العينات منه متشابه؛ لذلك، ستُستَخدَم في هذا الفصل العوامل الكيميائية كنموذج للمنهجية .

طرق التعرض

إن مجرد وجود المخاطر المهنية في مكان العمل لا يوحي تلقائياً بأن ثمة إمكانية ذات شأن للتعرض؛ ينبغي أن يصل العامل الضار إلى العامل.

وبالنسبة للمواد الكيميائية، يجب أن يكون الشكل السائل أو البخاري للعامل الضار على تماس الجسم و/أو يُمتَّص إلى داخل الجسم ليُحدث أثراً صحياً ضاراً. في حالة عزل العامل الضار ضمن نظام تطويق، أو أسره بواسطة نظام التهوية الساحبة الموضعية، فإن إمكانية التعرض ستكون متدنية، وذلك بصرف النظر عن السمية التي تتمتع بها المادة الكيميائية.

يمكن لطريقة التعرض أن تؤثر على نوع المراقبة التي ستُجْرى، بالإضافة إلى القدرة الكامنة للمخاطر؛ وبالنسبة للعوامل الكيميائية والحيوية (البيولوجية)، فإن العمال يتعرضون من خلال الاستنشاق وتماس الجلد والابتلاع والحقن، ويعتبر المسلك التنفسي والجلد أكثر طرق التعرض شيوعاً للامتصاص في بيئة العمل. ولتقييم الاستنشاق، يلاحظ اختصاصي القواعد الصحية المهنية إمكانية أن تصبح المواد الكيميائية منقولة بالهواء كغازات أو أبخرة أو أبخرة أو سَديم.

إن امتصاص الجلد للمواد الكيميائية مهم، لا سيما في حالة وجود تماس مباشر مع الجلد من خلال التناثر أو الرذ أو الترطيب أو الغمر بمركبات الهيدروكربون الذوابة في الدهون والمُذيبات (المُحِلَّات) العضوية الأخرى. يتضمن الغمر تماس الجسم مع الملابس الملوثة، وتماس اليدين مع القفازات الملوثة، وتماس اليد والذراع مع السوائل مباشرة. وبالنسبة لبعض المواد، كالأمينات والفينولات، فقد يكون الامتصاص عبر الجلد سريعاً كالامتصاص من خلال الرئتين للمواد التي تُستنشَق. بالنسبة لبعض الملوثات، كمبيدات الهوام والبنزيدين، فإن الامتصاص عبر الجلد هو الطريق الرئيسي للامتصاص، في حين أن الاستنشاق هو الطريق الثانوي. تستطيع تلك المواد الدخول سريعاً إلى الجسم عبر الجلد، مما يؤدي إلى ازدياد حِمْلها في الجسم وتسبب ضرراً جهازياً. وعندما تجف الارتكاسات الأَرَجِيَّة (التَّحَسُّسية) أو

يجف الغسل المتكرر ويتشقق الجلد، فإن ثمة ازدياد مثير في عدد المواد الكيميائية ونوعها التي يمكن أن تُمتَص إلى داخل الجسم. إن الابتلاع طريق غير شائع لامتصاص الغازات والأبخرة، وهو طريق هام للجسيمات، كالرصاص. يمكن أن يحدث الابتلاع أثناء تناول الطعام الملوث، أو تناول الطعام أو التدخين واليدين ملوثتين، والسعال ومن ثم ابتلاع الجسيمات المُستنشقة سابقاً.

يمكن أن يحدث حقن المواد مباشرة إلى مجرى الدم من الإبر تحت الجلد التي توخز الجلد لعاملي الرعاية الصحية في المستشفيات، ومن المقذوفات عالية السرعة المنطلقة من مصادر عالية الضغط وتمس الجلد مباشرة. لمعدات رذ الطلاءات الخالية من الهواء والأنظمة الهيدروليكية ضغط عالٍ كافٍ لوخز الجلد ودخول المواد إلى الجسم مباشرة.

التفتيش من خلال الجولات

يرمي الاستقصاء الأولي، الذي يدعى بالتفتيش عبر الجولات، إلى جمع المعلومات منهجياً لتحديد وجود وضع محتمل الخطورة وما إذا ثمة حاجة للمراقبة. يبدأ اختصاصي القواعد الصحية المهنية التفتيش عبر الجولات باجتماع مفتوح يمكن أن يشارك به ممثلون عن الإدارة، والعمال، والمشرفون وممرضو الصحة المهنية، وممثلو النقابة. يستطيع اختصاصي القواعد الصحية المهنية أن يؤثر بشدة على نجاح فريق من الأشخاص يتواصلون، بحرية وبصدق، مع بعضهم البعض ويدركون أهداف التفتيش ونطاقه. يجب انخراط العمال وإبلاغهم منذ البداية لضمان أن التعاون، لا الخوف، يسود في الاستقصاء.

تُطلَب أثناء الاجتماع مخططات تسلسل العملية، وخطط الإنتاج، وتقارير التفتيش البيئي السابقة، وخطط الإنتاج، وخطط صيانة المعدات،

وتوثيق برامج الوقاية الفردية، والإحصاءات المتعلقة بعدد العمال والنوبات (الورديات) والشكاوى الصحية. تُحَدَّد كافة المواد الخطرة المُستخدَمة والمُنتَجة بالعملية، كما تُحَدَّد كمياتها. تُجمَّع قوائم المخزون الكيميائي للمنتجات والمنتجات الثانوية والمنتجات المتوسطة والشوائب، كما يتم الحصول على كافة أوراق بيانات السلامة الكيميائية (MSDSs) المتعلقة بها. تُوثَّق خطط صيانة المعدات وعمرها وحالتها، لأن استخدام المعدات القديمة قد يؤدي إلى تعرضات بتراكيز أعلى بسبب الافتقار إلى وسائل التحكم.

بعد الاجتماع، يُجْري اختصاصي القواعد الصحية المهنية استقصاءً بصرياً أثناء الجولة، ويمعن النظر بالعمليات وممارسات العمل بغية تحديد المخاطر المهنية المحتملة، ويضع في مراتب التعرض المحتمل، ويحدد طريق التعرض، ويقدر مدة التعرض وتواتره. يتضمن الشكل 4.30 أمثلة لعوامل الخطر المهنية، يستخدم اختصاصي القواعد الصحية المهنية التفتيش عبر الجولات لملاحظة مكان العمل والإجابة على الأسئلة التي بحوزته. يتضمن الشكل 5.30 أمثلة للمشاهدات والأجوبة.

الشكل 4.30 عوامل الخطر المهنية

الشكل 30 .5 مشاهدات وأسئلة يتعين طرحها أثناء الاستقصاء عبر الجولات

- هل تُستخدَم معدات الوقاية الفردية (القفازات والكمامات وواقيات الأذنين وواقيات العينين)، وهل تناسب المخاطر)؟
- هل حصل العمال على التدريب المناسب بشأن استخدام معدات الوقاية الفردية؟ هل يدرك العمال الغرض من تلك المعدات؟

- أين يتموضع العاملون بالنسبة لمصادر التعرض المحتملة، بما في ذلك العوامل الضارة والمعدات والعمليات؟
- هل يتنقل العمال أثناء يوم العمل، أم أنهم يعملون في مكان وحيد ثابت أثناء تأدية مهامهم؟
- ماذا بشأن استخدام ومكان وصيانة أنظمة التهوية الساحبة الموضعية والعامة؟

- ما متوسط الكميات اليومية للمواد المُستخدَمة في العمليات؟
- ما هي معايير النظافة والترتيب؟ هل تُخزَّن المُذيبات (المُحلَّات) في حاويات مفتوحة حيث يمكن أن يحدث التعرض بسبب التبخر؟ هل ثمة شارات مرئية بشأن الأبخرة؟ كيف يتم التعامل مع الانسكابات والنفايات؟
- هل يضع العمال ملابسهم الملوثة في المنزل؟
- كيف تُخزَّن المواد الكيميائية؟

- هل يتم التخلص من النفايات الكيميائية بشكل مناسب؟
- هل الضوضاء (الضجيج) مرتفعة؟ هل من الضروري التكلم بصوتٍ عالٍ جداً أو الصراخ كي يُفهَم الكلام؟
- هل ثمة إمكانية لانبعاث المواد الكيميائية الخطرة إلى الهواء؟ هل تولد العمليات أبخرة من تبخر مكشوف والتسخين والتجفيف والرذ، أو تولد جسيمات منقولة بالهواء ناجمة عن النسف بالمتفجرات والسحق والشحذ والسنفرة واللِّحام والكنس والسفع الرملي؟

- هل ثمة إمكانية للامتصاص عبر الجلد؟ هل جلد العامل على تماس مباشر مع المُذيبات (المُحِلَّات)؟ هل يمكن أن تتلوث الأقسام الداخلية من القفازات الواقية؟ هل ثمة تلوث ظاهر للعيان للسطوح بمواد يمكن أن تنتقل إلى يدي وذراعي العامل؟
- هل يتناول العامل الطعام والشراب ويدخن السجائر في مناطق ملوثة؟
- هل يعاني العمال من آثار صحية ضارة (صداع وتعب وتهيج في العينين والمسالك التنفسية والجلد)؟

إضافة إلى الأسئلة الواردة في الشكل 5.30، فإنه ثمة أسئلة ينبغي أن تُطرَح لكشف ما هو غير واضح على الفور. يمكن أن تتناول الأسئلة المواضيع التالية:

1. المهام والخطط غير الاعتيادية لأنشطة الصيانة والتنظيف
2. التعديلات الحديثة على العمليات، والمواد الكيميائية المُستبدَلة
3. التعديلات المادية الحديثة في بيئة العمل
4. التعديلات في المهام الوظيفية
5. الترميمات والإصلاحات الحديثة.

قد تؤدي المهام غير الاعتيادية إلى تعرضات شديدة هامة للمواد الكيميائية التي يصعب التنبؤ بها وقياسها خلال يوم عمل نموذجي. يمكن لتغيير العمليات والاستبدال أن يغير انبعاث المواد إلى الهواء ويؤثر على التعرضات. يمكن لتغيير التصميم الفيزيائي لمنطقة العمل أن يغير فعالية نظام التهوية القائم. ومن الممكن أن تؤدي تغييرات المهام الوظيفية إلى مهام تؤدَّى من قِبَل عمال لا يتمتعون بالخبرة وإلى ازدياد التعرضات. وقد تُدخِل الترميمات والإصلاحات إلى بيئة العمل مواد كيميائية ومواد أخرى جديدة تتصف بأنها مواد كيميائية عضوية متطايرة من الغازات أو أنها مُهَيِّجات.

استقصاءات جودة الهواء داخل المباني

إن استقصاءات جودة الهواء داخل المباني مميزة عن الاستقصاءات الاعتيادية المتعلقة بالقواعد الصحية المهنية لأنها عادة ما تنتشر في أماكن العمليات غير الصناعية وقد تنطوي على تعرضات لمزيج من المقادير الزهيدة من المواد الكيميائية التي لا يبدو أن أياً منها قادر على أن يسبب مرضاً (Ness 1991). يشبه هدف استقصاءات جودة الهواء داخل المباني

الاستقصاءات المتعلقة بالقواعد الصحية المهنية بما يتعلق بتحديد مصادر التلوث وتحديد الحاجة إلى المراقبة. ومع ذلك، تُجْرى دوماً استقصاءات جودة الهواء داخل المباني بسبب الشكاوى الصحية للعمال. يعاني العمال في حالات عديدة من مجموعة متنوعة من الأعراض، بما في ذلك الصداع وتَهَيُّج الحلق والنُّوام والسعال والحكة والغثيان وارتكاسات غير نوعية لفرط الحساسية التي تزول بمجرد العودة إلى المنزل؛ وعندما لا تزول الشكاوي الصحية بعد مغادرة مكان العمل، فإنه ينبغي أن يؤخذ بعين الاعتبار التعرضات غير المهنية أيضاً التي تشتمل على الهوايات ووظائف أخرى وتلوث الهواء الحَضَري والتدخين المنفعل (السلبي) والتعرضات المنزلية. كثيراً ما تَستخدم استقصاءات جودة الهواء داخل المباني استبيانات لتوثيق أعراض وشكاوى العمال وربطها بمكان العمل أو مهام العمل ضمن المبنى. تُستهدَف بمزيد من التفتيش المناطق ذات الحدوث الأعلى للأعراض. تتضمن مصادر تلوث الهواء داخل المباني التي وُثِّقت في استقصاءات جودة الهواء داخل المباني ما يلي:

- التهوية غير الكافية (52%)
- التلوث من داخل المبنى (17%)
- التلوث من خارج المبنى (11%)
- التلوث الجرثومي (5%)
- التلوث من مواد المبنى (3%)
- السبب غير معروف (12%).

ومن أجل استقصاءات جودة الهواء داخل المباني، فإن التفتيش من خلال الجولات هو بشكل رئيسي تفتيش بيئي وتفتيش للمبنى لتحديد المصادر المحتملة للتلوث من داخل المبنى وخارجه على السواء. تتضمن المصادر داخل المبنى ما يلي:

1. مـواد بنـاء المبنـى، كمـواد العـزل وألـواح الحبيبـات والمـواد اللاصـقة والطلاءات
2. شـاغلو المبنـى مـن البـشر الـذين يطلقـون المـواد الكيميائيـة مـن أنـشطة الاستقلاب
3. ممارسات البشر، كالتدخين
4. المعدات، كآلات النسخ
5. أنظمة التهوية التي يمكن أن تتلوث بالأحياء الدقيقة.

يتـضمن الـشكل 6.30 المـشاهدات والأسـئلة الـتي يمكـن أن تُطـرَح أثنـاء إجراء الاستقصاء.

الشكل 630 المشاهدات والأسئلة المتعلقة باستقصاء جودة الهواء داخل المباني من خلال الجولات

- **هـل أُجريـت عمليـات تـرميم في المبنـى، كتركيـب الـسجاد والحـواجز العازلة للصوت وورق الجدران والعزل بالمادة الرغوية، وألواح الخشب التي يمكن أن تطلق مواد كيميائية؟**
- **هـل ثمـة مـصادر للتلـوث مـن خـارج المبـاني، كالمـصانع أو أرصـفة التحميـل حيث يمكن للشاحنات أن تمكث هنـاك؟**

- **هل للمبنى مرآب مغلق أو ملحق بالمبنى لوقوف السيارات؟**
- **هل يُعالج المبنى بشكل اعتيادي بالمبيدات؟**
- **أين يقع عادم التهوية وفتحات دخول الهواء الكائنة خـارج المبنـى؟ مـا طريقـة جريان الهواء في المبنى؟**

- **هل ثمة مدخنون في المبنى؟**
- **هل ثمة ظروف في المبنى مواتية لنمو الأحياء الدقيقـة؛ كـبرك الميـاه الراكـدة في الأقبية، ومكيفات الهواء، ومسالك التهوية؟**
- **مـا هـي قياسـات درجـات الحـرارة والرطوبـة النـسبية في منـاطق مختلفـة مـن المبنى؟**

استراتيجيات أخذ العينات والقياسات

حدود التعرض المهني

بعد الانتهاء من التفتيش من خلال الجولات، فإنه يجب على اختصاصي القواعد الصحية المهنية أن يحدد مدى الحاجة إلى أخذ العينات، حيث لا ينبغي إجراء أخذ العينات ما لم يكن الغرض واضحاً. يجب أن يطرح اختصاصي القواعد الصحية المهنية ما يلي: «ما فائدة نتائج أخذ العينات، وما الأسئلة التي ستجيب عليها النتائج؟». من السهل نسبياً أخذ العينات والحصول على أرقام، لكن تفسيرها أكثر صعوبة بكثير.

عادة ما تُقارَن بيانات أخذ العينات الحيوية (البيولوجية) ومن الهواء بحدود تعرض مهني (OELs) موصى بها أو مُلْزِمَة. لقد وُضِعت حدود التعرض المهني في بلدان عديدة - للتعرض عبر الاستنشاق للعوامل الكيميائية وللتعرض للعوامل الفيزيائية. حتى يومنا هذا، قيَّمت مجموعة مختلفة من المنظمات والبلدان 600 مادة كيميائية من ما يفوق 60.000 مادة كيميائية مُستخدَمة تجارياً. لقد حددت المنظمات التي وضعت الحدود الأسس الفلسفية لتلك الحدود. تُدعى الحدود الأكثر استخداماً بـ «قيم الحدود العتبية» «TLVs» وحيث أصدرها مؤتمر اختصاصي الصحة الصناعية الحكوميين (ACGIH) في الولايات المتحدة. إن معظم حدود التعرض المهني (OELs) المُستخدَمة من قِبَل إدارة السلامة والصحة المهنيتين (OSHA) في الولايات المتحدة تستند إلى قيم الحدود العتبية (TLVs). ورغم ذلك، اقترح المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنيتين (NIOSH) في قسم الخدمات الصحية والبشرية في الولايات المتحدة حدوده الخاصة به التي تدعى حدود التعرض الموصى بها (RELs).

ثمة ثلاثة أنواع من قيم الحدود العتبية (TLVs) للتعرضات المنقولة بالهواء: معدل متوسط التعرض لثماني ساعات (TLV–TWA) للحماية من الآثار الصحية المزمنة، وحد التعرض قصير الزمن لمدة 15 دقيقة (TLV – STEL) للحماية من الآثار الصحية الحادة، وحد سقف التعرض اللحظي (TLV – C)، للحماية من الخانقات أو المواد الكيميائية المُهَيِّجة على الفور. ثمة مبادئ توجيهية لمستويات التعرض الحيوية (البيولوجية) تدعى المؤشرات الحيوية للتعرض (BEIs)، حيث تمثل هذه المبادئ التوجيهية تركيز المواد الكيميائية في الجسم التي يمكن أن تتعلق بالتعرض عبر الاستنشاق لعامل يتمتع بالصحة بتركيز معين في الهواء. لقد وَضع ما يزيد عن 50 بلداً أو مجموعة خارج الولايات المتحدة حدوداً للتعرض المهني (OELs) معظمها مطابق لقيم الحدود العتبية (TLVs). تدعى الحدود في بريطانيا بمعايير التعرض المهني للمجلس التنفيذي للصحة والسلامة (OES)، وتدعى حدود التعرض المهني (OELs) في ألمانيا بالتراكيز القصوى في مكان العمل (MAKs).

لقد وضِعت حدود التعرض المهني (OELs) من أجل التعرضات المنقولة بالهواء للغازات والأبخرة والجسيمات، حيث لا توجد حدود للتعرضات المنقولة بالهواء للعوامل الحيوية (البيولوجية)؛ لذلك، تقارن معظم استقصاءات التعرض الحيوي (البيولوجي) للحُلالات الهوائية (الأيروسولات) التراكيز داخل المباني بالتراكيز خارج المباني. فإذا ما كان المرتسم (البروفيل) داخل المبنى/خارج المبنى وتركيز الأحياء الدقيقة مختلفاً، فإنه من الممكن وجود مشكلة تتعلق بالتعرض. لا يوجد حدود تعرض مهني (OELs) لعينات الجلد والسطوح، ويجب تقييم كل حالة بصورة منفصلة عن الحالة الأخرى. ففي حالة عينات السطح، عادة ما تقارَن التراكيز بتراكيز خلفية مقبولة

قيست في دراسات أخرى أو حُدِّدت في الدراسة الراهنة. أما بالنسبة لعينات الجلد، فتُحسَب التراكيز المقبولة استناداً إلى السمية ومعدل الامتصاص والمقدار المُمتص والجرعة الكلية. فضلاً عن ذلك، بالإمكان استخدام المراقبة الحيوية (البيولوجية) لاستقصاء الامتصاص عبر الجلد للعمال.

استراتيجية أخذ العينات

تعتبر استراتيجية أخذ العينات البيئية والحيوية (البيولوجية) نهجاً للحصول على قياسات التعرض التي تفي بالغرض. إن الاستراتيجية المُصمَّمة بإتقان والفعالة، يمكن الدفاع عنها علمياً، وتحدد العدد الأمثل للعينات اللازمة، وتحقق علاقة التكلفة - الفائدة، وتحدد الأولويات المتعلقة بالاحتياجات. إن هدف استراتيجية أخذ العينات يوجه القرارات المتعلقة بالعينات؛ ما هي العينات التي ستؤخذ (اختيار العوامل الكيميائية)، ومن أين ستؤخذ العينات (عينة شخصية أو عينة منطقة أو عينة مصدر)، ومِنْ مَنْ ستؤخذ العينات (أي عامل أو أي مجموعة من العمال)، ومدة أخذ العينات (عينة الزمن الحقيقي أو متكاملة)، وكم مرة ستؤخذ العينات (كم يوماً؟)، وما عدد العينات التي ستؤخذ، وكيف ستؤخذ العينات (طريقة تحليلية). بصورة تقليدية، ينطوي أخذ العينات الذي يُجْرى لغايات تنظيمية على حملات قصيرة الزمن (يوم واحد أو يومان) تركز على التعرضات الأسوأ؛ وفي حين أن هذه الاستراتيجية تتطلب إنفاق القليل من الموارد والوقت، فإن تجني أقل قدر من المعلومات، وقدرتها على تقييم التعرضات المهنية على المدى البعيد متدنية. يجب أن تنطوي استراتيجيات أخذ العينات على تكرار أخذ العينات على مدى الزمن لعدد كبير من العمال، وذلك بغية تقييم التعرضات المزمنة بحيث تكون مفيدة للأطباء المهنيين والدراسات الوبائية.

الغـرض

ترمي استراتيجيات أخذ العينات البيئية والحيوية (البيولوجية) إلى إما تقييم تعرضات العامل الفردية أو تقييم مصادر الملوثات. من الممكن إجراء المراقبة للعامل بهدف:

- تقييم التعرضات الفردية للمواد السامة مزمنة أو حادة التأثير
- الاستجابة لشكاوى العامل بشأن الصحة والروائح
- إيجاد خط قاعدي للتعرضات من أجل برامج المراقبة على المدى البعيد
- تحديد ما إذا كانت التعرضات تمتثل للوائح الحكومية
- تقييم فعالية إجراءات التحكم الهندسية أو إجراءات التحكم بالعمليات
- تقييم التعرضات الحادة بغية الاستجابة لحالات الطوارئ
- تقييم التعرضات في مواقع النفايات الخطرة
- تقييم أثر ممارسات العمل على التعرض
- تقييم التعرضات من أجل المهام الوظيفية الفردية
- استقصاء الأمراض المزمنة، كالتسممم بالرصاص والتسمم بالزئبق
- استقصاء العلاقة بين التعرض المهني والمرض
- إجراء دراسات وبائية.

من الممكن إجراء مراقبة للمصدر أو الهواء المحيطي بهدف:

- تحديد مدى الحاجة لإجراءات التحكم الهندسية، كأنظمة التهوية الساحبة الموضعية وأنظمة التطويق
- تقييم أثر التعديلات على المعدات أو العمليات
- تقييم فعالية إجراءات التحكم الهندسية أو إجراءات التحكم بالعمليات

- تقييم الانبعاثات من المعدات والعمليات
- تقييم الامتثال بعد تدخلات المعالجة، كإزالة الأسبست (الحرير الصخري أو الأميانت) أو الرصاص
- الاستجابة للشكاوى المتعلقة بالهواء داخل المباني وأمراض المجتمع والروائح
- تقييم الانبعاثات من مواقع النفايات الخطرة
- استقصاء الاستجابة لحالات الطوارئ وإجراء دراسة وبائية.

يزود أخذ عينات الهواء، أثناء مراقبة العمال، بقياسات بديلة للجرعة الناجمة عن التعرض عبر الاستنشاق. من الممكن أن تزود المراقبة الحيوية (البيولوجية) بالجرعة الفعلية لمادة كيميائية ناجمة عن التعرض بكافة طرق الامتصاص، بما في ذلك الاستنشاق والابتلاع والحقن وعبر الجلد؛ وبالتالي، يمكن للمراقبة الحيوية (البيولوجية) أن تعكس بقدر أكبر من الدقة جرعة وحِمْل الجسم الإجماليين لفرد من ما تعكسه مراقبة الهواء. وعندما تُعرَف العلاقة بين التعرض المنقول بالهواء والجرعة الداخلية، فإنه يمكن استخدام المراقبة الحيوية (البيولوجية) لتقييم التعرضات المزمنة السابقة والحالية.

يتضمن الشكل 7.30 أهداف المراقبة الحيوية (البيولوجية).

ثمة تقييدات للمراقبة الحيوية (البيولوجية)، ولا ينبغي أن تُجَرَى ما لم تُنجَز الأهداف التي لن تُنجَز بمراقبة الهواء لوحدها (Fiserova-Bergova 1987). إن المراقبة الحيوية (البيولوجية) غزوية راضة، وتتطلب الحصول على عينات يتعين أخذها مباشرة من العمال. تعتبر عينات الدم عموماً الوسط الحيوي (البيولوجي) الأكثر فائدة للرصد؛ ورغم ذلك، لا تؤخذ عينات الدم إلا إذا كانت الاختبارات غير الغزوية (الراضة)، كالبول أو هواء الزفير، غير قابلة للتطبيق. إن

البيانات المتعلقة بمعظم المواد الكيميائية الصناعية بشأن مصير المواد الكيميائية التي يمتصها الجسم غير تامة أو غير موجودة؛ لذلك، يتوفر عدد محدود من طرائق القياس التحليلية، ومعظم هذه الطرائق غير حساس أو غير نوعي.

الشكل 730 أهداف المراقبة الحيوية (البيولوجية)

- تقييم تعرضات الجلد وعبر الابتلاع من خلال مقارنة الجرعة المقاسة في الجسم مع نتائج عينات الهواء. قد يشير الارتباط الشديد بين التراكيز الكيميائية في الهواء والتراكيز في القياسات الحيوية (البيولوجية) إلى أن الاستنشاق هو الطريقة الوحيد للامتصاص.

- تقدير حِمْل الجسم من أجل الرصد الطبي.
- استقصاء شكاوى العمال غير المُنْبَتة عبر قياسات المواد المنقولة بالهواء. قد تدعم النتائج المرتفعة للمراقبة الحيوية (البيولوجية) التعرض للمواد الكيميائية عبر طريق آخر غير الاستنشاق.

- تقييم فعالية معدات الوقاية الفردية كالقفازات والكمامات، وأثر ممارسات العمل. قد تؤدي الحماية غير الكافية للجهاز التنفسي إلى وجود المواد الكيميائية أو مُسْتَقْلَباتها في سوائل الجسم. قد تؤدي ممارسات العمل وحماية الجلد غير الكافية إلى قياسات حيوية (بيولوجية) أعلى من المتوقع عندما تُقارَن مع تراكيز المواد الكيميائية في الهواء.

- تقييم المساهمة من المصادر غير المهنية، فقد يتعرض العمال إلى مواد كيميائية مشابهة خارج مكان العمل، مما يؤدي إلى نتائج من العينات الحيوية (البيولوجية) أعلى من المتوقع. لقد وُجدت مستويات متزايدة من أحادي أكسيد الكربون في دم العمال الذين يستخدمون كلوريد الميثيلين لإزالة الطلاء من الأثاث.

- لإجراء تقييم استعادي للتعرض. إن المواد الكيميائية ذات الأعمار النصفية الطولية، كالرصاص والمركبات ثنائية الفينيل متعددة الكلورة (PCBs) ستمكث في الجسم لفترة طويلة بعد نهاية التعرض.
- الامتثال لحدود التعرض الحيوية (البيولوجية) الموصى بها أو المُلْزِمَة.

قد تتباين كثيراً نتائج المراقبة الحيوية (البيولوجية) بين الأفراد المُعرَّضين لنفس التراكيز للمواد الكيميائية المنقولة بالهواء؛ حيث يتأثر قبْط المواد الكيميائية وامتصاصها وتوزعها واستقلابها وإزالتها من الجسم بالعمر والصحة والوزن والحالة التغذوية والأدوية والتدخين وتعاطي الكحول والمداواة والحَمْل.

ما هي العينات التي ستؤخذ

تحدث التعرضات في معظم البيئات المهنية لملوثات متعددة، وتُقيَّم العوامل الكيميائية فردياً وكمجموعة من العمال المُعرَّضين على نحو متزامن. وتستطيع العوامل الكيميائية التأثير بشكل مستقل ضمن الجسم أو التآثر بطريقة تزيد الأثر السام. إن السؤال بشأن ما الذي يُقاس وكيف تُفسَّر النتائج يعتمد على الآلية الحيوية (البيولوجية) لتأثير العوامل عندما تصبح ضمن الجسم. من الممكن تقييم العوامل بشكل منفصل في حالة أنها تؤثر بشكل مستقل على أعضاء مختلفة تماماً، كمُهَيِّج للعين وذيفان عصبي. وإذا ما أثرت العوامل على نفس العضو، كمُهَيِّجين تنفسيين، فإن أثرها المشترك مهم. إذا ما كان الأثر السام للمزيج هو مجموع الآثار المنفصلة للمكونات، فإنه يدعى أثراً جمعياً؛ أما إذا ما كان الأثر السام للمزيج أكبر من مجموع الآثار للعوامل المنفصلة، فإنه يدعى أثراً مؤازراً. يسبب تدخين السجائر واستنشاق ألياف الأسبست (الحرير الصخري أو الأميانت) خطراً أكبر كثيراً لسرطان الرئة من الأثر الجمعي البسيط.

إن أخذ العينات لكافة العوامل الكيميائية في مكان العمل سيكون مكلفاً ولا يمكن الدفاع عنه بالضرورة. يجب على اختصاصي القواعد الصحية المهنية أن يحدد الأولويات لقائمة العوامل المحتملة وفقاً للمخاطر أو الأخطار لتحديد أي العوامل يحظى بالتركيز.

تتضمن العوامل المتعلقة بوضع المواد الكيميائية في مراتب ما يلي:

- ما إذا العوامل تتأثر بشكل مستقل أو جمعي أو مؤازر
- السمية الكامنة للعامل الكيميائي
- الكميات المُستخدَمة والمُتولدة
- عدد الأشخاص المُتعرَّضين بشكل محتمل
- المدة المتوقعة للتعرض وتركيزه
- الثقة في إجراءات التحكم الهندسية
- التغيرات المتوقعة في العمليات أو إجراءات التحكم
- الحدود والمبادئ التوجيهية للتعرض المهني.

من أين ستؤخذ العينات

بغية توفير أفضل تقدير لتعرض العامل، فإن عينات الهواء تؤخذ في المنطقة التي يتنفس ضمنها العامل (ضمن قطر مقداره 30 سم مركزه رأس العامل)، حيث تدعى هذه العينات بالعينات الفردية. وللحصول على تلك العينات توضع وسيلة أخذ العينة على العامل مباشرة على مدى المدة الزمنية المناسبة لأخذ العينات. إذا ما أُخذت عينات الهواء بالقرب من العامل خارج المنطقة التي يتنفس ضمنها العامل، فإن هذه العينات تدعى بعينات المنطقة. تميل عينات المنطقة إلى التقليل من شأن التعرضات الفردية ولا توفر تقديراً جيداً للتعرضات عبر الاستنشاق. وعلى الرغم من ذلك، تفيد عينات المنطقة في تقييم مصادر الملوثات وقياس التراكيز المحيطية للملوثات. يمكن أخذ عينات المنطقة أثناء إجراء الجولات في مكان العمل بواسطة جهاز نقال أو بمواقع ثابتة لأخذ العينات. عادة ما تُستخدَم عينات المنطقة في مواقع تخفيض الأسبست (الحرير الصخري أو الأمينت) من أجل أخذ العينات واستقصاءات الهواء داخل المباني.

مِنْ مَنْ ستؤخذ العينات

لتقييم التعرض المهني بصورة مثالية، فإنه يمكن أخذ العينة فردياً من كل عامل على مدى عدة أيام وعلى مدى أسابيع أو أشهر. ورغم ذلك، وما لم يكن مكان العمل صغيراً (أقل من 10 عمال)، فإنه عادة من غير المجدي أخذ العينات من كافة العمال. ولتقليل عبء أخذ العينات إلى أدنى حد ممكن بما يتعلق بالمعدات والتكلفة، ولزيادة فعالية برنامج أخذ العينات، فإن العينات تؤخذ من مجموعة فرعية من العمال من مكان العمل، وتُستخدَم نتائج المراقبة لتمثيل التعرضات لمجموعة أوسع من القوى العاملة.

ولاختيار العمال الذين يمثلون مجموعة أكبر من القوى العاملة، يطبق نهج ينطوي على تصنيف العمال ضمن مجموعات تعرضاتها المتوقعة متشابهة، حيث تدعى مجموعات التعرض المتجانسة (HEGs) (Corn. 1986). بعد تشكيل مجموعات التعرض المتجانسة (HEGs) يتم الاختيار العشوائي لمجموعة جزئية من العمال من كل مجموعة لأخذ العينات منها. تفترض طرائق تحديد الحجوم المناسبة للعينة توزعاً نظامياً لوغاريتمياً للتعرضات، وتعرضاً متوسطاً مقدَّراً، وانحرافاً معيارياً هندسياً مقداره 2.2 إلى 2.5. يمكن للبيانات السابقة المتعلقة بأخذ العينات أن تمكن من استخدام انحراف معياري هندسي أصغر. ولتصنيف العمال في مجموعات التعرض المتجانسة (HEGs) فإن معظم اختصاصيي القواعد الصحية المهنية يلاحظون العمال أثناء تأدية وظائفهم ويتنبؤون بالتعرضات نوعياً.

ثمة أساليب عديدة لتشكيل مجموعات التعرض المتجانسة (HEGs)؛ حيث يمكن عموماً تصنيف العمال وفقاً لتشابه المهام الوظيفية أو تشابه منطقة العمل. عندما يُستخدم التشابهان معاً، فإن طريقة التصنيف تلك تدعى التَّمَنْطق (انظر الشكل 8.30). حالما تنتقل العوامل الضارة بالهواء، فإنه

يمكن أن يكون للعوامل الكيميائية والحيوية (البيولوجية) أنماط تركيز مكانية وزمانية معقدة وغير متوقعة في كافة أنحاء بيئة العمل. إن قرب المصدر بالنسبة للعامل قد لا يكون المؤشر الأفضل لتشابه التعرض. إن قياسات التعرض التي تجْرى على العمال الذين من المتوقع بشكل رئيسي أن تكون تعرضاتهم متشابهة قد تُظهِر أن ثمة تبايناً بين العمال أكثر من المتوقع؛ حيث ينبغي في تلك الحالات إعادة تشكيل مجموعات التعرض إلى مجموعات أصغر من العمال، كما ينبغي أن يستمر أخذ العينات للتَّحَقُّق أن تعرضات العمال ضمن كل مجموعة متشابهة فعلاً (Rappaport 1995).

الشكل 30 ,8 العوامل المتعلقة بتشكيل التَّمَنْطُق باستخدام مجموعات التعرض المتجانسة (HEGs)

بالإمكان تقدير التعرضات لكافة العمال بصرف النظر عن المُسَمَّى الوظيفي والأخطار، أو بالإمكان تقديرها للعمال فقط الذين يُفْتَرَض أن

تعرضاتهم هي الأعلى، حيث يُدّعى ذلك أخذ العينات من الحالات الأسوأ. من الممكن أن يستند اختيار العمال من أجل أخذ العينات من الحالات الأسوأ إلى الإنتاج والقرب من المصدر والبيانات السابقة لأخذ العينات وقوائم الجرد والسمية الكيميائية. تُستخدَم طريقة الحالات الأسوأ لأعراض تنظيمية ولا توفر قياساً للتعرض المتوسط على المدى البعيد والتباين بين يوم وآخر. ينطوي أخذ العينات المتعلق بالمهام على اختيار العمال ذوي المهام الوظيفية المتشابهة التي تُجرى على أساس أقل من يومي.

ثمة عوامل عديدة و تؤثر على التعرض ويمكن أن تؤثر على نجاح تصنيف مجموعات التعرض المتجانسة (HEGs)، بما في ذلك ما يلي من العوامل:

1. نادراً ما يؤدي العمال نفس العمل حتى في حالة تشابه التوصيف الوظيفي، ونادراً ما تكون تعرضاتهم متشابهة.
2. يمكن لممارسات العمل للعامل أن تغير كثيراً من التعرضات.
3. من الممكن أن يتعرض العمال على نحو غير متوقع بمصادر عديدة من الملوثات على مدى يوم العمل بأكمله، وذلك إذا ما كان عملهم يقتضي التنقل في أرجاء مكان العمل.
4. يمكن لحركة الهواء في مكان العمل أن تزيد على نحو غير متوقع تعرضات العمال الذين يعملون بموضع يبعد عن المصدر بمسافة كبيرة نسبياً.
5. لا يمكن تحديد التعرض من خلال مهام العمل، ولكن من خلال بيئة العمل.

مدة أخذ العينات

تُقاس تراكيز العوامل الكيميائية في عينات الهواء إما مباشرة في الموقع، حيث يتم الحصول على نتائج فورية (الزمن الحقيقي)، أو تُجمَّع على مدى فترة من الزمن في الموقع في وسط لأخذ العينات أو في أكياس لأخذ العينات، ثم تُقاس في المختبر (الطريقة المتكاملة) (Lynch, 1995). إن محاسن طريقة الزمن الحقيقي لأخذ العينات هي الحصول على النتائج سريعاً في الموقع، ويمكن أن تقدم قياسات للتعرضات القصيرة على المدى القصير؛ ورغم ذلك، إن هذه الطريقة محدودة لأنها لا تتوفر لكافة الملوثات موضع الاهتمام وقد لا تكون حساسة ودقيقة تحليلياً بما يكفي بشأن التحديد الكمي للملوثات المستهدَفة. وقد لا تكون هذه الطريقة قابلة للتطبيق إذا ما كان اختصاصي القواعد الصحية المهنية مهتماً بالتعرضات المزمنة ويرغب بإجراء قياسات معدل متوسط التعرض (TWA) للمقارنة بحدود التعرض المهني (OELs).

تُستخدم طريقة الزمن الحقيقي لأخذ العينات لتقييم حالات الطوارئ؛ حيث يتم الحصول على التقديرات الخام للتركيز، وكشف التسرب، ومراقبة الهواء المحيطي والمصدر، وتقييم إجراءات التحكم الهندسية، ومراقبة التعرضات قصيرة الأمد دون 15 دقيقة، ومراقبة التعرضات النوبية (التعرضات على شكل سورات) ومراقبة المواد الكيميائية السامة للغاية (أحادي أكسيد الكربون)، ومراقبة المزائج والعملية الانفجارية. يمكن لطريقة الزمن الحقيقي لأخذ العينات أن تحدد التراكيز المتغيرة على مدى الزمن وتوفر معلومات فورية نوعية وكمية. عادة ما تجرى الطريقة المتكاملة لأخذ عينات الهواء للمراقبة الفردية، ولأخذ عينات المنطقة، ولمقارنة التراكيز

بمعدل متوسط التعرض (TWA)؛ أما محاسن هذه الطريقة فهي أنها متوفرة لمجموعة واسعة من الملوثات، ويمكن أن تُستخدَم لتحديد المجاهيل؛ إن المضبوطية والنوعية عاليتان، وعادة ما تكون حدود الكشف متدنية جداً. إن العينات التي تُجمَع بالطريقة المتكاملة التي تحلَّل في المختبر يجب أن تحتوي ما يكفي من الملوثات للوفاء بالمتطلبات التحليلية القابلة للكشف الدنيا؛ لذلك، تُجمَّع العينات على مدى فترة زمنية محددة مسبقاً.

فضلاً عن المتطلبات التحليلية لطريقة أخذ العينات، فإنه ينبغي أن تتناسب مدة أخذ العينات مع الغرض من أخذ العينات. بالنسبة لأخذ العينات من المصدر، فإن المدة تستند إلى العملية أو زمن الدورة، أو حيثما يكون ثمة تراكيز ذروية متوقعة. ينبغي تجميع العينات للتراكيز الذروية بفواصل زمنية منتظمة على مدار اليوم للتقليل إلى أدنى حد ممكن من التَّحَيُّز وتحديد التراكيز الذروية غير القابلة للتنبؤ. ينبغي أن تكون فترة أخذ العينات قصيرة بما يكفي لتحديد التراكيز الذروية، وفي الوقت نفسه تعكس أيضاً فترة التعرض الحقيقية.

بالنسبة لأخذ العينات فردياً، يجب أن تناسب مدة أخذ العينات حد التعرض المهني أو مدة أداء المهام أو الأثر الحيوي (البيولوجي) المتوقع. تُستخدم طرائق الزمن الحقيقي لأخذ العينات لتقييم التعرضات الحادة للمُهَيِّجات والخانقات والمُحَسِّسات والعوامل المُؤرَّجة؛ على سبيل المثال، الكلور وأحادي أكسيد الكربون وسلفيد الهيدروجين، حيث تؤثر تلك المواد سريعاً وبتراكيز منخفضة نسبياً.

عادة ما تؤخذ العينات على مدى نوبة (وردية) كاملة (سبع ساعات أو أكثر للعينة الواحدة) لعوامل الأمراض المزمنة، كالرصاص والزئبق باستخدام

الطرق المتكاملة لأخذ العينات. ولتقييم التعرضات لنوبة (وردية) كاملة، فإن اختصاصي القواعد الصحية المهنية يَستخدم إما عينة واحدة أو سلسلة من العينات المتعاقبة تغطي النوبة (الوردية) بأكملها. وإن مدة أخذ العينات للتعرضات التي تحدث لأقل من نوبة (وردية) كاملة عادة ما تتعلق بمهام أو عمليات خاصة. ومن الأمثلة على ذلك، عمال البناء وعمال الصيانة داخل المباني وعمال صيانة الطرقات، حيث أن التعرضات في هذه الأعمال مرتبطة بالمهام.

ما عدد العينات، وكم مرة ستؤخذ العينات

قد تتباين تراكيز الملوثات من دقيقة إلى دقيقة، ومن يوم إلى يوم، ومن فصل إلى فصل، كما يمكن أن يحدث تباين بين الأفراد وضمن الفرد نفسه. يؤثر تباين التعرض على كل من عدد العينات ومضبوطية النتائج. من الممكن أن تنشأ التباينات في التعرض عن ممارسات العمل المختلفة، والتغيرات في انبعاثات الملوث، وكميات المواد الكيميائية المستخدمة، وحصص الإنتاج، والتهوية، وتبدلات درجة الحرارة، وتنقل العامل والتكليف بالمهام. تُقام معظم حملات أخذ العينات في يومين في السنة، لذلك لا تمثل القياساتُ التي يتم الحصول عليها التعرضَ. إن الفترة التي تُجمَّع العينات خلالها قصيرة جداً مقارنة بالفترة التي لا تؤخذ فيها العينات؛ ويجب على اختصاصي القواعد الصحية المهنية أن يستقرئ من الفترة التي تُجمَع فيها العينات إلى الفترة التي لا تُجمَع فيها العينات. لمراقبة التعرضات لأجل طويل، فإنه ينبغي أن تؤخذ العينات من كل عامل تم اختياره من مجموعة التعرض المتجانسة (HEG) ، وذلك لعدة مرات على مدى أسابيع أو أشهر، وينبغي وصف التعرضات لكافة النوبات (الورديات). في حين أن النوبة (الوردية) الليلية قد تكون الأقل إشرافاً وسيكون ثمة هفوات في ممارسات العمل.

أخذ العينات الفاعل والمنفعل

تُجمَع الملوثات على وسط للعينات إما بواسطة سحب عينة الهواء على نحو فاعل من خلال الوسط، أو بواسطة السماح للهواء بالوصول إلى الوسط على نحو منفعل. تُستخدَم مضخة تعمل بالبطارية (المدخرة) لأخذ العينات على نحو فاعل، ويُستخدَم الانتشار أو الثقالة لجعل الملوثات تصل إلى وسط العينات. تُجمَع بطرائق أخذ العينات الفاعل الغازات والأبخرة والجسيمات والحُلالات الهوائية (الأيروسولات) الحيوية (البيولوجية)، كما يمكن أن تجمع الغازات والأبخرة بطرائق أخذ العينات المنفعل.

حالما تُجمَع عينة الغازات والأبخرة ومعظم الجسيمات، تُقاس كتلة الملوث ويُحسَب التركيز من خلال قِسْمَة الكتلة على حجم الهواء في العينة. يُعبَّر عن تركيز الغازات والأبخرة بأجزاء بالمليون (PPM) أو ملغ/م^3، وعن تركيز الجسيمات بـ ملغ/م^3 .(Dinardi 1995).

إن مضخات أخذ عينة الهواء بالطرائق المتكاملة لأخذ العينات هي مكونات مهمة لنظام أخذ العينات لأن تقديرات التركيز تتطلب معرفة حجم الهواء في العينة. يتم اختيار المضخات استناداً إلى معدل التدفق المرغوب، وسهولة الاستخدام والمعايرة، والحجم، والتكلفة، والملاءمة للبيئات الخطرة. يعتبر معدل التدفق المعيار الأساسي للاختيار؛ تُستخدَم مضخات التدفق البطيء (0.5 – 500 مل/د) لأخذ عينات الغازات والأبخرة، وتُستخدَم مضخات التدفق السريع (500 - 4500 مل/د) لأخذ عينات الجسيمات والحُلالات الهوائية (الإيروسولات) الحيوية (البيولوجية) والغازات والأبخرة. يجب معايرة المضخات بدقة بغية ضمان الحجوم الدقيقة للعينة، حيث تتم

المعايرة باستخدام معايير أساسية كالمقاييس اليدوية أو الإلكترونية (الصابون – الفقاعة) التي تقيس الحجم مباشرة، وباستخدام طرائق ثانوية كمقاييس الاختبار الرطبة، ومقاييس الغازات الجافة، ومقاييس الجريان الدوارة التي تُعايَر وفقاً للطرائق الأساسية.

أوساط أخذ العينات: الغازات والأبخرة

تُجمع الغازات والأبخرة باستخدام أنابيب مرتشِفة صلبة مسَامِيَّة، والمَراطِم، والمراقيب السلبية والأكياس. الأنابيب المرتشِفة هي أنابيب زجاجية مجوفة مُلئت بمادة صلبة يُمكِّن امتزاز المواد الكيميائية دون حدوث تغيير على سطحها. إن المرتشِفات الصلبة نوعية لمجموعة من المركبات، وكثيراً ما تستخدَم مرتشِفات تتضمن الفحم وهلام السيليكا والتيناكس (Tenax). يُعتبر الفحم شكلاً لا بلورياً للكربون، وهو لا قطبي كهربائياً ويفضِّل امتزاز الغازات والأبخرة العضوية؛ أما هلام السيليكا فهو شكل لا بلوري للسيليكا ويُستخدَم لجمع المركبات العضوية القطبية والأمينات وبعض المركبات اللاعضوية؛ وبسبب ألفته بالمركبات القطبية، فإنه سيمتز بخار الماء، وبسبب ذلك يستطيع الماء في الرطوبة المرتفعة إزاحة المواد الكيميائية الأقل قطبية من هلام السيليكا. أما التيناكس (Tenax) فهو بَلْمَر (مكثور) مَساميّ يُستخدَم لأخذ العينات ذات التراكيز المتدنية جداً للمركبات العضوية المتطايرة غير القطبية.

إن القدرة على الالتقاط الدقيق للملوثات في الهواء وتفادي ضياع الملوثات يعتمد على معدل أخذ العينة، وحجم العينة، وتطاير الملوث المنقول بالهواء وتركيزه. من الممكن أن يؤثر سلبياً على كفاءة جمع المرتشِفات الصلبة ازديادُ درجة الحرارة، والرطوبة، ومعدل التدفق، والتركيز، وحجم الجسيم المرتشِف، وعدد المواد الكيميائية المنافسة. عندما تتناقص كفاءة الجمع، فإن

المواد الكيميائية ستُفقَد أثناء أخذ العينات وسيتم تقدير التركيز على نحو أقل من الحقيقي. ولكشف فقدان المادة الكيميائية أو الاختراق، فإن لأنابيب المرتشف الصلبة قسمين من المادة الحبيبية يفصل بينهما سدادة رغوية، حيث يُستخدَم القسم الأمامي لجمع العينة ويُستخدَم القسم الخلفي لتحديد الاختراق. يحدث الاختراق عندما يوجد ما يفوق 20 إلى 25% من الملوث في القسم الخلفي من الأنبوب. يتطلب تحليل الملوثات من المرتشفات الصلبة استخراج الملوث من الوسط باستخدام مُذيب (مُحِلّ). وبالنسبة لكل دفعة من أنابيب المرتشف والمواد الكيميائية التي جُمعت، فإنه يجب أن يحدد المختبر كفاءة الانتزاز، أي كفاءة نزع المواد الكيميائية من المرتشف بواسطة المُذيب (المُحِلّ). إن المُذيب (المُحِلّ) الأكثر استخداماً للفحم وهلام السيليكا هو ثنائي سلفيد الكربون. وبالنسبة للتيناكس، فإن المواد الكيميائية تُستخرَج باستخدام الانتزاز الحراري مباشرة إلى الاستشراب الغازي.

عادة ما تكون المَراطِم قوارير زجاجية بأنبوب ذي مدخل يتيح للهواء بأن ينسحب إلى القارورة من خلال محلول يجمع الغازات والأبخرة عبر الامتصاص إما بدون تغيير في محلول أي بتفاعل كيميائي. يتناقص استخدام المَراطِم في مراقبة مكان العمل، لا سيما في حالة أخذ العينات الفردية، لأنها يمكن أن تتكسر وأن ينسكب الوسط السائل على العامل. ثمة مجموعة متنوعة من أنواع المَراطِم، بما في ذلك قوارير غسل الغاز، والماصّات الحلزونية، وعمود الكريات الزجاجية، والمَراطِم القَزِمَة، ومولد الفقاعات المزجج. بالإمكان استخدام كافة المراطم لجمع عينات المنطقة، ويمكن استخدام المراطِم القَزِمَة، الأكثر استخداماً، لأخذ العينات الفردية أيضاً.

إن المراقيب السلبية ومراقيب الانتشار صغيرة وهي بدون أجزاء متحركة ومتوفرة لنوعي الملوثات العضوية وغير العضوية. تَستخدِم معظم

المراقيب العضوية الكربون المُنشَّط كوسط للجمع نظرياً؛ إن أي مركب يمكن أخذ عينة منه بأنبوب المرتشف الفحمي ومضخة، فإنه بالإمكان أخذ عينة منه باستخدام المرقاب السلبي. لكل مرقاب تصميم هندسي فريد لإعطاء معدل فعال لأخذ العينة، حيث يبدأ أخذ العينة عندما يُنزع غطاء المرقاب وينتهي عندما يُستبدَل الغطاء. إن معظم مراقيب الانتشار دقيقة لتعرضات معدل متوسط التعرض لثماني ساعات (TWA)، وعي غير ملائمة للتعرضات قصيرة الأمد.

يمكن استخدام أكياس أخذ العينات لجمع العينات بالطريقة المتكاملة للغازات والأبخرة، وهي تتمتع بخصائص النفوذية والامتزاز حيث يمكن تخزينها ليوم واحد بفاقد قليل. تُصنع الأكياس من التيفلون (متعدد رباعي فلورو إثيلين) والتادلار (فلوريد متعدد الفينيل).

أخذ العينات: المواد الجسيمية

يتم حالياً أخذ العينات للمواد الجسيمية، أو الحُلالات الهوائية (الإيروسولات) بحالة صُهارة. ستُستبدل الطرائق التقليدية لأخذ العينات في نهاية الأمر بطرائق أخذ العينات الانتقائية لحجم الجسيم (PSS)، وستُناقَش أولاً الطرائق التقليدية ثم الطرائق الانتقائية لحجم الجسيم (PSS).

إن المُرشِّحات الليفية أو الغشائية هي أكثر الأوساط استخداماً لجمع الحُلالات الهوائية (الأيروسولات). يحدث نزع الحُلالات الهوائية (الأيروسولات) من الهواء بواسطة تصادم وتعلق الجسيمات بسطح المرشِّحات. يعتمد اختيار وسط المرشِّح على الخواص الفيزيائية والكيميائية للحُلالات الهوائية (الأيروسولات) التي يتعين أخذ العينات منها، ونوع وسيلة أخذ العينات، ونوع التحليل. يجب تقييم المرشِّحات عند اختيارها بما يتعلق

بكفاءة الجمع، وهبوط الضغط، ومدى الاسترطاب، وتلوث الخلفية، وحجم المَسامّ ومتانتها حيث يمكن أن يتراوح الحجم من 0.01 إلى 10 ميكرون. تُصنع المرشِّحات الغشائية بمجموعة متنوعة من حجوم المَسامّ وعادة ما تُصنع المرشِّحات الغشائية من إستر السيللوز أو كلوريد متعدد الفينيل أو متعدد رباعي فلورو إيثيلين. يحدث جمع الجسيم على سطح المرشِّح، لذلك عادة ما تُستخدَم المرشِّحات الغشائية في التطبيقات حيثما يتم اللجوء إلى استخدام المجهر. يمكن لمُرشِّحات إستر السيللوز المختلطة أن تذوب بسهولة بالحموض وعادة ما تُستخدَم لجمع الفلزات لتحليلها بالامتصاص الذري. إن مرشِّحات دقيقة المَسامّ متينة جداً وثابتة حرارياً، وتُستخدَم لأخذ عينات ألياف الأسبست (الحرير الصخري أو الأميانت) وتحليلها باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ، وعادة ما تُصنَع المرشِّحات الليفية من الألياف الزجاجية وتُستخدَم لأخذ عينات الحُلالات الهوائية (الإيروسولات)، كالمبيدات والرصاص.

من أجل التعرضات المهنية للحُلالات الهوائية (الإيروسولات)، فإنه يمكن أخذ عينة بحجم معروف من الهواء عبر المرشِّحات، حيث يمكن قياس الازدياد الإجمالي في الكتلة (تحليل وزني) (ملغ/م^3 هواء) ، ويمكن عدّ العدد الإجمالي للجسيمات (ألياف/سم^3)، أو يمكن تحديد الحُلالات الهوائية (الإيروسولات) (التحليل الكيميائي). وبالنسبة للحسابات الكتلية، فإنه بالإمكان قياس الغبار الكلي الذي يدخل إلى وسيلة أخذ العينات أو الجزء التنفسي فقط: إن الازدياد في كتلة الغبار الكلي يمثل التعرض من التوضع في كافة أجزاء المسلك التنفسي. إن وسيلة أخذ عينة الغبار الكلي عرضة للخطأ بسبب الرياح الشديدة التي تمر عبر تلك الوسيلة والتوجيه غير المناسب لها؛ ومن الممكن أن تؤدي الرياح الشديدة والمرشِّحات المنتصبة إلى جمع جسيمات إضافية ومبالغة في تقدير التعرض.

من أجل أخذ عينات الغبار التنفسي، يمثل الازدياد في الكتلة التعرض من الترسب في الجزء المتعلق بتبادل الغاز في الجهاز التنفسي (الأسناخ). تُستخدم فرَّازَة مخروطية لتغيير توزع الغبار المنقول بالهواء القادم إلى المرشِّح، وذلك لجمع الجزء التنفسي فقط. تُسحب الحُلالات الهوائية (الإيروسولات) إلى فرَّازَة مخروطية وتُسرَّع وتخضع لحركة دائمة مما يسبب انقذاف الجسيمات الأثقل إلى جوانب مجرى الهواء وتتساقط إلى قسم الإزالة في أسفل الفرازة المخروطية؛ وتمكث الجسيمات التي حجمها أقل من 10 ميكرون في مجرى الهواء وتُسحب وتُجمَع على المرشِّح ثم تُحلَّل وزنياً.

تُشاهد أخطاء أخذ العينات عندما يؤدي أخذ عينات الغبار الكلي أو التنفسي إلى قياسات لا تعكس على نحو حقيقي التعرض أو لا تتعلق بالآثار الصحية الضارة. لذلك، تم اقتراح طريقة أخذ العينات الانتقائية لحجم الجسيمات (PSS) لإعادة تحديد العلاقة بين حجم الجسيمات والأثر الصحي الضار وطريقة أخذ العينات؛ ففي الطريقة الانتقائية لحجم الجسيمات (PSS)، تتعلق قياسات الجسيمات بالحجوم التي ترتبط بآثار صحية معينة. لقد اقترحت المنظمة الدولية للتقييس (ISO) والمؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) ثلاثة أجزاء كتلية للجسيمات: كتلة الجسيمات القابلة للاستنشاق (IPM) وكتلة الجسيمات الصدرية (TPM) وكتلة الجسيمات التنفسية (RPM)؛ حيث تشير كتلة الجسيمات القابلة للاستنشاق (IPM) إلى الجسيمات التي من المتوقع أن تدخل من خلال الأنف والفم وأن تحل محل الجزء الكتلي الإجمالي التقليدي؛ وتشير كتلة الجسيمات الصدرية (TPM) إلى الجسيمات التي يمكن أن تدخل الجهاز التنفسي العلوي إلى ما بعد الحنجرة؛ وتشير كتلة الجسيمات التنفسية (RPM) إلى الجسيمات القادرة على التوضع في حويصلات تبادل الغاز (الأسناخ) في الرئتين ويمكن أن تحل محل الجزء الكتلي التنفسي

الحالي. يتطلب الاعتماد العملي لأخذ العينات بالطريقة الانتقائية لحجم الجسيم (PSS) وضع طرائق جديدة لأخذ عينات الحُلالات الهوائية (الإيروسولات) وحدود للتعرض المهني خاصة بأخذ العينات بالطريقة الانتقائية لحجم الجسيم (PSS).

أوساط أخذ العينات: المواد الحيوية (البيولوجية)

ثمة طرق مُقيَّسَة قليلة لأخذ عينات المادة الحيوية (البيولوجية) أو الحُلالات الهوائية (الإيروسولات) الحيوية (البيولوجية). ورغم أن طرائق أخذ العينات تشبه تلك المُستخدَمة للجسيمات المنقولة بالهواء الأخرى، فإنه يجب الحفاظ على إمكانية حياة معظم الحُلالات الهوائية (الإيروسولات) الحيوية (البيولوجية) لضمان قابلية الزرع في المختبرات؛ لذلك، ثمة مزيد من الصعوبة بما يتعلق بجمع العينات وتخزينها وتحليلها. تنطوي استراتيجية أخذ العينات من الحُلالات الهوائية (الإيروسولات) الحيوية (البيولوجية) على الجمع المباشر على أغار مغذٍ شبه صلب أو جعلها على شكل صفائح بعد الجمع في سوائل والحضانة لعدة أيام والتحديد الكمي والنوعي للخلايا التي نمت. يمكن عدّ قوالب الخلايا التي تضاعفت على الأغار كوحدات مُشَكِّلَة للمستعمرات (CFU) للجراثيم العَيوشَة أو الفطريات وكوحدات مُشَكِّلَة للويحات (PFU) للفيروسات النشطة. لا يوصى بالمرشِّحات لجمع الحُلالات الهوائية (الإيروسولات) الحيوية (البيولوجية)، باستثناء الأبواغ، لأن التُجفاف يسبب ضرر الخلية.

تُجمَع الأحياء الدقيقة القابلة للحياة التي أصبحت حالتها كحُلالات هوائية (إيروسولات) باستخدام المَراطِم الزجاجية بالكامل (30 – AGI). تُجمع المَراطِم الحيوية (البيولوجية) في سائل، وتجمع وسيلة أخذ العينات

الحيوية (البيولوجية) على شرائح زجاجية بمعدلات تدفق مرتفعة. يُستخدَم المَراطِم ذو المرحلة الواحدة إلى ست مراحل تحتوي كل منها على طبق بيتري لإتاحة فصل الجسيمات بحسب حجمها.

يجب تفسير نتائج أخذ العينات على أساس كل حالة على حدة بسبب عدم وجود حدود للتعرض المهني. يجب تحديد معايير التقييم قبل أخذ العينات،. وتُستخدَم العينات المأخوذة من خارج المباني كمرجعية خلفية لاستقصاءات الهواء داخل المباني. بناء على التجربة العملية، ينبغي أن تكون التراكيز أكبر عشرة مرات من قيم الخلفية لتوقع التلوث. عندما تُستخدَم تقنيات الزرع، فإنه من المحتمل أن تكون التراكيز أقل من القيمة الحقيقية بسبب فقدان إمكانية الحياة خلال أخذ العينات والحضانة.

أخذ عينات الجلد والسطوح

لا يوجد طرائق معيارية لتقييم تعرض الجلد للمواد الكيميائية وللتنبؤ بالجرعة. تؤخذ عينات السطوح أساساً لتقييم ممارسات العمل ولتحديد المصادر المحتملة للامتصاص عبر الجلد وللابتلاع. ثمة نوعان من طرائق أخذ عينات السطوح يُستخدَمان لتقييم إمكانية الامتصاص عبر الجلد والابتلاع: الطرائق المباشرة التي تنطوي على أخذ عينات جلد العامل، والطرائق غير المباشرة التي تنطوي على أخذ العينات بمسح سطوح أخذ العينات.

تنطوي الطرائق المباشرة على وضع رِفادات من الشاش على الجلد لامتصاص المواد الكيميائية، وشطف الجلد بالمُذيبات (المُحِلَّات) لإزالة الملوثات، واستخدام التألق لتحديد تلوث الجلد. توضع رِفادات الشاش على أجزاء مختلفة من الجسم وإما أن تُترك مكشوفة أو توضع تحت معدات

الوقاية الفردية. تُنزع الرِفادات في نهاية يوم العمل وتُحَلَّل في المختبر؛ ويُستخدَم توزع التراكيز من أجزاء الجسم المختلفة لتحديد مناطق تعرض الجسم. إن هذه الطريقة غير مُكلفة وسهلة التطبيق؛ ورغم ذلك، إن النتائج محدودة لأن رِفادات الشاش ليست أنواعاً فيزيائية جيدة للامتصاص ولخصائص الاحتباس في الجلد، كما أن التراكيز المقاسة لا تمثل بالضرورة الجسم بأكمله.

ينطوي شطف الجلد على مسح الجلد بمُذيبات (مُحِلَّات) أو وضع اليدين في أكياس لدائنية (بلاستيكية) مملوءة بمذيبات (مُحِلَّات) لقياس تركيز المواد الكيميائية على السطح. قد تُقدِّر هذه الطريقة الجرعة على نحو بخس لأن ما يُجمع هو الجزء غير الممتص من المواد الكيميائية.

تُستخدَم المراقبة بالتألق لتحديد تعرض الجلد للمواد الكيميائية التي تتألق طبيعياً، كالمواد العطرية (الأروماتية) عديمة النوى، ولتحديد التعرضات للمواد الكيميائية التي أضيفت فيها المركبات المتألقة عمداً. يُمسَح الجلد ضوئياً بضوء ما فوق البنفسجي لرؤية التلوث، حيث تزود هذه الرؤية العمال بالبَيِّنة بشأن أثر ممارسات العمل على التعرض؛ وتجرى البحوث لتحديد شدة التألق كمياً وربطها بالجرعة .

تنطوي الطرائق غير المباشرة على استخدام الشاش أو المُرَشِّحات من الألياف الزجاجية أو المُرشِّحات الورقية السِّلولوزية لمسح القسم الداخلي من القفازات أو الكمامات، وقمم السطوح. قد تُضاف المُذيبات (المُحِلَّات) لزيادة كفاءة الجمع. يُحلَّل في المختبر بعد ذلك الشاش والمُرشِّحات. يُستخدَم قالب مُربع مساحته 100 سم^2 لأخذ العينات بهدف التوحيد القياسي للنتائج ويمكن المقارنة بين العينات.

الأوساط الحيوية (البيولوجية)

تعتبر عينات الدم والبول وهواء الزفير أنسب النماذج من أجل المراقبة الحيوية (البيولوجية) الاعتيادية، في حين يُستخدم الشعر وحليب الثدي واللعاب والأظافر بتواتر أقل. تُجرى المراقبة الحيوية (البيولوجية) بجمع عينات الدم والبول في مكان العمل وتحليلها في المختبر. تُجمع عينات هواء الزفير في أكياس تيدلار (Tedlar) أو ممَصّات مُصمّمة خصيصاً أو أنابيب مُرتشِفة، وتُحلَّل في الحقل باستخدام تجهيزات القراءة المباشرة أو في المختبر. تُستخدَم عينات الدم والبول وهواء الزفير أساساً لقياس المركب الأم غير المتبدل (نفس المادة الكيميائية التي تؤخذ عينتها في هواء مكان العمل)، أو مُستَقْلَبها، أو التبدل الكيميائي الحيوي (المتوسط) التي تم تحريضه في الجسم. على سبيل المثال؛ يُقاس المركب الأم للرصاص في الدم لتقييم التعرض للرصاص، ويُقاس المُستَقْلَب حمض المندليك في الدم لتقييم التعرض لكل من إيثيل البنزين والستيرين، ويُقاس المركب المتوسط كاربوكسي هيموغلوبين في الدم لتقييم التعرض لكل من أحادي أكسيد الكربون وكلوريد الميثيلين. بالنسبة لمراقبة التعرض، فإن تركيز المحدِّد المثالي سيكون مرتبطاً بدرجة كبيرة بشدة التعرض. أما بالنسبة للمراقبة الطبية، فإن تركيز المحدد المثالي سيكون مرتبطاً بدرجة كبيرة بالتركيز في العضو المُستهدَف.

يمكن لتوقيت جمع العينة أن يؤثر على فائدة القياسات، حيث ينبغي أن تُجمع العينات في الأوقات التي تعكس التعرض بالعمر النصفي للمادة الكيميائية الذي يعكس سرعة تخلص الجسم من المادة الكيميائية، حيث تتباين من ساعات إلى سنوات. إن التراكيز في العضو المُستهدَف للمواد الكيميائية ذاتَ الأعمار النصفية الحيوية (البيولوجية) القصيرة تتبع إلى حد

بعيد التركيز البيئي؛ أما التراكيز في العضو المُستهدَف للمواد الكيميائية ذات الأعمار النصفية الحيوية (البيولوجية) الطويلة فإنها لا تتأرجح إلا بقدر قليل جداً استجابة للتعرضات البيئية. تؤخذ عينة المواد الكيميائية ذات الأعمار النصفية الحيوية (البيولوجية) القصيرة فوراً بعد أقل من ثلاث ساعات من نهاية يوم العمل، قبل انخفاض التراكيز سريعاً لتعكس التعرض في ذلك اليوم؛ وتؤخذ في أي وقت عينة المواد الكيميائية ذات الأعمار النصفية الحيوية (البيولوجية) الطويلة، كالرصاص والمركبات ثنائية الفينيل متعددة الكلور (PCBs).

أجهزة الرصد حقيقية الزمن

توفر تجهيزات القراءة المباشرة قياساً كمياً للملوثات، حيث تُحلَّل العينة ضمن المعدات ولا تتطلب تحليلاً في المختبرات خارج موقع العمل (Maslansky 1993). يمكن قياس المركبات بدون جمعها أولاً على وسائط منفصلة ثم شحنها وتخزينها وتحليلها؛ يُقرأ التركيز مباشرة من مقياس أو مخطط أو مُسَجِّل بيانات أو اعتماداً على تغير اللون. تُستخدم تجهيزات القراءة المباشرة أساساً للغازات والأبخرة، وتتوفر تجهيزات تحليلية لمراقبة الجسيمات. تتباين التجهيزات في السعر والتعقيد والمُعَوَّلِيَّة (الموثوقية) والحَجم والحساسية والنوعية. إنها تتضمن تجهيزات بسيطة، كالأنابيب اللونية التي تَستخدِم تبدل اللون للدلالة على التركيز، والتجهيزات المخصصة لمادة كيميائية معينة، كمشعرات أحادي أكسيد الكربون، ومشعرات الغاز القابل للاحتراق (كمقاييس التَّفَجُرِيَّة) ومقاييس بخار الزئبق، التي تتحرى عن مجموعات كبيرة من المواد الكيميائية. تَستخدِم تجهيزات القراءة المباشرة مجموعة متنوعة من الطرائق الفيزيائية والكيميائية لتحليل الغازات

والأبخرة، بما في ذلك الناقلية والتأين وقياس الكمون (الجُهد) وقياس شدة الإضاءة والقَفَّاءات (المُتَتَبِّعات) المشعة والاحتراق.

تتضمن تجهيزات القراءة المباشرة القابلة للنقل التي كثيراً ما تُستخدَم أجهزة الاستشراب الغازي التي تعمل بالبطاريات (المدخرات) وأجهزة تحليل الأبخرة العضوية ومقاييس الطيف تحت الأحمر. تُستخدَم أجهزة الاستشراب الغازي وأجهزة تحليل الأبخرة العضوية أساساً للمراقبة البيئية في مواقع النفايات الخطرة ولمراقبة الهواء المحيطي في المجتمعات. تتصف أجهزة الاستشراب الغازي المجهزة بكاشفات قياسية بالنوعية والحساسية، وتستطيع أن تحدد كمياً المواد الكيميائية بتراكيز قليلة جداً. أما أجهزة تحليل الأبخرة العضوية فعادة ما تُستخدَم لقياس فئات المركبات. وتُستخدَم مقاييس الطيف تحت الأحمر القابلة للنقل بشكل رئيسي للمراقبة المهنية وكشف التسربات لأنها تتسم بالحساسية والنوعية لمجال واسع من المركبات.

تتوفر معدات المراقبة الشخصية الصغيرة ذات القراءة المباشرة لعدد قليل من الغازات الشائعة (الكلور وسيانيد الهيدروجين وسلفيد الهيدروجين والهيدرازين والأكسجين والفوسجين وثنائي أكسيد الكبريت وثنائي أكسيد النيتروجين وأحادي أكسيد الكربون)؛ إنها تُراكِم قياسات التركيز على مدى اليوم ويمكن أن توفر قراءة مباشرة لتركيز معدل متوسط التعرض (TWA) وأيضاً صورة (بروفيل) متكاملة مفصلة للمُلوِّث على مدى اليوم.

أما الأنابيب اللونية (أنابيب الكشف) فبسيطة الاستخدام وقليلة الثمن وتتوفر بمجموعة متنوعة واسعة من المواد الكيميائية؛ ويمكن استخدامها للتحديد السريع لفئات ملوثات الهواء وتوفر تقديرات تقريبية للتراكيز التي يمكن أن تُستخدَم عند تحديد معدلات وحجوم تدفق المضخة. تتألف

الأنابيب اللونية من أنابيب زجاجية مملوءة بمادة حبيبية صلبة شُرِّبت بعامل كيميائي يمكن أن يتفاعل مع الملوث ويُحدث تبديل في اللون. توضع مضخة يدوية في أحد طرفي الأنبوب بعد فتح نهايتيه المغلقتين؛ يتم أخذ الحجم الموصى به من الهواء الملوث إلى الأنبوب بتطبيق عدد محدد من حركات الضغط على المضخة لمادة كيميائية معينة، ويحدث تبدل في اللون أو تبقع في الأنبوب خلال دقيقتين عادة، ويتناسب بقاء التبقع مع التركيز. لقد أُجريت تعديلات على بعض الأنابيب اللونية لتناسب أخذ العينات لمدة طويلة ويمكن استخدامها بمضخات تعمل على البطاريات (المدخرات) لمدة لا تقل عن ثماني ساعات. يمثل تبدل اللون الناتج تركيز معدل متوسط التعرض (TWA). إن نوعية الأنابيب اللونية ومضبوطيتها محدودة رغم أن تلك الأنابيب جيدة للتحليل الكمي والنوعي؛ فمضبوطيتها ليست عالية كطرائق المختبرات أو العديد من تجهيزات الرصد حقيقية الزمن، فثمة مئات من الأنابيب يبدي الكثير منها حساسية تصالبية ويمكن أن تكشف أكثر من مادة كيميائية واحدة، مما يؤدي إلى تداخلات تعدل التراكيز المقاسة.

لا يمكن لتجهيزات القراءة المباشرة للحُلالات الهوائية (أيروسولات) أن تميز بين الملوثات، فهي عادة ما تُستخدَم لعدّ الجسيمات أو تحديد حجمها وتُستخدَم أساساً للتحري لا لتحديد معدل متوسط التعرض (TWA) أو التعرضات الحادة. تَستخدِم أجهزة الرصد حقيقية الزمن الخواص البصرية أو الكهربائية لتحديد الكتلة الإجمالية وعدد الجسيمات وحجمها. إن أجهزة المراقبة المُبعثِرة للضوء للحُلالات الهوائية (إيروسولات) أو مقاييس الضوء للحُلالات الهوائية (الإيروسولات) تكشف الضوء المُبعثَر بالجسيمات أثناء مرورها عبر حجم في المعدات؛ فعندما يزداد عدد الجسيمات، فإن مقدار الضوء المُبعثَر يزداد بصورة متناسبة مع الكتلة. لا يمكن استخدام أجهزة

الرصد المُبعثِرة للضوء للحُلالات الهوائية (الإيروسولات) للتعرف على أنواع الجسيمات؛ ومع ذلك، إذا ما أُستخدِمت في مكان عمل حيث يوجد عدد محدود من الأغبرة، فإنه يمكن عزو الكتلة إلى مادة معينة. تُستخدَم أجهزة المراقبة الليفية للحُلالات الهوائية (الإيروسولات) لقياس التراكيز المنقولة بالهواء للجسيمات كالأسبست (الحرير الصخري أو الأميانت). تصطف الألياف في حقل كهربائي مُهْتَز وتُضاء باستخدام ليزر نيون الهيليوم، وتُكشَف النبضات الناتجة بأنبوب مُضاعِف ضوئي. تقيس مقاييس الضوء المُوهِنة للضوء انطفاء الضوء بواسطة الجسيمات؛ وإن نسبة الضوء الحادث إلى الضوء المقاس تتناسب مع التركيز.

التقنيات التحليلية

تتوفر طرائق عديدة للتحليل في المختبرات لعينات الملوثات؛ وتتضمن بعض التقنيات الأكثر انتشاراً للتحديد الكمي للغازات والأبخرة في الهواء الاستشرابَ الغازي وقياس طيف الكتلة والامتصاص الذري وتنظير الطيف تحت الأحمر وفوق البنفسجي والتخطيط الاستقطابي.

تُستخدم تقنية الاستشراب الغازي لفصل وتركيز المواد الكيميائية في مزائج من أجل التحليل الكمي. ثمة ثلاثة مكونات رئيسية للجهاز: جهاز حقن العينة والعمود وأداة كشف؛ حيث تحقن العينة السائلة أو الغازية بواسطة محقنة عبر عمود حيث تُفصَل المكونات عن بعضها ؛ إن العمود مملوء بمواد تتآثر على نحو مختلف مع مواد كيميائية مختلفة ويبطئ حركة المواد الكيميائية. يسبب التآثر التفاضلي انتقال كل مادة كيميائية خلال العمود بمعدل مختلف، ومباشرة تذهب المواد الكيميائية بعد الفصل إلى أداة كشف،

ككاشف تأين اللهب (FID) أو كاشف التأين الضوئي (PID) أو كاشف أسّر الإلكترون (ECD)، وتُسجَّل بواسطة مسجِّل مخططات إشارة تتناسب مع التركيز. يُستخدَم تأين اللهب (FID) لكافة المواد العضوية تقريباً: المركبات العطرية (الأروماتية) والمركب الهيدروكربونية مستقيمة السلسلة والكيتونات وبعض المركبات الهيدروكربونية المُكَلْوَرة. يُقاس التركيز من خلال ازدياد عدد الأيونات الناتجة عندما يُحرَق المركب الهيدروكربوني المتطاير بواسطة لهب الهيدروجين؛ ويُستخدَم كاشف التأين الضوئي (PID) للمواد العضوية وبعض المواد اللاعضوية، وهو مفيد على وجه الخصوص للمركبات العطرية (الأروماتية) كالبنزين، كما بإمكانه كشف المركبات الهيدروكربونية الأليفاتية (المفتوحة) والمُهَلْجَنَة، ويُقاس التركيز من خلال ازدياد عد الأيونات الناتجة عندما تُقْصَف العينة بواسطة الإشعاع فوق البنفسجي؛ ويُستخدَم كاشف أسّر الإلكترون (ECD) أساساً للمواد الكيميائية المحتوية على الهالوجين، وهو يقدم استجابة دنيا للمركبات الهيدروكربونية والمركبات الغَولية (الكحولية) والكيتونات، ويقاس التركيز من خلال التدفق الحالي بين مسريين ناجم عن تأين الغاز بواسطة النشاط الإشعاعي.

يُسْتَخدَم مقياس الضوء الطيفي للكتلة لتحليل المزائج المعقدة للمواد الكيميائية الموجودة بمقادير زهيدة؛ وغالباً ما يُقرَن بالاستشراب الغازي لفصل الملوثات المختلفة وتحديدها كمياً.

يُستخدَم تنظير الطيف بالامتصاص الذري بشكل رئيسي للتحديد الكمي للفلزات كالزئبق؛ فالاقتصاد الذري هو امتصاص الضوء لطول موجة معين من خلال ذرة حرة بحالة دنيا، حيث تتعلق كمية الضوء الممتص بالتركيز. تُعتبر هذه التقنية نوعية وحساسة وسريعة للغاية وقابلة للتطبيق

مباشرة على 68 عنصراً تقريباً، وتتراوح حدود الكشف في نطاق يمتد من أجزاء بالبليون (ppb) إلى أجزاء بالمليون (ppm).

يَستخدِم التحليل تحت الأحمر امتصاص الطاقة تحت الحمراء لقياس مواد عديدة عضوية ولاعضوية، حيث يتناسب مقدار الضوء الممتص مع التركيز، ويوفر طيف الامتصاص لمركب معلومات تُمكِّن من تحديده كمياً ونوعياً. تعتبر تقنية التحليل فوق الأحمر جيدة ومتعددة الاستخدامات وتتسم بالحساسية والنوعية.

تُستخدَم مطيافية الامتصاص فوق البنفسجي لتحليل المركبات الهيدروكربونية العطرية (الأروماتية) عندما يُعرَف بأن التداخلات قليلة؛ ويتناسب مقدار الضوء فوق البنفسجي الممتص مع التركيز.

تستند طرائق تخطيط الاستقطاب إلى التحليل الكهربائي لمحلول عينة باستخدام مسرى مُستقطَب بسهولة ومسرى غير مُستقطب. تُستخدَم هذه الطرائق للتحليل النوعي والكمي للألدهيدات والفلزات والمركبات الهيدروكربونية المكَلْوَرَة.

* * *

4. القواعد الصحية المهنية:
التحكم بالتعرضات من خلال التدخل

جيمس ستيوارت
James Stewart

بعد التعرف على المخاطر وتقييمها، فإنه يجب تحديد التدخلات (طرائق التحكم) الأنسب من أجل مخاطر معينة. عادة ما تُصنَّف طرائق التحكم ضمن ثلاث فئات:

1. إجراءات التحكم الهندسية
2. إجراءات التحكم الإدارية
3. معدات الوقاية الفردية.

كما هو الحال مع أي تغيير في عمليات العمل، يجب توفير التدريب لضمان نجاح التغييرات.

إجراءات التحكم الهندسية هي التغييرات في العمليات أو المعدات التي تحد من التعرض للعامل الضار أو تزيل التعرض. إن الاستبدال بمادة أقل سمية في العمل أو تركيب معدات التهوية الساحبة لإزالة الأبخرة المتولدة أثناء مراحل العملية هما مثالان عن إجراءات التحكم الهندسية. إن تركيب مواد ماصة للصوت، وتطويق المباني، وتركيب كاتم للصوت على مخارج أجهزة

سحب الهواء هي أمثلة لإجراءات التحكم الهندسية. يعتبر تغيير العملية بحد ذاته نوعاً آخر من إجراءات التحكم الهندسية؛ إن إزالة مرحلة واحدة أو أكثر من إزالة الشحوم في العملية التي تتطلب في الأصل ثلاث مراحل من إزالة الشحوم هي مثال لهذا النوع من إجراءات التحكم. يتم التحكم بالتعرض الشامل للعامل من خلال إزالة الحاجة إلى المهمة التي سببت التعرض. من محاسن إجراءات التحكم الهندسية المشاركة الصغيرة نسبياً للعامل الذي يمكنه القيام بالمهمة في بيئة أكثر تحكماً عندما، على سبيل المثال، تُزال الملوثات تلقائياً من الهواء. قارنْ ذلك مع الحالة حيث الكمامة هي الطريقة المختارة للتحكم التي يتعين استخدامها من قِبَل العامل أثناء أداء المهمة في مكان عمل «لا يتم التحكم بمخاطره». علاوة على قيام صاحب العمل بتركيب التجهيزات المتعلقة بإجراءات التحكم الهندسية على معدات قائمة، فإنه بالإمكان شراء معدات جديدة تحتوي على إجراءات التحكم أو على إجراءات تحكم أخرى أكثر فعالية. إن النهج المتعلق بوجود أكثر من إجراء في إجراءات التحكم غالباً ما يكون فعالاً (أي، تركيب تجهيزات بعض إجراءات التحكم الهندسية في الوقت الحاضر والطلب باستخدام معدات الوقاية الفردية إلى حين وصول معدات جديدة لإجراءات تحكم أكثر فعالية تزيل الحاجة إلى معدات الوقاية الفردية). فيما يلي بعض الأمثلة الشائعة لإجراءات التحكم:

- التهوية (العامة والتهوية الساحبة الموضعية)
- العزل (وضع حاجز بين العامل والعامل المسبب الضار)
- الاستبدال (الاستبدال بمادة أقل سمية، أقل قابلية للالتهاب، إلخ)
- تغيير العملية (إزالة الخطوات الخطرة).

يجب على اختصاصي القواعد الصحية المهنية أن يولي اهتماماً بالمهام الوظيفية للعامل، ويجب أن يطلب من العامل المشاركة أثناء تصميم إجراءات التحكم الهندسية أو انتقائها. يمكن لوضع الحواجز في مكان العمل، على سبيل المثال، أن يحد بقدر كبير من قدرة العامل على أداء الوظيفة. تعتبر إجراءات التحكم الهندسية الطرائق الأكثر فعالية للحد من التعرضات؛ وغالباً ما تكون الأكثر تكلفة؛ وبسبب أن إجراءات التحكم الهندسية فعالة وباهظة الثمن، فإن من المهم إيلاء أهمية كبرى بمشاركة العمال في اختيار إجراءات التحكم وتصميمها حيث أن ذلك ينبغي أن يؤدي إلى ازدياد احتمال أن تحد إجراءات التحكم من التعرضات.

تنطوي إجراءات التحكم الإدارية على تغييرات بشأن كيف ينجز العاملُ المهامَ الوظيفية - على سبيل المثال، أو ما المدة التي يعمل العمال خلالها في مكان حيث تحدث التعرضات، أو التغييرات في ممارسات العمل كالتحسينات في وضعيات الجسم للحد من التعرضات. يمكن لإجراءات التحكم الإدارية أن تضيف قدراً من الفعالية إلى فعالية التدخل، لكن لها عدة عقبات:

1. قد يحد دوران العمال (تعاقب العمال على المهام) من متوسط التعرض الإجمالي ليوم العمل لكنه يتضمن فترات تعرض لمستويات عالية قصيرة الأجل لعدد أكبر من العمال. ولأن المزيد يصبح معروفاً بشأن السموم وطرق تأثيرها، فإن التعرضات الذروية قصيرة الأجل قد تمثل مستوى أكبر من الخطر من ما يُحسَب استناداً إلى مساهمتها في متوسط التعرض.
2. يُمكن لتغيير ممارسات العمل للعامل أن يمثل تحدياً كبيراً بما يتعلق بالإنفاذ والرصد. إن كيفية إنفاذ ممارسات العمل ومراقبتها تحدد ما إذا الممارسات ستكون فعالة أم لا.

تتألف معدات الوقاية الفردية من تجهيزات تُقدَّم للعامل ويتعين عليه استخدامها أثناء تأدية بعض (أو كافة) المهام. تتضمن الأمثلة الكمامات وواقيات العينين من المواد الكيميائية والقفازات الواقية ودروع الوجه. كثيراً ما تُستخدَم معدات الوقاية الفردية في الحالات حيثما لا تكون إجراءات التحكم الهندسية فعالة في تخفيض التعرض إلى المستويات المقبولة، أو حيثما يثبت بأن إجراءات التحكم الهندسية لم تكن مجدية (بسبب التكلفة أو لأسباب تشغيلية). يمكن لمعدات الوقاية الفردية أن توفر للعمال حماية ذات شأن إذا ما أُستخدمت على نحو صحيح. في حالة حماية الجهاز التنفسي، يمكن أن تكون عوامل الحماية (نسبة التركيز خارج الكمامة إلى التركيز في داخلها) 1.000 أو أكثر للكمامات المُزوَّدَة بالهواء إيجابية الضغط أو 10 للكمامات نصف الوجهية المُنَقِّية للهواء. يمكن للقفازات (في حالة اختيارها بشكل مناسب) أن تحمي اليدين لعدة ساعات من المُذيبات (المُحِلَّات). كما يمكن لواقيات العينين أن توفر حماية فعالة من التناثرات الكيميائية.

التدخل: عوامل يتعين أخذها بعين الاعتبار

غالباً ما تُستخدَم عدة أنواع من إجراءات تحكم هندسية معاً لتخفيض التعرضات إلى المستويات المقبولة. يجب أن يحد التدخل من التعرض والمخاطر الناجمة عنه إلى مستويات مقبولة مهما تكن الطرائق المختارة. مع ذلك، ثمة عوامل أخرى عديدة تؤخذ بعين الاعتبار أثناء اختيار التدخل؛ على سبيل المثال:

- فعالية إجراءات التحكم
- سهولة الاستخدام من قِبَل العامل
- تكلفة إجراءات التحكم

- كفاية خواص الإنذار للمادة
- المستوى المقبول للتعرض
- تواتر التعرض
- طريق (طرق) التعرض
- المتطلبات التنظيمية لإجراءات تحكم معينة.

فعالية إجراءات التحكم

إن فعالية إجراءات التحكم هي بوضوح عامل رئيسي أثناء اتخاذ الإجراءات للحد من التعرضات. يجب أن يكون مستوى الحماية المطلوبة مناسباً لحجم المخاطر أثناء مقارنة نوع من التدخل بنوع آخر؛ فالإسراف في التحكم هو هدر للموارد، حيث يمكن استخدام تلك الموارد للحد من تعرضات أخرى أو تعرضات العمال الآخرين. من ناحية أخرى، إن عدم كفاية إجراءات التدخل يدع العامل يتعرض لظروف غير صحية. إن وضع التدخلات في مراتب وفقاً لفعاليتها هو الخطوة الأولى المفيدة، ومن ثم تُستخدَم تلك المراتب لتقييم أهمية العوامل الأخرى.

سهولة الاستخدام

يجب أن يكون العامل قادراً على أداء مهامه الوظيفية بوجود أي إجراء للتحكم يتعين أن يكون فعالاً. على سبيل المثال، إذا كان الاستبدال هو طريقة التحكم المختارة، فإنه يجب أن يعرف العامل أخطار المادة الكيميائية الجديدة، وأن يحصل على التدريب حول إجراءات المناولة الآمنة، وأن يفهم إجراءات التخلص المناسبة، إلخ. إذا كان العزل هو الطريقة المختارة - تطويق حول المادة أو العامل - فإنه يجب أن يسمح التطويق للعامل بإجراء وظيفته. إذا ما

تداخلت تدابير التحكم مع المهام الوظيفية، فإن العامل سيحجم عن استخدام تلك التدابير وقد يجد طرقاً للقيام بالمهام التي يمكن أن تؤدي إلى تزايد التعرضات لا تناقصها.

التكلفـــة

ثمة قيود على الموارد في كل مؤسسة. ويكمن التحدي في الاستخدام الأمثل لتلك الموارد. يجب أن تؤخذ التكلفة بعين الاعتبار عند تحديد التعرضات الخطرة ووضع استراتيجية التدخل. إن أفضل الخيارات لن تكون في مرات عديدة الحلول الأقل تكلفة أو الأعلى تكلفة؛ ولن تصبح التكلفة عاملاً إلا بعد أن يتم تحديد طرائق مجدية عديدة للتحكم، ثم بالإمكان استخدام تكاليف إجراءات التحكم لاختيار إجراءات التحكم التي ستعمل على النحو الأفضل في وضع معين. إذا ما كانت التكلفة هي العامل المُحدِّد من البداية، فقد يتم اختيار إجراءات تحكم ضعيفة أو غير فعالة أو تتداخل مع العملية التي يقوم بها العامل. لن يكون حكيماً اختيار مجموعة من إجراءات التحكم التي يقوم بها العامل. لن يكون حكيماً اختيار مجموعة من إجراءات التحكم التي تتداخل مع عملية التصنيع وتبطئها، وسيكون للعملية عندئذٍ إنتاجية أقل وتكلفة أعلى، وستصبح التكاليف «الحقيقية» لإجراءات التحكم تلك «متدنية التكلفة» هائلة خلال زمن قصير جداً. يدرك المهندسون الصناعيون التصميم والعملية الشاملة، كما يدرك مهندسو الإنتاج خطوات التصنيع وعملياته، أما المحللون الماليون فيدركون مشاكل تخصيص الموارد. يستطيع اختصاصيو القواعد الصحية المهنية تقديم نظرة فريدة في هذه المناقشات بسبب إدراكهم للمهام الوظيفية المحددة للعامل، وتآثر العامل مع معدات التصنيع، فضلاً عن كيفية عمل إجراءات التحكم في موقع معين؛

ويزيد نهج الفريق هذا من احتمال اختيار إجراءات التحكم الأنسب (من مجموعة متنوعة من وجهات النظر).

كفاية خواص الإنذار

يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار خواص الإنذار للمادة، كالرائحة أو التَّهَيُّج، أثناء حماية العامل من المخاطر المهنية. على سبيل المثال؛ إذا كان عامل أنصاف النواقل يعمل في منطقة يُستخدَم فيها غاز الأرسين، فإن السمية القصوى للغاز تشكل مخاطر محتملة هامة، حيث يتعلق الوضع بخواص الإنذار السيئة جداً للأرسين – لا يستطيع العمال كشف غاز الارسين عبر البصر أو الشم إلا عندما يتجاوز الغاز المستويات المقبولة؛ ففي هذه الحالة لا ينبغي أن تؤخذ بعين الاعتبار إجراءات التحكم الفعالة على نحو هامشي للحفاظ على التعرضات في مستويات أدنى من المستويات المقبولة لأن الانحرافات فوق المستويات المقبولة لا يمكن أن يكشفها العمال، وهنا ينبغي تركيب وسائل مراقبة لغاز الأرسين لتحذير العمال من فشل إجراءات التحكم الهندسية. إن القواعد الصحية المهنية الوقائية عملية في الحالات التي تنطوي على سمية عالية وخواص إنذار سيئة. يجب أن يكون اختصاصي القواعد الصحية المهنية مرناً وعميق التفكير أثناء مقاربة مشكلة التعرض.

المستوى المقبول للتعرض

إذا ما كانت الغاية من إجراءات التحكم حماية العمال من مادة كالأسيتون، حيث المستوى المقبول للتعرض بحدود 800 جزء بالمليون (PPM)، فإنه يمكن بسهولة نسبياً بلوغ مستوى مقداره 400 جزء بالمليون (PPM) أو أقل. على النقيض من مثال التحكم بالأسيتون هو مثال التحكم بمادة 2-إيثوكسي إيثانول حيث المستوى المقبول للتعرض بحدود 0.5 جزء بالمليون

(PPM)، فإن الحصول على نفس النسبة المئوية للتخفيض (0.5 إلى 0.25 جزء بالمليون (PPM)) من المحتمل أن يتطلب إجراءات تحكم مختلفة؛ وقد يصبح عزل المادة الوسيلة الأساسية للتحكم في تلك المستويات المنخفضة من التعرض. وفي المستويات العالية من التعرض، فإنه يمكن للتهوية أن توفر التخفيض اللازم؛ ولذلك إن المستوى المقبول لمادة الذي تحدده (الحكومة، الشركة، إلخ) يمكن أن يحد من اختيار إجراءات التحكم.

تواتر التعرض

يَستخدِم النموذج الاعتيادي أثناء تقييم السمية العلاقة التالية:

الوقت × التركيز = الجرعة

الجرعة، في هذه الحالة، هي مقدار المادة المتاح للامتصاص. لقد ركزت المناقشة السابقة على تقليل (تخفيض) مكون التركيز إلى أدنى حد ممكن في هذه العلاقة. وبالإمكان أيضاً تقليل الوقت الذي يمضيه العامل أثناء التعرض (السبب الكامن لإجراءات التحكم الإدارية)، وهذا من شأنه على نحو مماثل أن يقلل من الجرعة؛ فالمشكلة لا تكمن هنا في الوقت الذي يمضيه العامل في الغرفة، ولكن كم مرة يتم القيام بالعملية (المهمة). إن التمييز هنا مهم؛ ففي المثال الأول، يتم التحكم بالتعرض من خلال إبعاد العمال عندما يتعرضون لمقدار مختار من المادة السامة، ولا يتوجه جهد التدخل نحو التحكم بمقدار المادة السامة (قد يكون النهج في حالات عديدة تطبيق عدة إجراءات معاً). أما في الحالة الثانية، فيُستخدَم تواتر العملية للتزويد بإجراءات التحكم المناسبة؛ لا لتحديد الجدول الزمني للعمل. على سبيل المثال؛ إذا ما كان عامل يقوم بعملية، كإزالة الشحوم بشكل روتيني، فإن

إجراءات التحكم يمكن أن تتضمن التهوية أو الاستبدال بمُذيب (مُحلّ) أقل سمية أو حتى أتمتة العملية. في حالة أن العملية نادراً ما تُؤدَّى (مثلاً؛ مرة في كل ثلاثة أشهر)، فقد تكون معدات الوقاية الفردية خياراً (اعتماداً على عوامل عديدة وُصفت في هذا الفصل). كما أوضح هذان المثالان، فإنه يمكن للتواتر الذي تُؤدَّى معه العملية أن يؤثر مباشرة على اختيار إجراءات التحكم؛ ويجب أن يؤخذ بعين الاعتبار في اختيار إجراءات التحكم التواتر الذي يؤدي فيه العامل المهام، وذلك مهما تكن حالة التعرض.

تؤثر بوضوح طريقة التعرض على اختيار إجراءات التحكم؛ ففي حالة استخدام مُهَيِّجات الجهاز التنفسي، تؤخذ بعين الاعتبار التهوية والكمامات وإلخ. إن تحديد كافة طرق التعرض هو تحدٍ لاختصاصي القواعد الصحية المهنية؛ على سبيل المثال، تُستخدَم مركبات أثير الغليكول كمذيب (مُحلّ) ناقل في عمليات الطباعة، وبالإمكان قياس تراكيز الهواء في المنطقة التي يتنفس ضمنها العامل، ويمكن تطبيق إجراءات التحكم؛ ورغم ذلك، تُمتَص مركبات أثير الغليكول سريعاً عبر الجلد السليم. يمثل الجلد طريقاً هاماً للتعرض ويجب أن يؤخذ بعين الاعتبار. في الحقيقة، إذا ما تم اختيار القفازات غير المناسبة، فإنه قد يستمر تعرض الجلد طويلاً بعد تخفيض التعرضات في الهواء (بسبب استمرار العامل في استخدام القفازات التي حدث فيها العطب). يجب على اختصاصي القواعد الصحية أن يُقيِّم المادة - خواصها الفيزيائية، خواصها الكيميائية والسمية، وإلخ - لتحديد طرق التعرض الممكنة والمعقولة (استناداً إلى المهام التي يؤديها العامل).

إن المتطلبات التنظيمية لإجراءات التحكم هي أحد العوامل التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار أثناء أي مناقشة بشأن إجراءات التحكم. ثمة ما هو

جيد من مدونات الممارسات واللوائح وما إلى ذلك التي تقتضي بتطبيق مجموعة محددة من إجراءات التحكم. يتمتع اختصاصي القواعد الصحية المهنية بمرونة تتجاوز المتطلبات التنظيمية، ولكن يجب تطبيق إجراءات التحكم المُلْزِمة الدنيا. ثمة جانب آخر بشأن المتطلبات التنظيمية، ألا وهو أنه قد لا تعمل جيداً إجراءات التحكم المُلْزِمَة أو قد تتعارض مع أفضل حكم من اختصاصي القواعد الصحية المهنية؛ ويجب أن يكون اختصاصي القواعد الصحية مبدعاً في هذه الحالات وأن يجد حلولاً تلبي الأهداف التنظيمية للمؤسسة وأفضل الممارسات.

التدريب واستخدام بطاقة التعريف

بصرف النظر عن شكل التدخل الذي تم اختياره في نهاية الأمر، فإنه يجب أن يحصل العامل على التدريب وغيره من أشكال الإخطار لضمان أن العمال يفهمون التدخلات، ولماذا تم اختيارها، وما هي تخفيضات التعرض المتوقعة، ودور العمال في تحقيق تلك التخفيضات. فبدون مشاركة القوى العاملة وإدراكها، فإنه من المحتمل أن تفشل التدخلات أو على الأقل أن تعمل بكفاءة متدنية. من الممكن أن يكون هذا الوعي الجديد قيِّماً لاختصاصي القواعد الصحة المهنية وفي تحديد التعرضات غير المُميَّزة سابقاً أو التعرضات الجديدة، وكذلك في الحد منها.

من الممكن أن يكون التدريب واستخدام بطاقة التعريف والأنشطة ذات الصلة جزءاً من مخطط الامتثال للوائح. سيكون من الحكمة فحص اللوائح الداخلية لضمان أن أي نوع من التدريب أو استخدام بطاقة التعريف يتم تنفيذه يلبي المتطلبات التنظيمية بالإضافة إلى المتطلبات التشغيلية.

الاستنتاجات

في هذه المناقشة القصيرة بشأن التدخلات، فقد تم تقديم بعض الاعتبارات لتحفيز التفكير. تصبح هذه القواعد في الممارسة مركبة وغالباً ما يكون لها تداعيات مهمة على صحة العامل والصحة في الشركة. يعتبر الحكم الحِرَفي لاختصاصي القواعد الصحية المهنية أساسياً في اختيار أفضل إجراءات التحكم. يحمل مصطلح «أفضل» في طياته معانٍ عديدة مختلفة. يجب أن يصبح اختصاصي القواعد الصحية المهنية ماهراً في العمل ضمن الفرق ويلتمس المُدْخَلات من العمال والإدارة والموظفين التقنيين.

* * *

5. الأساس الحيوي (البيولوجي) لتقييم التعرض

ديك هيديريك
Dick Heederik

يهتم تقييم التعرض في مكان العمل بتحديد العوامل وتقييمها التي يمكن أن يصبح العامل على تماس معها، ويمكن بناء مؤشرات التعرض لتعكس مقدار العامل الضار الموجود في البيئة العامة أو الهواء المستنشق، وكذلك لتعكس مقدار العامل الضار الذي يُستنشق أو يُبتلع أو يُمتَص (المدخول). وتتضمن المؤشرات الأخرى مقدار العامل الضار الذي يُرتشَف (القَبْط أو الامتصاص) والتعرض في العضو المُستهدَف. إن الجرعة هي مصطلح ذو صلة بعلم الأدوية (فارماكولوجيا) أو علم السموميات يُستخدَم للإشارة إلى المقدار المُعطى لكل وحدة من الزمن. يَصعُب تحديد الجرعة للتعرض في مكان العمل في حالة عملية؛ لأن العمليات الفيزيائية والحيوية (البيولوجية)، كاستنشاق العامل الضار وقَبْطه (امتصاصه) وتوزعه في جسم الإنسان، تؤدي إلى أن يكون للتعرض والجرعة علاقات معقدة غير خطية. إن الشك بشأن المستوى الفعلي للتعرض للعوامل يجعل أيضاً من الصعب التحديد الكمي للعلاقات بين التعرض والآثار الصحية.

بالنسبة للعديد من التعرضات المهنية ثمة *نافذة* زمنية يكون خلالها التعرض أو الجرعة بالمستوى الأكثر صلة بظهور مشاكل معينة متعلقة

بالصحة وأعراض معينة؛ وبالتالي، سيكون التعرض أو الجرعة ذات الصلة حيوياً (بيولوجياً) هو ذلك التعرض الذي يحدث أثناء النافذة الزمنية ذات الصلة. يُعتقَد أن لبعض التعرضات للمُسَرِّطنات المهنية مثل تلك النافذة الزمنية للتعرض ذات الصلة. إن السرطان هو مرض ذو فترة خَفاء (هجوع) طويلة، وبالتالي من الممكن أن التعرض ذا الصلة بالظهور النهائي للمرض استغرق سنوات عديدة قبل أن يتظاهر السرطان بالفعل. إن هذه الظاهرة غير بديهية، لأن المرء يتوقع أن التعرض التراكمي على مدى العمر المهني سيكون المُتَثابِت (البارامتر) ذا الصلة؛ فقد لا يكون للتعرض في فترة تظاهر المرض أهمية خاصة.

قد يكون ذا صلة أيضاً نمط التعرض – تعرض متواصل وتعرض متقطع وتعرض مع أو بدون ذرى حادة. من الأهمية بمكان أخذ أنماط التعرض بالحسبان من أجل الدراسات الوبائية والقياسات البيئية التي يمكن أن تُستخدَم لرصد الامتثال للمعايير الصحية أو المراقبة البيئية كجزء من برامج التحكم أو الوقاية؛ على سبيل المثال، إذا ما نجم أثر صحي عن التعرضات الذروية، فإنه يجب مراقبة المستويات الذروية بهدف التحكم بها. لا تفيد المراقبة التي لا توفر بيانات إلا بشأن متوسط التعرض طويل الأجل، لأنه يمكن جيداً حجب القيم الانحرافية الذروية بواسطة قياس القيمة المتوسطة، وبالتأكيد لا يمكن التحكم بها عندما تحدث.

غالباً ما لا يُعرَف التعرض أو الجرعة ذات الصلة حيوياً (بيولوجياً) لنقطة نهاية معينة لأنها غير مفهومة بالتفصيل الكافي أنماط المدخول، أو القَبْط (الامتصاص)، أو التوزع والإطراح، أو آليات التحول الحيوي (البيولوجي). سيساعد في تحديد العلاقات بين التعرض والجرعة والأثر كلٌ

من معدل دخول العامل الضار إلى الجسم وخروجه منه (الحرائك) والعمليات الكيميائية الحيوية (البيولوجية) من أجل معاملة المادة (التحول الحيوي (البيولوجي)).

إن المراقبة البيئية هي قياس العوامل في مكان العمل وتقييمها بغية تقييم التعرض المحيطي والأخطار الصحية ذات الصلة؛ أما المراقبة الحيوية (البيولوجية) فهي قياس تقييم العوامل في مكان العمل أو مُستَقْلَباتها في الأنسجة أو المُفرَزات أو المُفرَغات بغية تقييم التعرض وتقييم الأخطار الصحية. تُستخدَم أحياناً *الواصمات الحيوية (البيولوجية)* كالمعقدات الإضافية في الحمض الريبي النووي المنزوع الأكسجين (DNA)، كقياسات للتعرض؛ كما يمكن أن تكون الواصمات الحيوية (البيولوجية) مؤشراً لآليات عملية المرض، لكن هذا الموضوع معقد يُغطَّى بمزيد من التفصيل في الفصل بعنوان *«المراقبة الحيوية (البيولوجية)»* ولاحقاً في المناقشة الواردة في هذا الفصل.

فيما يلي تبسيط للنموذج الأساسي في نمذجة التعرض - الاستجابة:

التعرض ⟵ القَبْط (الامتصاص) ⟵ التوزع

الإطراح، التحول ⟵ الجرعة الهدفية ⟵ الفيزيولوجيا المرضية ⟵ الأثر

من الممكن أن تكون العلاقات معقدة اعتماداً على العامل، والتعرض – القَبْط (الامتصاص)، والتعرض – المدخول. بالإمكان إجراء تقريب بسيط، بالنسبة للعديد من الغازات، اعتماداً على تركيز العامل في الهواء خلال يوم العمل وعلى مقدار الهواء المُستنشَق؛ كما تتعلق أنماط الترسب، بالنسبة لأخذ عينات الأغبرة، بحجم الجسيم. كذلك، يمكن لاعتبارات الحجم أن تؤدي إلى

علاقة أكثر تعقيداً. يتضمن فصل «*الجهاز التنفسي*» مزيداً من التفصيل بشأن الحوادث المتعلقة بالسمية في الجهاز التنفسي.

إن تقييم التعرض والجرعة هما عنصران للتقييم الكمي للخطر، فغالباً ما تشكل طرائق تقييم الخطر الصحي الأساس التي توضع عليه حدود التعرض من أجل مستويات انبعاثات العوامل السامة في الهواء من أجل المعايير البيئية بالإضافة إلى المعايير المهنية. يوفر تحليل الخطر الصحي تقديراً لاحتمال (خطر) حدوث آثار صحية معينة أو تقديراً لعدد الحالات التي تحدث لديها تلك الآثار الصحية. ويمكن تحديد التركيز المقبول لمادة سامة في الهواء أو الماء أو الغذاء بواسطة تحليل الخطر الصحي، مع الأخذ بعين الاعتبار حجم مقبول مختار مسبقاً للخطر. لقد وجد التحليل الكمي للخطر تطبيقاً في وبائيات السرطان وهو ما يفسر التأكيد الشديد على التقييم الاستعادي للتعرض؛ لكن يمكن العثور على تطبيقات لاستراتيجيات تقييم التعرض أكثر دقة في كل من التقييم الاستباقي (المستقبلي) والاستعادي للتعرض، ووجدت مبادئ تقييم التعرض تطبيقات في الدراسات التي تركز على نقاط نهائية أخرى أيضاً، كالمرض التنفسي الحميد (Wegman et al. 1992; Post et al. 1994). ثمة اتجاهان يسودان في البحوث في الوقت الراهن؛ يَستخدِم الاتجاه الأول تقديرات الجرعة التي يتم الحصول عليها من معلومات مراقبة التعرض، ويعتمد الاتجاه الثاني على الواصمات الحيوية (البيولوجية) كقياسات للتعرض.

رصد التعرض والتنبؤ بالجرعة

لسوء الحظ، بالنسبة للعديد من التعرضات، فإنه تتوافر بيانات كمية قليلة للتنبؤ بالخطر بغية تطوير نقطة نهائية معينة. من بداية عام 1924

افترض Haber أن شدة التعرض (H) تتناسب مع ناتج تركيز التعرض (X) ومدة التعرض (T).

شدة التعرض (H) = ناتج تركيز التعرض (X) x مدة التعرض (T)

لقد شكل قانون Haber، كما دُعي، الأساس لتطوير المفهوم بأن قياسات تعرض معدل متوسط التعرض (TWA) – أي، القياسات التي تؤخذ من أجل المتوسط على مدى فترة معينة من الزمن - هي قياسات مفيدة للتعرض؛ وقد ساور الشك هذا الافتراض بشأن كفاية معدل متوسط التعرض (TWA) لسنوات عديدة. ذكر Adams وزملاؤه في عام 1952 أنه «لا يوجد أساس علمي لاستخدام معدل متوسط التعرض (TWA) لإدراج التعرضات المختلفة» (Atherly 1985). تكمن المشكلة في أن علاقات عديدة هي أكثر تعقيداً من العلاقة التي تمثل قانون Haber. ثمة أمثلة عديدة للعوامل حيث تم تحديد الأثر بواسطة التركيز بقوة أكبر من طول الفترة الزمنية. على سبيل المثال؛ أظهرت بَيِّنَة مثيرة للاهتمام من دراسات المختبر أنه يمكن لنمط التعرض (المتواصل مقابل المتقطع ومع أو بدون ذرى) بالإضافة إلى الجرعة أن يعدل الخطر الملاحظ لدى الجرذان المُعرَّضين لرباعي كلوريد الكربون، حيث ظهر لديهم تبدلات في مستوى إنزيم الكبد (Bogers et al. 1987)؛ ثمة مثال آخر وهو الحُلالات الهوائية (الأيروسولات) الحيوية (البيولوجية)، كإنزيم ألفا - أميلاز المُحَسِّن للعجين الذي يمكن أن يسبب مرضاً أَلرِجياً (تحسُّسياً) لدى الأشخاص الذين يعملون في صناعة المعجنات (المخبوزات)؛ (Houba et al. 1996)؛ ومن غير المعروف ما إذا خطر ظهور مثل هذا المرض يحدده بشكل رئيسي التعرضات الذروية أو التعرض المتوسط أو المستوى التراكمي

للتعرض (Wong 1987; Checkoway and Rice 1992). لا تتوفر معلومات بشأن الأنماط الزمنية لمعظم العوامل، لا سيما العوامل ذات الآثار المزمنة.

لقد نُشرت في ستينيات وسبعينيات القرن العشرين من قِبَل Roach (1966; 1977) المحاولات الأولى لوضع نماذج لأنماط التعرض والجرعة التقديرية؛ لقد أظهر هذا الباحث أن تركيز عامل ما يبلغ قيمة توازن عند المُستقبِل بعد تعرض لمدة غير محددة لأن الإطراح يوازن قَبْط ذلك العامل؛ ويمكن بلوغ قيمة الـ 90% من مستوى التوازن هذا في تعرض لمدة ثماني ساعات إذا ما كان العمر النصفي للعامل في العضو المُستهدَف أقل من ساعتين ونصف الساعة تقريباً، ويوضح ذلك بأنه بالنسبة للعوامل قصيرة العمر النصفي، فإن التعرض الأقصر من ثماني ساعات يحدد الجرعة في العضو المَستهدَف، حيث أن الجرعة في العضو المُستهدَف هي دالة لناتج مدة التعرض والتركيز للعوامل قصيرة العمر النصفي. لقد طُبِّق نهج مشابه لكن أكثر توضحياً من قِبل Rappaport (1985)، حيث أظهر بأن للتباين في التعرض ضمن يوم العمل تأثير محدد عندما يتعلق الأمر بالعوامل طويلة العمر النصفي، وأدخل مصطلح *المُخَمِّد* في المُستقبِل .

استخدِمت المعلومات المقدمة آنفاً بشكل أساسي لاستخلاص استنتاجات حول متوسطات الزمن المناسبة لقياسات التعرض لأغراض الامتثال. منذ أوراق Roach، فإنه من المعروف أنه بالنسبة للمُهَيِّجات يجب أخذ العينات ذات الأوقات القصيرة في المتوسط، في حين أنه بالنسبة للعوامل طويلة العمر النصفي، كالأسبست (الحرير الصخري أو الأميانت) يجب أن يكون المتوسط طويل الأجل للتعرض التراكمي تقديرياً. مع ذلك، يجب على المرء أن يدرك أن الانقسام المزدوج في استراتيجيات العينة واستراتيجيات التعرض

المتوسط لمدة ثماني ساعات كما تبنته بلدان كثيرة لأغراض الامتثال هو ترجمة صريحة للمبادئ الحيوية (البيولوجية) التي نوقشت آنفاً.

بالإمكان العثور في ورقة Wegman et al. (1992) على مثال لتحسين استراتيجية تقييم التعرض اعتماداً على مبادئ الحرائك الدوائية في علم الوبائيات؛ فقد طبق هؤلاء الباحثون استراتيجية مثيرة للاهتمام بشأن تقييم التعرض من خلال استخدام الرصد المتواصل لقياس المستويات الذروية للتعرض الفردي للأبخرة وربطها بالأعراض التنفسية الحادة العكوسة التي تحدث كل 15 دقيقة؛ وهناك مشكلة في المفهوم في هذا النوع من الدراسات نوقشت على نطاق واسع في ورقتهم، ألا وهي تعريف التعرض الذروي ذي الصلة بالصحة، وسيعتمد تعريف الذروة ثانية على الاعتبارات الحيوية (البيولوجية)، فقد قدم Rappaport (1991) متطلبين اثنين كي تكون التعرضات الذروية ذات صلة نسبية بعملية المرض: (1) العامل الضار يُطرَح سريعاً من الجسم، و (2) ثمة معدل غير خطي للضرر الحيوي (البيولوجي) أثناء التعرض الذروي، فقد تكون المعدلات غير الخطية للضرر الحيوي (البيولوجي) متعلقة بالتغييرات في القَبْط (الامتصاص) الذي يتعلق بدوره بمستويات التعرض واستعداد (حساسية) المضيف والتآزر مع التعرضات الأخرى وتدخل آليات أخرى للمرض عند التعرضات أو المستويات العتبية الأعلى لعمليات المرض.

تُظهِر هذه الأمثلة أيضاً أنه يمكن لأساليب الحرائك الدوائية أن تفيد في مكان آخر غير تقديرات الجرعة؛ كما يمكن استخدام نتائج نمذجة الحرائك الدوائية لاستكشاف الصلة الحيوية (البيولوجية) لمؤشرات التعرض القائمة، ولتصميم استراتيجيات جديدة لتقييم التعرض ذي الصلة بالصحة.

قد تُنتِج نمذجة الحرائك الدوائية للتعرض تقديرات للجرعة الفعلية في العضو المُستهدَف. على سبيل المثال في حالة الأوزون، وهو غاز مُهَيِّج حاد، وُضِعت النماذج التي تتنبأ بالتركيز في النسيج في المسالك الهوائية كدالة لمتوسط تركيز الأوزون في الرئة عند مسافة معينة من الرغامى، وقطر المسالك الهوائية، ومتوسط سرعة الهواء، والتبعثر الفعال، وجريان الأوزون من الهواء إلى سطح الرئة (Menzel 1987; Miller and Overton 1989)؛ ويمكن استخدام مثل تلك النماذج للتنبؤ بجرعة الأوزون في منطقة معينة من المسالك الهوائية، حيث يتوقف ذلك على التراكيز البيئية للأوزون وأنماط التنفس.

تستند تقديرات الجرعة الهدفية في معظم الحالات إلى المعلومات المتعلقة بنمط التعرض على مدى الزمن، والقصة المهنية، والمعلومات المتعلقة بالحرائك الدوائية كقَبْط (امتصاص) العامل الضار وتوزعه وإطراحه وتحوله. يمكن وصف العملية برمتها بواسطة مجموعة من المعادلات التي بالإمكان حلها رياضياً. غالباً لا تتوفر المعلومات المتعلقة بمُتَثابتات (بارامترات) الحرائك الدوائية للإنسان، ويجب استخدام تقديرات المُتَثَابِت (البارامتر) المستندة إلى التجارب على الحيوان. ثمة أمثلة عديدة توفرت حديثاً بشأن استخدام نمذجة الحرائك الدوائية للتعرض بغية الحصول على تقديرات الجرعة، وتعتبر ورقة Jahr (1974) المراجع الأولى نمذجة بيانات التعرض للحصول على تقديرات الجرعة.

رغم أن تقديرات الجرعة لم تلقَ التأييد عموماً وكان تطبيقها محدوداً في الدراسات الوبائية، فإنه من المتوقع أن يفضي الجيل الجديد من مؤشرات التعرض أو الجرعة إلى تحاليل مثلى للتعرض - الاستجابة في الدراسات

الوبائية (Smith 1985, 1987). ثمة مشكلة لم تُعالَج بعد في نمذجة الحرائك الدوائية وهي أن الاختلافات الكبيرة بين الأنواع موجودة في حرائك العوامل السامة، ولذلك تحظى بالأهمية آثار التباين ضمن الفرد نفسه في المُتثابِتات (البارامترات) المتعلقة بالحرائك الدوائية (Droz 1992).

المراقبة الحيوية (البيولوجية) والواصمات الحيوية (البيولوجية) للتعرض

تقدم المراقبة الحيوية (البيولوجية) تقديراً للجرعة، ولذلك غالباً ما تعتبر متفوقة على المراقبة الحيوية (البيولوجية)، ومع ذلك، يمكن أن يكون تباين مؤشرات المراقبة الحيوية (البيولوجية) ضمن الفرد نفسه كبيراً. يجب أن تؤخذ قياسات متكررة بغية اشتقاق تقدير مقبول لجرعة العامل، وقد تصبح جهود القياس في بعض الأحيان أكبر من المراقبة البيئية.

لقد تم إيضاح ذلك من خلال دراسة مثيرة للاهتمام أُجريت على عمال ينتجون قوارب مصنوعة من اللدائن (البلاستيك) المقواة بالألياف الزجاجية (Rappaport et al. 1995). لقد قُيِّم تباين التعرض للستيرين من خلال قياس الستيرين في الهواء على نحو متكرر؛ وقد رُصِدَ الستيرين في هواء زفير العمال المُعرَّضين بالإضافة إلى تبادلات الكروماتيدات الشقيقة (SCEs)؛ فقد بين الباحثون أن الدراسة الوبائية التي تَستخدِم الستيرين في الهواء كقياس للتعرض تتسم بقدر أكبر من الكفاءة، من حيث عدد القياسات اللازمة، من الدراسة التي تَستخدِم مؤشرات أخرى للتعرض. تطلب الستيرين في الهواء التكرار ثلاث مرات لتقدير متوسط التعرض طويل الأجل بدقة معينة؛ أما الستيرين في هواء الزفير، فقد تطلب التكرار أربع مرات، وتطلبت تبادلات الكروماتيدات الشقيقة التكرار 20 مرة. إن تفسير هذه الملاحظة هو نسبة الإشارة إلى الضوضاء (الضجيج) التي حُدِّدَت من خلال التباين يوماً بيوم والتباين بين العمال في التعرض التي كانت أكثر ملاءمة للستيرين في الهواء

مقارنة بالواصمين الحيويين (البيولوجيين) الآخرين للتعرض؛ وبالتالي، ورغم أن الأهمية الحيوية (البيولوجية) لبديل معين للتعرض قد تكون مثلى، فإن الأداء لا يزال ضعيفاً بسبب نسبة الإشارة إلى الضوضاء (الضجيج) المحدودة، مما يؤدي إلى خطأ سوء التصنيف.

طَبَّق Droz نمذجة الحرائك الدوائية لدراسة محاسن استراتيجيات تقييم التعرض استناداً إلى أخذ عينات الهواء مقارنة باستراتيجيات المراقبة الحيوية (البيولوجية) التي تعتمد على العمر النصفي للعامل الضار، وقد بَيَّن أن المراقبة الحيوية (البيولوجية) تتأثر بشكل كبير في التباين الحيوي (البيولوجي) الذي لا يتعلق بتباين اختبار علم السموميات، وقد اقترح أنه لا ميزة إحصائية في استخدام المشعرات الحيوية (البيولوجية) عندما يكون العمر النصفي للعامل الضار أقل من حوالي 10 ساعات.

رغم أن الفرد قد يميل إلى أن يقرر قياس التعرض البيئي بدلاً من المشعر الحيوي (البيولوجي) لأثر ما بسبب تباين المتغير المقاس، فإنه يمكن العثور على حجج إضافية لاختيار الواصم الحيوي (البيولوجي) لو تطلب ذلك جهد قياس أكبر، كماهو الحال عند وجود تعرض جلدي هام. يمكن أن يكون للتعرض عبر الجلد أهمية أكبر بالمقارنة مع التعرض من خلال الهواء، لا سيما لبعض العوامل كالمبيدات وبعض المُذيبات (المُحِلَّات) العضوية. يتضمن الوصم الحيوي (البيولوجي) للتعرض هذا الطريق للتعرض (أي الهواء)، في حين أن قياس التعرض عبر الجلد معقد والنتائج غير قابلة للتفسير بسهولة (Boleij et al. 1995). لقد بَيَّنت دراسات مبكرة بين العاملين الزراعيين باستخدام «رِفادات» لتقييم التعرض عبر الجلد توزعات ملحوظة للمبيدات على سطح الجسم اعتماداً على مهام العامل. مع ذلك، لا يمكن بعد استخدام

مرتسمات (بروفيلات) التعرض لتقدير الجرعة الداخلية بسبب قلة المعلومات المتوفرة حول القَبْط (الامتصاص) الجلدي.

من الممكن أن يكون أيضاً للواصمات الحيوية (البيولوجية) مزايا مهمة في وبائيات السرطان، فعندما يكون الواصم الحيوي (البيولوجي) واصماً مبكراً للأثر، فإن استخدامه يمكن أن يؤدي إلى تقليل فترة المتابعة. رغم أن دراسات التحقق ضرورية، فإن الواصمات الحيوية (البيولوجية) للتعرض أو الحساسة (الاستعداد) الفردي يمكن أن تؤدي إلى دراسات وبائية أكثر قوة وتقديرات للخطر أكثر قوة.

تحليل النافذة الزمنية

بالتوازي مع تطور نمذجة الحرائك الدوائية، فقد استكشف اختصاصيو علم الوبائيات أساليب جديدة في مرحلة تحليل البيانات كتحليل «الإطار الزمني» لربط فترات التعرض ذات الصلة بالنقاط النهائية ولتنفيذ آثار الأنماط الزمنية في التعرض أو التعرضات الذروية في وبائيات السرطان المهني (Checkoway and Rice 1992). ترتبط هذه التقنية من الناحية المفاهيمية بنمذجة الحرائك الدوائية لأنه يتم تحسين العلاقة بين التعرض والنتيجة من خلال وضع تثقيلات على فترات التعرض المختلفة وأنماط التعرض ومستويات التعرض. ويُعتقَد بأن يكون لهذه التثقيلات في نمذجة الحرائك الدوائية معنى فيزلوجي وتُقدَّر مسبقاً؛ وتُقدَّر التثقيلات في تحليل الإطار الزمني من البيانات استناداً إلى معايير إحصائية، وقد قدم Hodgson و Jones في عام 1990 أمثلة لهذا النهج حيث قاما بتحليل العلاقة بين التعرض لغاز الرادون وسرطان الرئة لدى أتراب (حشد) من عمال مناجم القصدير في المملكة المتحدة، كما قام Seixas و Robins و Becker في عام

1993 بتحليل العلاقة بين التعرض للأبخرة وصحة الجهاز التنفسي لدى أتراب (حشد) من عمال مناجم الفحم في الولايات المتحدة، وثمة دراسة مثيرة للاهتمام جداً قام بها Peto et al. (1982) أكدت على أهمية تحليل النافذة الزمنية. لقد أظهر الباحثون أن معدلات الوفاة بورم المتوسطة (ميزوثليوما) بدت متناسبة مع دالة ما للزمن منذ التعرض الأول والتعرض التراكمي لدى أتراب (حشد) من عمال العزل. لقد كان للزمن منذ التعرض الأول أهمية خاصة لأن هذا المتغير كان تقريباً للزمن اللازم لتهاجر الألياف من مكان توضعها في الرئتين إلى الجَنَبَة (غشاء مصلي من وريقتين تغلف الداخلية منها الرئتين). ويبين هذا المثال كيف تحدد حرائكُ الترسب والهجرة دالةَ الخطر إلى حد كبير. ثمة مشكلة محتملة وهي أن تحليل الإطار الزمني يتطلب معلومات مفصلة حول مرات التعرض ومستويات التعرض، مما يعيق تطبيقه في دراسات عديدة حول نتائج الأمراض المزمنة.

ملاحظات ختامية

ختاماً، لقد تم الإقرار على نطاق واسع بمبادئ نمذجة الحرائك الدوائية والإطار الزمني أو تحليل النافذة الزمنية. لقد أُستخدمت هذه المعرفة لهذا المجال بشكل رئيسي لوضع استراتيجيات تقييم التعرض. ورغم ذلك، يتطلب استخدامُ هذه النهوج بشكل أكثر دقة جهداً كبيراً في الأبحاث، كما يجب تطويرها؛ ولذلك، لا يزال عدد التطبيقات محدوداً، ولقد وُجد أن الاستخدام المنتشر بقدر أكبر هو التطبيقات البسيطة نسبياً، كوضع استراتيجيات أفضل لتقييم التعرض اعتماداً على النقطة النهائية. ثمة مسألة مهمة تتعلق بتطوير الواصمات الحيوية (البيولوجية) للتعرض أو الأثر، ألا وهي التَّحَقُّق من صحة تلك المؤشرات. غالباً ما يُفترَض أنه يمكن للواصم

الحيوي (البيولوجي) القابل للقياس أن يتنبأ بالخطر الصحي على نحو أفضل من الطرائق التقليدية. مع ذلك، ولسوء الحظ، ثمة عدد قليل جداً من دراسات التَّحَقُّق أثبتت هذا الافتراض.

* * *

6. حـــدود التعـــرض المهنـــي

دينيس ج بوستنباخ
Denis J. Paustenbach

تاريخ حدود التعرض المهني

اقترحت منظمات عديدة على مدى أربعين سنة مضت في عدد كبير من البلدان حدوداً للتعرض المهني (OELs) للملوثات المنقولة بالهواء. إن الحدود أو المبادئ التوجيهية التي أصبحت تدريجياً الأوسع قبولاً في الولايات المتحدة وفي معظم بلدان العالم الأخرى هي التي يصدرها سنوياً مؤتمر اختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) في الولايات المتحدة والتي دُعيت بمصطلح حدود التعرض العتبية (TLVs) (LaNier 1984; Cook 1986; ACGIH 1994) .

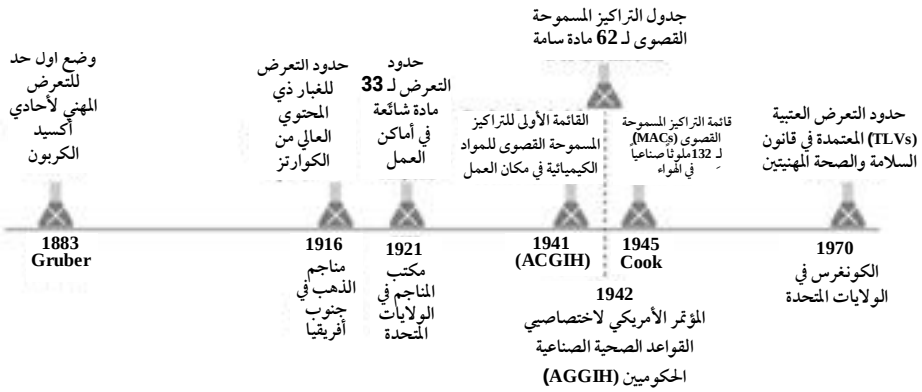
لقد ثَبُتت بصورة متكررة فائدة وضع حدود التعرض المهني (OELs) للعوامل محتملة الضرر في بيئة العمل منذ إنشائها (Stokinger 1970; Cook 1986; Doull 1994). إن مساهمة حدود التعرض المهني (OELs) في الوقاية من المرض أو التقليل منه إلى أدنى حد ممكن مقبولة الآن على نطاق واسع، لكن لم تكن مثل تلك الحدود موجودة لسنوات عديدة، وحتى لو وُجدت، فإنها لم تُلاحظ في كثير من الأحيان (Cook 1945; Smyth 1956; Stokinger 1981; LaNier 1984; Cook 1986).

لقد كان من المفهوم منذ القرن الخامس عشر أنه يمكن للغبار والمواد الكيميائية المنقولة بالهواء أن تسبب مرضاً وإصابة، ولكن التراكيز ومدد التعرض التي من المتوقع أن تُحدث ذلك لم تكن واضحة (Ramazinni 1700) .

كما ذكرت Baetjer (1980)، «عندما بدأت الدكتورة Alice Hamilton حياتها المهنية المتميزة في الأمراض المهنية في بداية القرن العشرين، لم تكن متاحة لها عينات من الهواء ولا معايير، ولم تكن في الواقع ضرورية. إن الملاحظة البسيطة لظروف العمل وحدوث المرض لدى العمال ووفاتهم أثبتت على الفور وجود التعرضات الضارة؛ ولكن سرعان ما أصبحت الحاجة إلى تحديد معايير التعرض الآمن واضحة».

لقد توجهت الجهود الأولى لوضع حدود التعرض المهني (OELs) نحو أحادي أكسيد الكربون، الغاز السام الذي يتعرض له مهنياً عدد كبير من الأشخاص بقدر أكبر من أي مادة أخرى (انظر الشكل 9.30 للاطلاع على التسلسل الزمني لتطور وضع حدود التعرض المهني (OELs). لقد نُشِر في عام 1883 عمل Max Gruber في معهد القواعد الصحية في ميونيخ، حيث وصفت الورقة تعرض دجاجتين و12 أرنباً لتراكيز معروفة من أحادي أكسيد الكربون لمدة تصل إلى 47 ساعة على مدى ثلاثة أيام، ووَرَد في الورقة ما يلي: «يقع حد الأثر لأحادي أكسيد الكربون الذي يسبب إصابة عند تركيز في جميع الاحتمالات مقداره 500 جزء بالمليون (PPM) ولكن بالتأكيد لا يقل عن 200 جزء بالمليون». وبما يتعلق بالتوصل إلى هذا الاستنتاج، استنشق Gruber بنفسه أحادي أكسيد الكربون، ولم تحدث أي أعراض أو شعور مزعج بعد ثلاث ساعات في كل يوم ليومين متتاليين بتركيز مقداره 210 جزء بالمليون و 240 جزء بالمليون (Cook 1986).

الشكل 30 .9 التسلسل الزمني لوضع حدود التعرض المهني (OELs).



أجرى K.B. Lehmann وآخرون بإشرافه أول سلسلة وأكثرها شمولاً من التجارب على الحيوانات بشأن حدود التعرض، وفي سلسلة من المطبوعات التي تمتد 50 عاماً قدموا تقارير لدراسات حول الأمونيا (النشادر) وغاز كلوريد الهيدروجين والمركبات الهيدروكربونية المُكَلْوَرَة وعدد كبير من المواد الكيميائية الأخرى (Lehmann 1886; Lehmann and Schmidt-Kell 1936).

نشر Kobert (1912) أول جدول لحدود التعرض الحاد، حيث تضمن قائمة لتراكيز 20 مادة ضمن الأقسام التالية: (1) المميتة بسرعة للإنسان والحيوان، و (2) خطرة في نصف ساعة إلى ساعة واحدة، و (3) نصف ساعة إلى ساعة واحدة دون اضطرابات جسمية، و (4) أعراض بسيطة فقط؛ ولاحظ Schrenk (1947) في ورقته «تفاسير للحدود المسموحة» أن «قيم حمض الهيدروكلوريك وسيانيد الهيدروجين والأمونيا (النشادر) والكلور والبروم كما قُدِّمت تحت قسم «أعراض بسيطة فقط بعد التعرض لعدة ساعات» تتوافق مع القيم الواردة في الورقة السابقة لـ Kobert المقبولة عادة في جداول تراكيز التعرض المسموحة (MACs) الحالية للتعرضات المُبلَّغ عنها»؛ ورغم ذلك، فقد تجاوزت كثيراً قيم بعض المُذيبات (المُحِلَّات) السامة بقدر أكبر، كالبنزين ورباعي كلوريد الكربون وثنائي سَلفيد الكربون، للقيم المستخدمة حالياً (Cook 1986).

لقد نشر مكتب المناجم في الولايات المتحدة أحد الجداول الأولى لحدود التعرض (Fieldner, Katz and Kenney 1921)؛ ورغم أن العنوان غير مُعَبِّر كثيراً، فقد تضمن 33 مادة شائعة الاستعمال في أماكن العمل. ولاحظ Cook (1986) أيضاً أن معظم حدود التعرض التي وُضعت خلال ثلاثينيات القرن العشرين، عدا الغبار، استندت إلى تجارب قصيرة إلى حد ما على الحيوانات. لقد كان الاستثناء البارز دراسة التعرض المزمن للبنزين التي أجراها Leonard Greenburg في إدارة الصحة العامة في الولايات المتحدة بتوجيه من لجنة المجلس الوطني للسلامة (NSC 1926) ، واشتق من هذا العمل التعرض المقبول لدى الإنسان استناداً إلى التجارب طويلة الأجل على الحيوان.

وفقاً لـ (1986) Cook، وبالنسبة للتعرضات للغبار، فقد استندت الحدود المسموحة التي وُضِعت قبل عام 1920 إلى تعرضات العمال في مناجم الذهب بجنوب أفريقيا حيث كان الغبار الناجم عن عمليات الحفر غنياً بالسيليكا الحرة البلورية. وفي عام 1916 وُضِعَ حد تعرض مقداره 8.5 مليون جسيم لكل قدم مربع (mppcf) من الهواء للغبار الذي يحتوي على 80-90% كوارتز (1916 لجنة مكافحة السل (التدرن))، وخُفِضَ المستوى إلى 5 مليون جسيم لكل قدم مربع (mppcf). وأشار Cook أيضاً إلى أنه وَضِعت في الولايات المتحدة معايير للغبار استناداً أيضاً إلى تعرض العمال وأوصى بها Higgins وزملاؤه بعد دراسة أجريت في مناجم الزنك (التوتياء) والرصاص في جنوب غرب ولاية ميسوري. أصدرت وزارة العمل في الاتحاد السوفييتي (سابقاً) في عام 1930 مرسوماً تضمن التراكيز المسموحة القصوى (MACs) لـ 12 مادة صناعية سامة.

إن القائمة الأشمل لحدود التعرض المهني لغاية عام 1926 تضمنت 27 مادة (Sayers 1927)؛ ونشر Sayers و Dalle Valle في عام 1935 الاستجابات الفيزيولوجية لخمسة تراكيز لـ 37 مادة حيث كانت الاستجابة الخامسة تخص التركيز المسموح الأقصى للتعرض لفترات طويلة؛ ونشر Lehmann و(1938) Flury و (1940) .Bowditch et al أوراقاً تضمنت جداول وحيدة القيمة للتعرضات المتكررة لكل مادة.

إن العديد من حدود التعرض التي وضعها Lehmann تم تضمينها في دراسة علمية نُشرَت في البداية في عام 1927 من قبَل Henderson و Haggard (1943) وبعد ذلك بفترة قصيرة في عام 1931 نُشرَت في Flury and Zernik's Schadliche Gase و Flury؛ ووفقاً لـ Cook (1986) أُعتبِر هذا الكتاب المرجع الموثوق بشأن آثار الغازات والأبخرة والأغبرة الضارة في مكان العمل إلى أن طُبِعَ الجزء الثاني من مرجع *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology (1949)*.

أُعدَّت في عامي 1939 و 1940 القوائم الأولى لمعايير التعرضات الكيميائية في الصناعة، ودُعيت التراكيز المسموحة القصوى (MACs) (Baetjer 1980) وقد مثلت تلك القوائم إجماعاً لآراء الرابطة الأمريكية للمعايير وعدد من اختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الذين شكلوا في عام 1938 مؤتمر اختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين في الولايات المتحدة (ACGIH) ، وقد طُبعت هذه «المعايير المقترحة» في عام 1943 من قَبَل James Sterner. اجتمعت لجنة المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين في مطلع عام 1940 للبدء بمهمة تحديد المستويات الآمنة للتعرض للمواد الكيميائية في مكان العمل عبر تجميع كافة البيانات التي تتعلق بدرجة التعرض للمواد السامة التي يحتمل أن تسبب أثراً

ضاراً .(Stokinger 1981; LaNier 1984)؛ وفي عام 1941أصدرت هذه اللجنة المجموعة الأولى من القيم، حيث تألفت اللجنة من Warren Cook و Manfred Boditch (يُقال بأنه الاختصاصي الأول في القواعد الصحية الذي عمل في الصناعة في الولايات المتحدة)، و William Fredrick، وPhilip Drinker، وLawrence Fairhall و Alan Dooley (Stokinger 1981).

شُكِّلت في عام 1941 لجنة (دُعيت **Z**-37) من الرابطة الأمريكية للمعايير (التي أصبحت فيما بعد المعهد الوطني الأمريكي للمعايير)، وقد وضعت معيارها الأول بقيمة مقدارها 100 جزء بالمليون (PPM) لأحادي أكسيد الكربون، بحلول عام 1974 أصدرت اللجنة نشرات منفصلة لـ 33 معياراً للتعرض لأغبرة وغازات سامة.

شكل المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين في اجتماعه السنوي في عام 1942لجنة نوعية للحدود العتبية حيث قدمت في تقريرها جدولاً لـ 63 مادة سامة مع «التراكيز المسموحة القصوى» لملوثات في الهواء من قوائم جهزتها وحدات القواعد الصحية الصناعية في ولايات مختلفة، حيث تضمن تقريرها البيان التالي «لم يُنْشأ هذا الجدول كتراكيز آمنة موصى بها. تُقدَّم المادة دون تعليق» (Cook 1986).

نشر Cook في عام 1945 قائمة تضمنت 132 ملوثاً صناعياً في الهواء مع التراكيز المسموحة القصوى، بما في ذلك القيم الحالية لست ولايات بالإضافة إلى القيم المقدمة كدليل للتحكم بالأمراض المهنية من قِبل الوكالات الفدرالية والتراكيز المسموحة التي حظيت بالدعم الأفضل من خلال المراجع المتعلقة بالاستقصاءات الأصلية (Cook 1986).

قدمت اللجنة الفرعية للحدود العتبية في الاجتماع للمؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) في عام 1946 تقريرها الثاني متضمناً قيماً لـ 131 من الغازات والأبخرة والأغبرة

والأدخنة والسَّديم، و13 من الأغبرة المعدنية؛ وقد جُمِّعت القيم من القائمة التي قدمتها اللجنة الفرعية في عام 1942، ومن القائمة التي نُشرت من قِبَل Warren Cook من مجلة *Industrial Medicine (1945)*، ومن القيم التي نُشرت للجنة الرابطة الأمريكية للمعايير. وقد أكدت اللجنة على أن «قائمة التراكيز المسموحة القصوى (MACs) تُقدَّم.... مع الإدراك المؤكد أنها ستخضع لمراجعة سنوية».

الاستخدام المراد لحدود التعرض المهني (OELs)

إن حدود التعرض العتبية (TLVs) للمؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) ومعظم حدود التعرض المهني (OELs) المُستخدَمة في الولايات المتحدة وبعض البلدات الأخرى هي حدود تشير إلى تراكيز المواد المنقولة بالهواء وتمثل ظروفاً ضمنها «يُعتقد أن كافة العمال تقريباً يمكن أن يتعرضوا لها على نحو متكرر يوماً بعد يوم دون حدوث آثار صحية ضارة» (ACGIH 1994). (انظر الجدول رقم 30 .2) . توضع حدود التعرض المهني (OEL) في بعض البلدان في التركيز الذي سيحمي كل شخص عملياً. من المهم إدراك إنه بخلاف بعض حدود التعرض للوثات الهواء المحيطي أو المياه الملوثة أو المواد المضافة إلى الأغذية التي تضعها المجموعات المهنية الأخرى أو الوكالات التنظيمية، فإن التعرض لحدود التعرض العتبية (TLVs) لن يمنع بالضرورة حدوث الانزعاج أو الإصابة لكل من يتعرض (Adkins et al. 1990). لقد أقر المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) منذ زمن بعيد أنه بسبب المدى الواسع لحساسية (استعداد) الأفراد، فإن نسبة مئوية قليلة من العمال قد تعاني من الانزعاج من بعض المواد عند تراكيز الحدود العتبية أو أدنى منها وأن نسبة مئوية أقل قد تتأثر على نحو جسيم بقدر أكبر من خلال تفاقم

وضع موجود مسبقاً أو ظهور مرض مهني (Cooper 1973; ACGIH 1994)؛ وقد ذُكِرَ ذلك بوضوح في المدخل إلى الكتيب السنوي للمؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGI)H الصادر بعنوان: *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices* (ACGIH 1994).

الجدول 30 .2 حدود التعرض المهني (OELs) في بلدان مختلفة (اعتباراً من 1986).

البلد/المقاطعة	نوع المعيار
الأرجنتين	حدود التعرض المهني (OELs) هي نفس حدود التعرض العتبية (TLVs) للمؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) لعام 1978. إن الاختلاف الرئيسي عن هذه القائمة هو أنه من أجل 144 مادة (من الإجمالي البالغ 630) التي من أجلها لم ترد حدود التعرض قصير الزمن (STELs) في قائمة المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH)، فإن قيم معدل متوسط التعرض (TWAs) للأرجنتين أُدخلت أيضاً تحت هذا القسم.
أستراليا	اعتمد المجلس الوطني للصحة والبحوث الطبية (NHMRC) في عام 1992 الإصدار المنقَّح لحدود التعرض العتبية للصحة المهنية (الصادرة في الفترة 1990-1991). لا تتمتع حدود التعرض المهني (OELs) بوضع قانوني في استراليا عدا الحالات التي تُدرَج فيها بشكل محدد في القانون كمرجع. تُنشَر حدود التعرض العتبية (TLVs) الصادرة عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) في أستراليا كملحق لأدلة الصحة المهنية المُنقَّحة مع تنقيحات المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) في السنوات الفردية.
النمسا	إن القيم الموصى بها من قِبَل لجنة الخبراء لمجلس حماية العمال لتقييم قيم التراكيز المسموحة القصوى (MACs) بالتعاون مع معهد

	الوقاية من الحوادث لنقابات عمال الصناعات الكيميائية تُعتبَر إلزامية من قِبَل الوزارة الفدرالية للإدارة الاجتماعية، وتُطبَّق من قِبَل إدارة تفتيش العمل بموجب قانون حماية العمل.
بلجيكا	إن إدارة القواعد الصحية والطب المهني في وزارة التوظيف والعمل تَستخدم كمبادئ توجيهية حدودَ التعرض العتبية (TLVs) الصادرة عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH).
البرازيل	أُستخدمت حدود التعرض المهني (TLVs) الصادرة عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية المهنية الحكوميين (ACGIH) كأساس لتشريعات الصحة المهنية للبرازيل منذ عام 1978. ولأن أسبوع العمل في البرازيل هو عادة 48 ساعة، فقد تم تعديل قيم المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) إلا لملوثات الهواء التي كان لها تطبيق في ذلك الوقت على مستوى البلاد. اعتمدت وزارة الصحة الحدود الحديثة مع وضع قيم للملوثات الإضافية وفقاً لتوصيات مجلس السلامة والطب المهنيين.
كندا (ومقاطعاتها)	لكل مقاطعة لوائحها الخاصة بها:
مقاطعة ألبرتا	إن حدود التعرض المهني (OELs) معتمَدة بموجب قانون الصحة والسلامة المهنيين، ولائحة المخاطر المهنية، اللذين يقتضيان من صاحب العمل ضمان أن العمال لا يتعرضون لما يفوق الحدود.
مقاطعة كولومبيا البريطانية	تضمنت لوائح الصحة والسلامة الصناعيتين متطلبات قانونية تشير إلى المخطط الحالي لقيم الحدود العتبية (TLVs) لملوثات الهواء التي نشرها المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH).
مقاطعة مانيتوبا	يعتبر قسم الصحة والسلامة في البيئة ومكان العمل مسؤولاً عن التشريعات وإدارتها بما يتعلق بحدود التعرض المهني (OELs). إن المبادئ التوجيهية المُستخدَمة حالياً لتفسير الأخطار على الصحة هي قيم الحدود العتبية (TLVs) التي أصدرها المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) باستثناء أن مستوى التعرض للمُسَرْطِنات هو الصفر «بقدر ما يمكن عملياً».

مقاطعة نيوبرانزويك	إن المعايير المطبقة هي المعايير التي نُشرت في أحدث إصدار للمؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH).
الأقاليم الشمالية الغربية	ينظم قسم السلامة في الأقاليم الشمالية الغربية التابع لقسم العدالة والخدمات السلامة في مكان العمل للعاملين غير الفيدراليين بموجب أحدث إصدار لقيم الحدود العتبية (TLVs) الصادرة عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH).
مقاطعة نوفاسكوشا	إن قائمة حدود التعرض المهني (OELs) هي نفس قائمة المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) التي نُشرت في عام 1976 وتعديلاتها وإصداراتها المُنَقَّحة اللاحقة.
مقاطعة أونتاريو	تعتبر اللوائح المتعلقة بعدد من المواد الخطرة نافذة بموجب قانون الصحة والسلامة المهنيتين، وتُنشَر المعلومات المتعلقة بكل مادة في كتيب منفصل يتضمن مستوى التعرض المسموح ورموز معدات حماية الجهاز التنفسي وتقنيات قياس التراكيز المنقولة بالهواء وأساليب الرصد الطبي.
مقاطعة كيبيك	تشابه مستويات التعرض المسموحة قيم الحدود العتبية (TLVs) الصادرة عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) ، ويقتضي الأمر الامتثال لمستويات التعرض المسموحة لملوثات الهواء في مكان العمل.
شيلي	لا يمكن لـ 11 مادة خطرة قادرة على أن تسبب آثاراً حادة أو شديدة أو مميتة أن تتجاوز التركيز الأقصى ولو للحظة. إن قيم المعايير الشيلية هي قيم الحدود العتبية (TLVs) الصادرة عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH)، ويُطبَّق عامل مقداره 0.8 لأن أسبوع العمل في شيلي يبلغ 48 ساعة.
الدانمرك	تتضمن حدود التعرض المهني (OELs) 542 مادة كيميائية و 20 مادة جسيمية. ويقتضي الأمر قانونياً بأن لا تتجاوز تلك الحدود معدلات متوسط التعرض (TWAs). تُستخدَم البيانات الصادرة عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين

	(ACGIH) في إعداد المعايير الدانمركية. إن حوالي 25% من القيم مختلفة عن قيم المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH)، وإن جميعها تقريباً أكثر تشدداً إلى حد ما.
الإكوادور	لا يوجد في الإكوادور قائمة لمستويات التعرض المسموحة مُدرَجة في تشريعاتها. وتُستخدَم حدود التعرض العتبية (TLVs) الصادرة عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي الصحة الصناعية الحكوميين (ACGIH) كدليل للممارسات الجيدة للقواعد الصحية المهنية.
فنلندا	تُعرَّف حدود التعرض المهني (OELs) بأنها التراكيز التي يبدو أن تكون خطرة حتى على بعض العمال بسبب التعرض على المدى الطويل. وفي حين أن للمؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) فلسفته بأن كافة العمال تقريباً يمكن أن يتعرضوا للمواد دون قيمة الحد العتبية (TLV) دون أثر ضار، فإن وجهة النظر أن فنلندا مختلفة، فحيثما تحدث التعرضات التي تفوق قيم الحدود، فإنه يمكن أن تحدث آثار ضارة على الصحة.
ألمانيا	إن التركيز المسموح الأقصى (MAC) هو التركيز المسموح الأقصى لمركب كيميائي موجود في الهواء ضمن منطقة عمل (كالغاز والبخار والمادة الجسيمية) التي، وفقاً للمعارف الحالية، لا تؤثر عموماً على صحة العامل ولا تسبب أي إزعاج لا داعي له. في ظل هذه الظروف. يمكن تكرار التعرض لمدة طويلة تزيد عن 8 ساعات يومياً، وهو ما يمثل أسبوع عمل يبلغ المتوسط فيه 40 ساعة (42 ساعة في الأسبوع كمتوسط على مدى أربعة أسابيع متتالية لشركات تعمل بنظام أربع نوبات (ورديات)). يتم الاستناد إلى المعايير العلمية لحماية الصحة بدلاً من الجدوى التقنية أو الاقتصادية.
أيرلندا	عادة ما يُستخدَم أحدث إصدار لقيم الحدود العتبية (TLVs) الصادرة عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH)، رغم أن قوائم تلك القيم لم تُدرَج في القوانين أو اللوائح الوطنية.
هولندا	تؤخذ قيم التركيز المسموح الأقصى (MAC) على نطاق واسع من قائمة المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين

	(ACGIH) ومن جمهورية ألمانيا الاتحادية والمعهد الوطني للسلامة والصحة المهنيين (NIOSH) في الولايات المتحدة. يُعرَّف التركيز المسموح الأقصى (MAC) بأنه «التركيز في هواء مكان العمل الذي، وفقاً للمعارف الحالية، لا يضر عموماً بصحة العمال وذريتهم بعد التعرض على المدى الطويل حتى على مدى الحياة المهنية بأكملها».
الفيليبين	تُستخدَم قيم الحدود العتبية (TLVs) الصادرة في عام 1970 عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الحكوميين (ACGIH) باستثناء بعض القيم حيث يُستخدَم تركيز 50 ppm لكلوريد الفينيل و 0.15 ملغ/م^3 لكل من الرصاص والمركبات غير العضوية والأدخنة والغبار.
الاتحاد الروسي	وضع اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفيتية السابق (USSR) العديد من الحدود الخاصة به بغية القضاء على أي إمكانية حتى للآثار العكوسة. إن مثل هذه الاستجابات تحت السريرية والعكوسة بشكل كامل لا تزال تُعتبَر حتى الآن مُقَيِّدَة جداً ولم تكن مُقَيَّدَة في الولايات المتحدة ومعظم البلدان الأخرى. في الحقيقة، وبسبب الصعوبات الاقتصادية والهندسية في تحقيق مثل تلك المستويات المخفضة لملوثات الهواء في مكان العمل، فثمة مؤشرات قليلة بأنه تم تحقيق تلك الحدود بالفعل في البلدان التي اعتمدتها. وعوضاً عن ذلك، يبدو أن هذه الحدود هي أهداف مثالية أكثر من أن تكون حدوداً مُلْزِمَة قانونياً للمصنِّعين أو يلتزمون أخلاقياً بتحقيقها.
الولايات المتحدة	ثمة ست مجموعات على الأقل أوصت بحد للتعرض في مكان العمل: قيم الحدود العتبية (TLVs) للمؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH)، وحدود التعرض الموصى بها (RELs) التي اقترحها المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنيتين (NIOSH) في الولايات المتحدة، وحدود التعرض في بيئة العمل (WEEL) التي وضعتها الرابطة الأمريكية للقواعد الصحية الصناعية (AIHA)، والمعايير الخاصة بملوثات الهواء في مكان العمل التي اقترحتها لجنة (Z - 37) التابعة للمعهد الوطني الأمريكي للمعايير (EAL)، والأدلة المقترحة لمكان العمل الصادرة عن الرابطة الأمريكية للصحة العامة (APHA 1991)، وتوصيات الولايات المحلية أو

	الحكومات الإقليمية. علاوة على ذلك، فإن حدود التعرض المسموحة (PELs)، وهي لوائح يجب تحقيقها في مكان العمل لأنها قانون، أصدرها قسم العمل وتقوم بإنفاذها إدارة السلامة والصحة المهنية (OSHA) في الولايات المتحدة.

المصدر: Cook 1986

لقد أُعتبِر هذا القيد، رغم أنه ربما أقل من مثالي، قيداً عملياً لأن التراكيز المنقولة بالهواء منخفضة جداً لحماية الذين لديهم فرط الحساسية (الاستعداد)، وقد حُكِم على هذا الأمر بأنه غير مجدٍ بسبب القيود الهندسية أو الاقتصادية. إن موضع الضعف هذا المتعلق بقيم الحدود العتبية (TLVs) لم يُعتبَر خطيراً حتى عام 1990 في ضوء التحسينات المثيرة منذ منتصف ثمانينات القرن العشرين في القدرات التحليلية، ورصد الأفراد / تجهيزات أخذ العينات، وتقنيات المراقبة الحيوية (البيولوجية)، واستخدام الروبوتات كأحد الإجراءات الهندسية المعقولة؛ فإننا اليوم قادرون من الناحية التكنولوجية على النظر في حدود أكثر صرامة بشأن التعرض المهني.

تُنشَر دورياً في كتاب *Documentation of the Threshold Limit Values (ACGIH 1995)* المعلومات الأساسية والأساس المنطقي لكل قيمة من قيم الحدود العتبية (TLVs). إن بعض أنواع التوثيق متاح أحياناً بشأن حدود التعرض المهني (OELs) لبلدان أخرى. ينبغي دوماً التشاور بشأن الأساس المنطقي أو التوثيق، وذلك قبل تفسير حد التعرض أو تعديله، بالإضافة إلى البيانات المحددة التي أُخِذت بعين الاعتبار عند وضع حد التعرض (ACGIH 1994).

تستند قيم الحدود العتبية (TLVs) إلى أفضل المعلومات المتاحة من الخبرة الصناعية ودراسات التجارب على الإنسان والحيوان - عندما يكون ذلك ممكناً، من مصادر متعددة (Smith and Olishifski 1988 ACGIH 1994)؛ ويختلف الأساس المنطقي لاختيار حدود التعرض من مادة إلى أخرى.

فعلى سبيل المثال، قد تكون الحماية من الخلل الصحي عاملاً موجهاً للبعض، في حين أن عدم حدوث التَّهَيُّج أو التَّخَدُّر أو الانزعاج أو أشكال أخرى من التوتر قد يشكل أساساً للآخرين. كما يختلف من مادة إلى أخرى قِدَم المعلومات المتاحة واكتمالها بغية وضع حدود التعرض المهني؛ وبالتالي تختلف دقة كل قيمة من قيم الحدود العتبية (TLVs). ينبغي دوماً التشاور بشأن أحدث قيم الحدود العتبية (TLVs) (أو ما يعادلها) وتوثيقها بغية تقييم جودة البيانات التي وُضِعت قيمة الحدود على أساسها.

لقد أُستخدِمت حدود التعرض المهني (OELs) في بعض الأحيان في مواضع عديدة، رغم أن كافة المطبوعات المتعلقة بحدود التعرض المهني (OELs) تؤكد على أنها لا تُستخدَم إلا لوضع المستويات الآمنة لتعرض الأشخاص في مكان العمل. ولهذا السبب فإنه ينبغي أن لا تُفسَّر حدود التعرض وتُطبَّق إلا من قِبَل شخص على دراية بالقواعد الصحية الصناعية أو علم السموميات. لم تُعِدّ لجنة قيم الحدود العتبية (TLVs) (ACGIH 1994) تلك القيم لاستخدامها أو تعديلها للاستعمال:

- كمؤشر نسبي للخطر أو السمية
- لتقييم تلوث الهواء في المجتمع
- لتقدير مخاطر التعرضات المتواصلة غير المتقطعة أو فترات عمل طويلة أخرى
- لإثبات أو دحض مرض موجود أو حالة بدنية قائمة
- للاعتماد من قِبَل بلدان تختلف ظروف عملها عن ظروف العمل في الولايات المتحدة.

تحذر لجنة قيم الحدود العتبية (TLVs) والمجموعات الأخرى التي تضع حدود التعرض المهني (OELs) من أنه لا ينبغي لتلك القيم «أن تُستخدَم بشكل مباشر» أو تُستقرَأ للتنبؤ بالمستويات الآمنة للتعرض لمواقع تعرض أخرى. ومع ذلك، إذا ما فهم المرء الأساس المنطقي العلمي للمبادئ التوجيهية

والأساليب المناسبة لاستقراء البيانات، فإنه يمكن أن تُستخدَم للتنبؤ بالمستويات المقبولة للتعرض لأنواع مختلفة عديدة من سيناريوهات التعرض وجداول العمل الزمنية (ACGIH 1994; Hickey and Reist 1979).

الفلسفة والأساليب في وضع حدود التعرض

لقد أُعدَّت قيم الحدود العتبية (TLVs) في الأصل لاستخدامها من قِبَل اختصاصيي القواعد الصحية الصناعية فقط، حيث يمكنهم ممارسة حكمهم في تطبيق هذه القيم. إنها لم تُستخدَم لأغراض قانونية (Baetjer 1980)؛ ومع ذلك، وفي عام 1968 أدرج قانون العقود Walsh-Healey في الولايات المتحدة قائمة لقيم الحدود العتبية (TLVs) التي تضمنت 400 مادة كيميائية. عندما أُقِرّ قانون السلامة والصحة المهنيين (OSHA) في الولايات المتحدة اقتضى بأن تكون كافة المعايير معايير إجماع وطنية أو أن توضع معايير فدرالية.

تستند حدود التعرض لملوثات الهواء في مكان العمل إلى فرضية أنه على الرغم من أن كافة المواد الكيميائية سامة عند تركيز ما عندما يتم التعرض لها لفترة من الوقت، فإن ثمة تركيزاً (مثلاً، جرعة) من أجل كافة المواد لا ينبغي أن يحدث عنده أثر ضار مهما تكرر التعرض. تنطبق فرضية مماثلة على المواد التي تقتصر آثارها على التَّهَيُّج أو التَّخَدُّر أو الانزعاج أو أشكال أخرى من التوتر (Stokinger 1981; ACGIH 1994) .

وبالتالي تختلف هذه الفلسفة عن الفلسفة المطبقة على العوامل الفيزيائية كالإشعاع المؤيِّن وبعض المسَرْطنات الكيميائية، حيث من الممكن أنه قد لا يكون ثمة عتبة أو جرعة لا يُتوقَّع عندها أن يكون الخطر صفراً (Stokinger 1981). إن مسألة آثار العتبة موضع جدل حيث العلماء حسنو

السمعة يقفون إلى جانب نظريات العتبة أو ضدها (Seiler 1977; Watanabe et al. 1980, Stott et al. 1981; Butterworth and Slaga 1987; Bailer et al. 1988; Wilkinson 1988)، (Bus and Gibson 1994). بأخذ هذا في الحسبان، فقد وُضعت بعض حدود التعرض المهني المقترحة من قِبَل وكالات تنظيمية في بداية ثمانينيات القرن العشرين بالمستويات التي، رغم أنها لم تكن خالية تماماً من الخطر، شكلت أخطاراً لم تكن أسوأ من الصعق الكهربائي أو السقوط وما إلى ذلك. وحتى في هذه المواقع حيث لا تُستخدَم مواد كيميائية صناعية، فإن الأخطار الإجمالية للإصابات المميتة في مكان العمل كانت حوالي واحد بالألف؛ إن ذلك هو الأساس المنطقي الذي أُستخدِم لتبرير اختيار المعيار النظري لخطر السرطان من أجل وضع قيم الحدود العتبية (TLVs) للمُسَرْطِنات الكيميائية (Rodricks, Brett and Wrenn 1987; Travis et al. 1987).

تُشتَق حدود التعرض المهني التي وُضِعت في الولايات المتحدة وأماكن أخرى من مجموعة متنوعة من المصادر. لقد استندت قيم الحدود العتبية (TLVs) لعام 1968 (التي اعتمدتها إدارة السلامة والصحة المهنيتين (OSHA) في عام 1970 كلوائح فدرالية)، إلى الخبرة البشرية إلى حد كبير؛ وقد يكون هذا الأمر مفاجئاً للعديد من اختصاصيي القواعد الصحية الذين انخرطوا حديثاً في هذه المهمة، حيث يشير ذلك إلى أن وضع حد التعرض في معظم الحالات يأتي بعد أن أُكتشِف أن المادة تسبب للإنسان آثاراً سامة أو تَهيُّجية أو غير مرغوب فيها. كما يمكن توقعه، فإن العديد من الحدود الأكثر حداثة للتعرض للذيفانات الجهازية، لا سيما الحدود الداخلية التي وضعها المُصنِّعون، قد استندت بشكل رئيسي إلى اختبارات علم السموميات التي أُجريت على الحيوان، على النقيض من الانتظار لملاحظة الآثار الضارة لدى العمال المُعرَّضين (Paustenbach and Langner 1986). ومع ذلك، حتى عام

1945، فقد أقرت لجنة قيم الحدود العتبية (TLVs) بأن التجارب على الحيوان قيِّمة جداً وأنها تشكل في الحقيقة المصدر الثاني الأكثر شيوعاً للمعلومات التي تستند إليها هذه المبادئ التوجيهية (Stokinger 1970).

لقد أُقترِحَ العديد من الأساليب لاشتقاق حدود التعرض المهني (OELs) من البيانات المتعلقة بالحيوانات، وأُستخدمت على مدى السنوات الأربعين الماضية. إن النهج المُستخدَم من قِبَل لجنة قيم الحدود العتبية (TLVs) والآخرين لا يختلف بشكل جوهري عن النهج الذي أُستخدِم من قِبَل إدارة الغذاء والدواء (FDA) في الولايات المتحدة لوضع المدخول اليومي المسموح (ADI) للمواد المضافة إلى الأغذية. يمكن لفهم نهج إدارة الغذاء والدواء (FDA) في الولايات المتحدة لوضع حدود التعرض للمواد المضافة إلى الأغذية والملوثات أن يوفر رؤية جيدة لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية المنخرطين في تفسير حدود التعرض المهني (OELs)(Dourson and Stara 1983).

لقد قُدِّمت مناقشات للأساليب المنهجية التي يمكن استخدامها لوضع حدود التعرض في مكان العمل، حيث استندت تلك المناقشات حصرياً إلى البيانات المقلقة بالحيوان (Weil 1972; WHO 1977; Zielhuis and van der Kreek 1979a, 1979b; Calabrese 1983; Dourson and Stara 1983; Leung and Paustenbach 1988a; Finley et al. 1992; Paustenbach 1995)؛ ورغم أن لهذه الأساليب درجة من الشك، إلا أنه يبدو أنها أفضل كثيراً من الاستقراء الكيفي لنتائج الاختبارات الحيوانية والاستخدام على البشر.

لقد أُشتق حوالي 50% من قيم الحدود العتبية (TLVs) الصادرة عام 1968 من البيانات المتعلقة بالإنسان، واشتُق حوالي 30% من البيانات المتعلقة بالحيوان؛ وبحلول عام 1992 أُشتُق حوالي 50% من البيانات المتعلقة بالحيوان. يمكن تصنيف المعايير المُستخدَمة لوضع قيم الحدود العتبية (TLVs) إلى أربع مجموعات: مورفولوجية (شكلية) ووظيفية وكيميائية حيوية (بيولوجية)

ومجموعة متنوعة (الانزعاج، جوانب تجميلية). تُشْتَق معظم قيم الحدود العتبية (TLVs) المستندة إلى البيانات البشرية من الآثار التي لوحظت لدى العمال الذين تعرضوا للمادة سنوات عديدة؛ وبالتالي، إن معظم قيم الحدود العتبية (TLVs) الحالية استندت إلى نتائج مراقبة مكان العمل وجُمِّعت مع المشاهدات النوعية والكمية لاستجابة البشر (Stokinger 1970; Park and Snee 1983) . أما قيم الحدود العتبية (TLVs) في الآونة الأخيرة للمواد الكيميائية الجديدة، فقد استندت بشكل رئيسي إلى نتائج الدراسات على الحيوان بدلاً من الإنسان .(Leung and Paustenbach 1988b; Leung et al. 1988).

من الجدير بالذكر أنه في عام 1968 كان الهدف الرئيسي لـ 50% من قيم الحدود العتبية (TLVs) منع حدوث الآثار السامة الجهازية؛ وإن 40% استندت إلى التَّهَيُّج وهدف 2% إلى الوقاية من السرطان. وبحلول عام 1993 هدفت 50% إلى منع حدوث الآثار الجهازية، و 35% إلى منع حدوث التَّهَيُّج، و 5% إلى الوقاية من السرطان. يتضمن الشكل 30 .10 ملخصاً للبيانات التي غالباً ما تُستخدَم لوضع حدود التعرض المهني (OELs).

الحدود للمُهَيِّجات

قبل عام 1975، استندت حدود التعرض المهني (OELs) المصمَّمة، لمنع حدوث التَّهيُّج على التجارب البشرية بشكل كبير، وقد طُوِّرت منذ ذلك الحين العديد من النماذج المعتمدة على التجارب على الحيوان (Kane and Alarie 1977; Alarie 1981; Abraham et al. 1990; Nielsen 1991). لقد أُستخدِم نموذج آخر مستند إلى الخواص الكيميائية الحيوية (البيولوجية) لوضع حدود التعرض المهني (OELs) بشكل أولي للأحماض والأسس العضوية . (Leung and Paustenbach 1988)

الشكل 30 .10 البيانات التي غالباً ما تُستخدَم لوضع حدود التعر ض المهني (OELs)

الخواص الفيزيائية

- الذوبان في الشحوم
- الذوبان في الماء
- ضغط البخار
- عتبة الرائحة

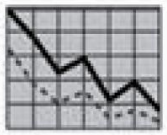
بيانات السمية الحادة

- السمية الناجمة عن الابتلاع، الجرعة القاتلة لنصف عدد حيوانات المختبر (LD 50)
- السمية الناجمة عن الامتصاص عبر الجلد، الجرعة القاتلة لنصف عدد حيوانات المختبر (LD 50)
- تهيُّج الجلد والعينين
- السمية الناجمة عن الاستنشاق، التركيز القاتل لنصف عدد حيوانات المختبر (LC 50).

بيانات الأثر تحت الحاد وتحت المزمن (الابتلاع أو الامتصاص عبر الجلد أو الاستنشاق)

- مستوى الأثر الضار غير الملحوظ (NOEL) لمدة 14 يوماً
- مستوى الأثر الضار غير الملحوظ (NOEL) لمدة 90 يوماً
- مستوى الأثر الضار غير الملحوظ (NOEL) غير الملحوظ لمدة 6 أشهر

بيانات آخرى



- المتعلقة بالنمو (التأثير الماسِخ والسمية للحنين
- التَّطْفيريَّة (اختبار ايمز (Ames)، (ذبابة الفاكهة)
- العقم
- الإنجاب (الجيل الثالث)
- دراسة العكوسية
- اختبار الامتصاص الجلدي
- الحرائك الدوائية
- المقايسَة الحيوية (البيولوجية) (سنتان)

البيانات الوبائية

- حدوث الأمراض (المَراضَة)
- حدوث الوفيات
- تقارير عن الحالات

القواعد الصحية الصناعية بيانات التعرض

- عينات من مكان العمل
- عينات من العمال

بدأت لجنة المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) بالتمييز بين مُسَرْطِنات البشر ومُسَرْطِنات الحيوان، وذلك في قائمة قيم الحدود العتبية (TLVs). ووفقاً لـ Stokinger (1977)، كان أحد أسباب هذا التمييز مساعدة أصحاب المصلحة في المناقشات (ممثلو النقابات والعمال والجمهور) في تسليط الضوء على تلك المواد الكيميائية ذات تعرضات أكثر احتمالية في مكان العمل.

هل توفر قيم الحدود العتبية (TLVs) الحماية الكافية للعمال؟

ابتداءً من عام 1988، أثار العديد من الأشخاص الاهتمام بشأن الكفاية أو حماية الصحة التي توفرها قيم الحدود العتبية (TLVs)؛ حيث كان السؤال المطروح هو، ما النسبة المئوية من العمال المحميين حقاً من الآثار الصحية الضارة عند التعرض لقيم الحدود العتبية (TLVs)؟

أشار كل من Castleman and Ziem (1988, 1989) إلى أن الأساس العلمي للمعايير لم يكن كافياً وأنها صيغت من قِبَل اختصاصيي القواعد الصحية ذوي المصالح الراسخة مع الصناعات التي يجري تنظيمها.

أثارت هذه الأوراق قدراً كبيراً من النقاش سواء المؤيدة أو المعارضة لعمل المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH) (Finklea 1988; Paustenbach 1990a, 1990b, 1990c; Tarlau 1990).

حاول Roach and Rappaport (1990) في دراستهما المتعلقة بالمتابعة التحديد الكمي لهامش السلامة والمصداقية العلمية لقيم الحدود العتبية (TLVs)؛ وخَلُصوا إلى أنه كانت هناك تناقضات خطيرة بين البيانات العلمية

المتاحة والتفسير الوارد في عام 1976 في التوثيق Documentation الذي أصدرته لجنة قيم الحدود العتبية (TLVs)، كما لاحظا أنه من المحتمل أن قيم الحدود العتبية (TLVs) كانت تعكس ما اعتبرته اللجنة واقعياً ويمكن تحقيقه في ذلك الوقت. لقد أجاب المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (AGGIH) على تحاليل هذين الباحثين وتحاليل كل من Castleman و Ziem وأصر المؤتمر على عدم دقة الانتقادات.

على الرغم من أن تحليل Roach و Rappaport وتحليل Ziem و Castleman ستتم مناقشتهما لعدد من السنوات، فمن الواضح أن العملية التي سيتم بواسطتها وضع قيم الحدود العتبية (TLVs) وحدود التعرض المهني (OELs) الأخرى من المحتمل أن لا تكون أبداً كما كانت بين عام 1945 وعام 1990. من المرجح أن يتم في السنوات القادمة توضيح الأساس المنطقي فضلاً عن درجة الخطر المُلازمة لقيم الحدود العتبية (TLVs)؛ ومن المؤكد أيضاً أن تعريف «آمن فعلياً أو «خطر ضئيل» بما يتعلق بالتعرض في مكان العمل سيتغير مع تغير قيم المجتمع (Paustenbach 1995, 1997).

إن درجة التخفيض في قيم الحدود العتبية (TLVs) وحدود التعرض المهني (OELs) التي ستحدث بلا ريب في السنوات المقبلة ستتباين اعتماداً على نوع الأثر الصحي الضار الذي يتعين الوقاية منه (همود الجهاز العصبي المركزي أو السمية الحادة أو الرائحة أو التَّهَيُّج أو الآثار على النمو أو آثار أخرى). من غير الواضح مدى الدرجة التي ستعتمد فيها لجنة قيم الحدود العتبية (TLVs) على نماذج السمية التنبؤية المختلفة، أو ما هي المعايير المتعلقة بالخطر التي ستتبناها ونحن على أبواب القرن الحادي والعشرين.

المعايير وجداول العمل الزمنية غير التقليدية

لا تزال غير مفهومة جيداً درجةُ تأثير نوبة (وردية) العمل على قدرات العامل وطول عمره ووفاته ورفاهه العام. لقد تم اللجوء إلى ما يُدعى بنوبات (ورديات) العمل وجداول العمل الزمنية غير التقليدية في عدد من الصناعات في محاولة للتخلص، أو على الأقل تقليل، بعض المشاكل الناجمة عن نوبة (وردية) العمل العادية التي تتكون من ثلاث نوبات (ورديات) تدوم كل منها ثماني ساعات في اليوم. لقد صُنِّفَ نوع واحد من الجدول الزمني للعمل على أنه غير تقليدي، ألا وهو النوع الذي ينضوي على فترات عمل أطول من ثماني ساعات ويتغير (ينضغط) عدد أيام العمل في الأسبوع (مثلاً؛ يوم عمل يدوم 12 ساعة، ثلاثة أيام في أسبوع العمل). ثمة نوع آخر من الجدول الزمني غير التقليدي للعمل ينطوي على سلسلة من التعرضات القصيرة لعامل كيميائي أو فيزيائي خلال جدول زمني معين للعمل (مثلاً؛ الجدول الزمني حيث يتعرض الشخص لمادة كيميائية لمدة 30 دقيقة لخمس مرات في اليوم مع ساعة واحدة بين التعرضات). أما الفئة الأخيرة من الجدول الزمني غير التقليدي للعمل فهي تلك التي تنطوي على «الحالة الحرجة» حيث يتعرض الأشخاص بشكل متواصل لملوث في الهواء (مثلا؛ المركبة الفضائية، الغواصة).

تعتبر أسابيع العمل المضغوطة نوعاً من الجدول الزمني غير التقليدي للعمل الذي أُستخدِمَ بشكل رئيسي في المواقع التي لا تنضوي على التصنيع؛ إنه يشير إلى الاستخدام بوقت كامل (40 ساعة فعلياً في الأسبوع) ويُنجَز العمل بأقل من خمسة أيام في الأسبوع. يُستخدَم حالياً العديد من الجداول الزمنية المضغوطة، لكن الأكثر شيوعاً هي : (أ) أسابيع عمل لمدة أربعة أيام مع عشرة ساعات في اليوم، و(ب) أسابيع عمل لمدة ثلاثة أيام مع 12 ساعة في

اليوم، و(ج) أسابيع عمل لمدة أربعة أيام ونصف اليوم مع تسع ساعات في أربعة أيام وأربع ساعات في يوم واحد (يوم الجمعة عادة، أو يوم الخميس في البلدان العربية والإسلامية)، و(د) خطة أسابيع العمل لمدة خمسة/أربعة أيام مع تسع ساعات في اليوم مع التناوب على شكل أسبوع عمل لمدة خمسة أيام يليه أسبوع عمل لمدة أربعة أيام (Nollen and Martin 1978; Nollen 1981).

يمثل العاملون وفق الجداول الزمنية غير التقليدية للعمل حوالي 5% من القوى العاملة. يعمل وفق هذه الجداول في الولايات المتحدة حوالي 50.000 إلى 200.000 أمريكي يعملون في الصناعات حيث يوجد فيها تعرض روتيني لمستويات ذات شأن من المواد الكيميائية المنقولة بالهواء؛ ويُعتقد أن النسبة المئوية للعاملين في الصناعات الكيميائية وفق هذه الجداول الزمنية غير التقليدية أكبر مما ذُكر آنفاً (Paustenbach 1994).

نهج واحد لوضع حدود التعرض المهني (OELs) الدولية

كما لاحظ Lundberg (1994) ، فإن كافة اللجان الوطنية تواجه تحدي تحديد نهج علمي مشترك لوضع حدود التعرض المهني (OELs). تعتبر المشاريع الدولية المشتركة مفيدة للأطراف المعنية لأن كتابة وثائق المعايير هي عملية تتطلب وقتاً ومالاً (Paustenbach 1995).

لقد قرر مجلس الوزراء في البلدان الاسكندنافية في 1977 تأسيس مجموعة الخبراء الاسكندنافية (NEG)، حيث كانت مهمتها وضع وثائق معايير لاستخدامها كأساس علمي مشترك لحدود التعرض المهني (OELs) من قِبَل السلطات التنظيمية في البلدان الاسكندنافية الخمسة (الدانمارك وفنلندا وأيسلندا والنرويج والسويد). لقد أدت وثائق المعايير الصادرة عن هذه المجموعة إلى تعريف الأثر الحرج وعلاقات الجرعة - الاستجابة/الجرعة - الأثر؛ أما الأثر الحرج فهو الأثر الضار الذي يحدث عند أقل تعرض. لا يوجد

نقاش بشأن عوامل الأمان ولا يتم اقتراح أي أرقام لحدود التعرض المهني (OELs)، ومنذ عام 1987 تُنشَر سنوياً وثائق المعايير من قِبَل المجموعة في وقت واحد باللغة الإنجليزية.

لقد اقترح Lundberg (1994) نهجاً قياسياً يستخدمه كل بلد، وبناء وثيقة تتصف بالسمات التالية:

- ينبغي للوثيقة القياسية للمعايير أن تعكس المعارف المُحدَّثة كما تقدمها البحوث العلمية.
- يُفضل أن تكون المنشورات المُستخدمَة أوراقاً علمية خاضعة لاستعراض الأقران، على أن تكون متاحة للجمهور على الأقل. ينبغي تفادي الاتصالات الشخصية. إن الانفتاح نحو عامة الناس، لا سيما العمال يقلل من الارتياب الذي تم تناوله في التوثيق الصادر عن المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي القواعد الصحية الصناعية الحكوميين (ACGIH).
- ينبغي أن تتكون اللجنة العلمية من علماء مستقلين من الأوساط الأكاديمية والحكومة؛ وينبغي تمثيل كلاً من أصحاب العمل والعمال إذا ما اقتضى الأمر أن تضم اللجنة ممثلين علميين من سوق العمل.
- ينبغي أن تخضع كافة الدراسات الوبائية والتجريبية للفحص الدقيق تماماً من قِبَل اللجنة العلمية، لا سيما «الدراسات الرئيسية» التي تقدم بيانات بشأن الأثر الحرج؛ كما ينبغي وصف كافة الآثار المشاهدة.
- ينبغي الإشارة إلى إمكانية المراقبة البيئية والحيوية (البيولوجية)؛ ومن الضروري أيضاً الفحص الدقيق تماماً لهذه البيانات، بما في ذلك بيانات الحرائك السمية.

- إذا ما سمحت البيانات، ينبغي ذكر تأسيس علاقات الجرعة – الاستجابة والجرعة - الأثر. ينبغي في الاستنتاجات ذكر مستوى الأثر غير الملحوظ (NOEL) والمستوى الأدنى للأثر الملحوظ (LOEL) لكل أثر مشاهَد. وينبغي، عند الحاجة، تقديم الأسباب بشأن اعتبار أثر معين حدياً؛ وبذلك تؤخذ بالاعتبار الأهمية السمية للأثر.
- على وجه التحديد، ينبغي الإشارة إلى الخواص المُطفِّرة والمُسَرْطِنة والماسخَة، فضلاً عن الآثار الأرَجيَّة (التحسسية) والمناعية.
- ينبغي تقديم قائمة مرجعية لكافة الدراسات التي ذُكرت؛ وإذا ما ذُكر في الوثيقة أنه تم استخدام الدراسات ذات الصلة فقط، فليس ثمة حاجة لتقديم قائمة بالمراجع التي لم تُستخدَم أو لماذا. من ناحية أخرى، قد يكون من الأهمية بمكان إدراج قائمة تتضمن كافة قواعد البيانات التي اُستخدِمَت في البحث العلمي.

ثمة عملياً اختلافات طفيفة فقط في طريقة وضع حدود التعرض المهني (OELs) في بلدان مختلفة تقوم بوضعها؛ ولذلك ينبغي أن يكون من السهل نسبياً الاتفاق على تصميم الوثيقة القياسية للمعايير التي تحتوي على المعلومات الأساسية. ومن هذا المنطلق، فإن القرار المتعلق بحجم هامش السلامة الذي يتم تضمينه الحدود سيكون عندئذ مسألة تتعلق بالسياسة الوطنية.

* * *

المراجع

- Abraham, MH, GS Whiting, Y Alarie et al. 1990. Hydrogen bonding 12. A new QSAR for upper respiratory tract irritation by airborne chemicals in mice. *Quant Struc Activity Relat* 9:6-10.
- Adkins, LE et al. 1990. Letter to the Editor. *Appl Occup Environ Hyg* 5(11):748-750.
- Alarie, Y. 1981. Dose response analysis in animal studies: Prediction of human responses. *Environ Health Persp* 42:9-13.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 1994. *1993-1994 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices.* Cincinnati: ACGIH.
-. 1995. *Documentation of Threshold Limit Values.* Cincinnati: ACGIH.
- Baetjer, AM. 1980. The early days of industrial hygiene: Their contribution to current problems. *Am Ind Hyg Assoc J* 41:773-777.
- Bailer, JC, EAC Crouch, R Shaikh, and D Spiegelman. 1988. One-hit models of carcinogenesis: Conservative or not? *Risk Anal* 8:485-490.
- Bogers, M, LM Appelman, VJ Feron, et al. 1987. Effects of the exposure profile on the inhalation toxicity of carbon tetrachloride in male rats. *J Appl Toxicol* 7:185-191.
- Boleij, JSM, E Buringh, D Heederik, and H Kromhour. 1995. *Occupational Hygiene for Chemical and Biological Agents.* Amsterdam: Elsevier.
- Bouyer, J and D Hémon. 1993. Studying the performance of a job exposure matrix. *Int J Epidemiol* 22(6) Suppl. 2:S65-S71.

- Bowditch, M, DK Drinker, P Drinker, HH Haggard, and A Hamilton. 1940. Code for safe concentrations of certain common toxic substances used in industry. *J Ind Hyg Toxicol* 22:251.
- Burdorf, A. 1995. *Certification of Occupational Hygienists-A Survey of Existing Schemes Throughout the World.* Stockholm: International Occupational Hygiene Association (IOHA).
- Bus, JS and JE Gibson. 1994. Body defense mechanisms to toxicant exposure. In *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, edited by RL Harris, L Cralley and LV Cralley. New York: Wiley.
- Butterworth, BE and T Slaga. 1987. *Nongenotoxic Mechanisms in Carcinogenesis: Banbury Report 25.* Cold Spring Harbor, New York: Cold Spring Harbor Laboratory.
- Calabrese, EJ. 1983. *Principles of Animal Extrapolation.* New York: Wiley.
- Casarett, LJ. 1980. In *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*, edited by J Doull, CD Klaassen, and MO Amdur. New York: Macmillan.
- Castleman, BI and GE Ziem. 1988. Corporate Influence on Threshold Limit Values. *Am J Ind Med* 13(5).
- Checkoway, H and CH Rice. 1992. Time-weighted averages, peaks, and other indices of exposure in occupational epidemiolgy. *Am J Ind Med* 21:25-33.
- ComitéEuropéen de Normalisation (CEN). 1994. *Workplace Atmoshperes-Guidance for the Assessment of Exposure to Chemical Agents for Comparison With Limit Values and Measurement Strategy.* EN 689, prepared by CEN Technical Committee 137. Brussels: CEN.
- Cook, WA. 1945. Maximum allowable concentrations of industrial contaminants. *Ind Med* 14(11):936-946.
-. 1986. *Occupational Exposure Limits-Worldwide.* Akron, Ohio: American Industrial Hygiene Association (AIHA).
- Cooper, WC. 1973. Indicators of susceptibility to industrial chemicals. *J Occup Med* 15(4):355-359.
- Corn, M. 1985. Strategies for air sampling. *Scand J Work Environ Health* 11:173-180.
- Dinardi, SR. 1995. *Calculation Methods for Industrial Hygiene.* New York: Van Nostrand Reinhold.

- Doull, J. 1994. The ACGIH Approach and Practice. *Appl Occup Environ Hyg* 9 (1):23-24.
- Dourson, MJ and JF Stara. 1983. Regulatory history and experimental support of uncertainty (safety) factors. *Regul Toxicol Pharmacol* 3:224-238.
- Droz, PO. 1991. Quantification of concomitant biological and air monitoring results. *Appl Ind Hyg* 6:465-474.
- 1992. Quantification of biological variability. *Ann Occup Health* 36:295-306.
- Fieldner, AC, SH Katz, and SP Kenney. 1921. *Gas Masks for Gases Met in Fighting Fires.* Bulletin No. 248. Pittsburgh: USA Bureau of Mines.
- Finklea, JA. 1988. Threshold limit values: A timely look. *Am J Ind Med* 14:211-212.
- Finley, B, D Proctor, and DJ Paustenbach. 1992. An alternative to the USEPA's proposed inhalation reference concentration for hexavalent and trivalent chromium. *Regul Toxicol Pharmacol* 16:161-176.
- Fiserova-Bergerova, V. 1987. Development of using BEIs and their implementation. *Appl Ind Hyg* 2(2):87-92.
- Flury, F and F Zernik. 1931. *Schadliche Gase, Dampfe, Nebel, Rauch-und Staubarten.* Berlin: Springer.
- Goldberg, M, H Kromhout, P Guénel, AC Fletcher, M Gérin, DC Glass, D Heederik, T Kauppinen, and A Ponti. 1993. Job exposures matrices in industry. *Int J Epidemiol* 22(6) Suppl. 2:S10-S15.
- Gressel, MG and JA Gideon. 1991. An overview of process hazard evaluation techniques. *Am Ind Hyg Assoc J* 52(4):158-163.
- Henderson, Y and HH Haggard. 1943. *Noxious Gases and the Principles of Respiration Influencing their Action.* New York: Reinhold.
- Hickey, JLS and PC Reist. 1979. Adjusting occupational exposure limits for moonlighting, overtime, and environmental exposures. *Am Ind Hyg Assoc J* 40:727-734.
- Hodgson, JT and RD Jones. 1990. Mortality of a cohort of tin miners 1941-1986. *Br J Ind Med* 47:665-676.
- Holzner, CL, RB Hirsh, and JB Perper. 1993. Managing workplace exposure information. *Am Ind Hyg Assoc J* 54(1):15-21.

Houba, R, D Heederik, G Doekes, and PEM van Run. 1996. Exposure sensitization relationship for alpha-amylase allergens in the baking industry. *Am J Resp Crit Care Med* 154(1):130-136.

- International Congress on Occupational Health (ICOH). 1985. Invited lectures of the XXI International Congress on Occupational Health, Dublin. *Scand J Work Environ Health* 11(3):199-206.

- Jacobs, RJ. 1992. Strategies to recognize biological agents in the work environment and possibilities for setting standards for biological agents. IOHA first International Science Conference, Brussels, Belgium 7-9 Dec 1992.

- Jahr, J. 1974. Dose-response basis for setting a quartz threshold limit value. *Arch Environ Health* 9:338-340.

- Kane, LE and Y Alarie. 1977. Sensory irritation to formaldehyde and acrolein during single and repeated exposures in mills. *Am Ind Hyg Assoc J* 38:509-522.

- Kobert, R. 1912. The smallest amounts of noxious industrial gases which are toxic and the amounts which may perhaps be endured. *Comp Pract Toxicol* 5:45.

- Kromhout, H, E Symanski, and SM Rappaport. 1993. Comprehensive evaluation of within-and between-worker components of occupational exposure to chemical agents. *Ann Occup Hyg* 37:253-270.

- LaNier, ME. 1984. *Threshold Limit Values: Discussion and 35 Year Index with Recommendations (TLVs: 1946-81).* Cincinnati: ACGIH.

- Lehmann, KB. 1886. ExperimentelleStudienüber den EinflussTechnisch und HygienischWichtigerGase und Dampfe auf Organismus: Ammoniak und Salzsauregas. *Arch Hyg* 5:1-12.

- Lehmann, KB and F Flury. 1938. *Toxikologie und Hygiene der TechnischenLosungsmittel.* Berlin: Springer.

- Lehmann, KB and L Schmidt-Kehl. 1936. Die 13 Wichtigsten Chlorkohlenwasserstoffe der FettreihevomStandpunkt der Gewerbehygiene. *Arch Hyg Bakteriol* 116:131-268.

- Leidel, NA, KA Busch, and JR Lynch. 1977. *NIOSH Occupational Exposure Sampling Strategy Manuel.* Washington, DC: NIOSH.

- Leung, HW and DJ Paustenbach. 1988a. Setting occupational exposure limits for irritant organic acids and bases based on their equilibrium dissociation constants. *Appl Ind Hyg* 3:115-118.

-. 1988b. Application of pharmokinetics to derive biological exposure indexes from threshold limit values. *Amer Ind Hyg Assoc J* 49:445-450.

- Leung, HW, FJ Murray and DJ Paustenbach. 1988. A proposed occupational exposure limit for 2, 3, 7, 8 - TCDD. *Amer Ind Hyg Assoc J* 49:466-474.

- Lundberg, P. 1994. National and international approaches to occupational standard setting within Europe. *Appl Occup Environ Hyg* 9:25-27.

- Lynch, JR. 1995. Measurement of worker exposure. In *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, edited by RL Harris, L Cralley, and LV Cralley. New York: Wiley.

- Maslansky, CJ and SP Maslansky. 1993. *Air Monitoring Instrumentation.* New York: Van Nostrand Reinhold.

- Menzel, DB. 1987. Physiological pharmacokinetic modelling. *Environ Sci Technol* 21:944-950.

- Miller, FJ and JH Overton. 1989. Critical issues in intra-and interspecies dosimetry of ozone. In *Atmospheric Ozone Research and Its Policy Implications*, edited by T Schneider, SD Lee, GJR Wolters, and LD Grant. Amsterdam: Elsevier.

- National Academy of Sciences (NAS) and National Research Council (NRC). 1983. *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process.* Washington, DC: NAS.

- National Safety Council (NSC). 1926. *Final Report of the Committee of the Chemical and Rubber Sector on Benzene.* Washington, DC: National Bureau of Casualty and Surety Underwriters.

- Ness, SA. 1991. *Air Monitoring for Toxic Exposures.* New York: Van Nostrand Reinhold.

- Nielsen, GD. 1991. Mechanisms of activation of the sensory irritant receptor. *CRC Rev Toxicol* 21:183-208.

-Nollen, SD. 1981. The compressed workweek: Is it worth the effort? *Ing Eng* :58-63.

- Nollen, SD and VH Martin. 1978. *Alternative Work Schedules. Part 3: The Compressed Workweek.* New York: AMACOM.

- Olishifski, JB. 1988. Administrative and clinical aspects in the chapter Industrial Hygiene. In *Occupational Medicine: Principles*

and Practical Applications, edited by C Zenz. Chicago: Year Book Medical.

- Panett, B, D Coggon, and ED Acheson. 1985. Job exposure matrix for use in population based studies in England and Wales. *Br J Ind Med* 42:777-783.

- Park, C and R Snee. 1983. Quantitative risk assessment: State of the art for carcinogenesis. *Fund Appl Toxicol* 3:320-333.

- Patty, FA. 1949. *Industrial Hygiene and Toxicology*. Vol. II. New York: Wiley.

- Paustenbach, DJ. 1990a. Health risk assesment and the practice of industrial hygiene. *Am Ind Hyg Assoc J* 51:339-351.

-. 1990b. Occupational exposure limits: Their critical role in preventative medicine and risk management. *Am Ind Hyg Assoc J* 51:A332-A336.

-. 1990c. What Does the Risk Assessment Process Tell us about the TLVs? Presented at the 1990 Joint Conference on Industrial Hygiene. Vancouver, BC, 24 October.

-. 1994. Occupational exposure limits, pharmacokinetics, and unusual workshifts. In *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*. Vol. IIIa (4th edn.). New York:Wiley.

-. 1995. The practice of health risk assessment in the United States (1975-1995): How the US and other countries can benefit from that experience. *Hum Ecol Risk Assess* 1:29-79.

-. 1997. OSHA's program for updating the permissible exposure limits (PELs): Can risk assessment help "move the ball forward"? *Risk in Perspectives* 5(1):1-6. Harvard University School of Public Health.

- Paustenbach, DJ and RR Langner. 1986. Setting corporate exposure limits: State of the art. *Am Ind Hyg Assoc J* 47:809-818.

- Peto, J, H Seidman, and IJ Selikoff. 1982. Mesothelioma mortality in asbestos workers: implications for models of carcinogenesis and risk assessment. *Br J Cancer* 45:124-134.

- Phthisis Prevention Committee. 1916. *Report of Miners*. Johannesburg: Phthisis Prevention Committee.

- Post, WK, D Heederik, H Kromhout, and D Kromhout. 1994. Occupational exposures estimated by a population specific job-

exposure matrix and 25-year incidence rate of chronic non-specific lung disease (CNSLD): The Zutphen Study. *EurResp J* 7:1048-1055.

- Ramazinni, B. 1700. *De Morbis Atrificum Diatriba [Diseases of Workers]*. Chicago: The Univ. of Chicago Press.

- Rappaport, SM. 1985. Smoothing of exposure variability at the receptor: Implications for health standards. *Ann Occup Hyg* 29:201-214.

-. 1991. Assessment of long-term exposures to toxic substances in air. *Ann OccupHyg* 35:61-121.

-. 1995. Interpreting levels of exposures to chemical agents. In *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, edited by RL Harris, L Cralley, and LV Cralley. New York: Wiley.

- Rappaport, SM, E Symanski, JW Yager, and LL Kupper. 1995. The relationship between environmental monitoring and biological markers in exposure assessment. *Environ Health Persp* 103 Suppl. 3:49-53.

- Renes, LE. 1978. The industrial hygiene survey and personel. In *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, edited by GD Clayton and FE Clayton. New York: Wiley.

- Roach, SA. 1966. A more rational basis for air sampling programmes. *Am Ind Hyg Assoc J* 27:1-12.

-. 1977. A most rational basis for air sampling programmes. *Am Ind Hyg Assoc J* 20:67-84.

- Roach, SA and SM Rappaport. 1990. But they are not thresholds: A critical analysis of the documentation of threshold limit values. *Am J Ind Med* 17:727-753.

- Rodricks, JV, A Brett, and G Wrenn. 1987. Significant risk decisions in federal regulatory agencies. *Regul Toxicol Pharmacol* 7:307-320.

- Rosen, G. 1993. PIMEX-combined use of air sampling instruments and video filming: Experience and results during six years of use. *Appl Occup Environ Hyg* 8(4).

- Rylander, R. 1994. Causative agents for organic dust related disease: Proceedings of an international workshop, Sweden. *Am J Ind Med* 25:1-11.

- Sayers, RR. 1927. Toxicology of gases and vapors. In *International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry and Toxicology*. New York: McGraw-Hill.
- Schrenk, HH. 1947. Interpretation of permissible limits. *Am Ind Hyg Assoc Q* 8:55-60.
- Seiler, JP. 1977. Apparent and real thresholds: A study of two mutagens. In *Progress in Genetic Toxicology*, edited by D Scott, BA Bridges, and FH Sobels. New York: Elsevier Biomedical.
- Seixas, NS, TG Robins, and M Becker. 1993. A novel approach to the characterization of cumulative exposure for the study of chronic occupational disease. *Am J Epidemiol* 137:463-471.
- Smith, RG and JB Olishifski. 1988. Industrial toxicology. In *Fundamentals of Industrial Hygiene*, edited by JB Olishifski. Chicago: National Safety Council.
- Smith, TJ. 1985. Development and application of a model for estimating alveolar and interstitial dust levels. *Ann Occup Hyg* 29:495-516.
- 1987. Exposure assessment for occupational epidemiology. *Am J Ind Med* 12:249-268.
- Smyth, HF. 1956. Improved communication: Hygienic standard for daily inhalation. *Am Ind Hyg Assoc Q* 17:129-185.
- Stokinger, HE. 1970. Criteria and procedures for assessing the toxic responses to industrial chemicals. In *Permissible Levels of Toxic Substances in the Working Environment.* Geneva: ILO.
-. 1977. The case for carcinogen TLV's continues strong. *Occup Health Safety* 46 (March-April):54-58.
-. 1981. Threshold limit values: Part I. *Dang Prop Ind Mater Rep* (May-June):8-13.
- Stott, WT, RH Reitz, AM Schumann, and PG Watanabe. 1981. Genetic and nongenetic events in neoplasia. *Food Cosmet Toxicol* 19:567-576.
- Suter, AH. 1993. Noise and conservation of hearing. In *Hearing Conservation Manual*. Milwaukee, Wisc: Council for Accreditation in Occupational Hearing Conservation.
- Tait, K. 1992. The Workplace Exposure Assessment Expert System (WORK SPERT). *Am Ind Hyg Assoc J* 53(2):84-98.

- Tarlau, ES. 1990. Industrial hygiene with no limits. A guest editorial. *Am Ind Hyg Assoc J* 51:A9-A10.
- Travis, CC, SA Richter, EA Crouch, R Wilson, and E Wilson. 1987. Cancer risk management: A review of 132 federal regulatory decisions. *Environ Sci Technol* 21(5):415-420.
- Watanabe, PG, RH Reitz, AM Schumann, MJ McKenna, and PJ Gehring. 1980. Implications of the mechanisms of tumorigenicity for risk assessment. In *The Scientific Basis of Toxicity Assessment*, edited by M Witschi. Amsterdam: Elsevier.
- Wegman, DH, EA Eisen, SR Woskie, and X Hu. 1992. Measuring exposure for the epidemiologic study of acute effects. *Am J Ind Med* 21:77-89.
- Weil, CS. 1972. Statistics versus safety factors and scientific judgment in the evaluation of safety for man. *Toxicol Appl Pharmacol* 21:454-463.
- Wilkinson, CF. 1988. Being more realistic about chemical carcinogenesis. *Environ Sci Technol* 9:843-848.
- Wong, O. 1987. An industry wide mortality study of chemical workers occupationally exposed to benzene. II Dose-response analyses. *Br J Ind Med* 44:382-395.
- World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. *Our Common Future.* Brundtland Report. Oxford: OUP.
- World Health Organization (WHO). 1977. *Methods used in Establishing Permissible Levels in Occupational Exposure to Harmful Agents.* Technical Report No. 601. Geneva: International Labour Organization (ILO).
- 1992a. *Our Planet, Our Health.* Report of the WHO Commission on Health and Environment. Geneva: WHO.
- 1992b. *Occupational Hygiene in Europe: Development of the Profession.* European Occupational Health Series No. 3. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Zielhuis, RL and van der FW Kreek. 1979a. Calculations of a safety factor in setting health based permissible levels for occupational exposure. A proposal. I. *Int Arch Occup Environ Health* 42:191-201.
- Ziem, GE and BI Castleman. 1989. Threshold limit values: Historical perspective and current practice. *J Occup Med* 13:910-918.

OTHER RELEVANT READINGS

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 1988. *ACGIH-TLV Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1988-1989.* Cincinnati: ACGIH.
- 1991. *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, 1990-1991*. Cincinnati: ACGIH.
- Atherly, GA. 1985. Critical review of time-weighted average as an index of exposure and dose, and of its key elements. *Am Ind Hyg Assoc J* 46:481-487.
- Centre of International Projects. 1982. *English-Russian Glossary of Selected Terms in Preventive Toxicology.* Moscow: United Nations Environmental Programme (UNEP).
- Firenze, RJ. 1973. *Guide to Occupational Safety and Health Management.* Dubuque, Ind: Hunt Publishing.
- Hickey, JLS and PC Reist. 1977. Application of occupational exposure limits to unusual work schedules. *Am Ind Hyg Assoc J* 38:613-621.
- Magnuson, HI. 1965. Soviet and American standards for industrial health. *Arch Environ Health* 10:542-545.
- National Safety Council (NSC). 1988a. *Accident Prevention Manual for Industrial Operations.* Washington, DC: NSC.
- 1988b. *Fundamentals of Industrial Hygiene*. Washington, DC: NSC.
- Sayers, RR and JM DalleValle. 1935. Prevention of occupational diseases other than those that are caused by toxic dust. *Mech Eng* 57:230-234.
- US Department of Labor. 1972. *OSHA General Industry-Safety and Health Standards 29 CFR 1910.*Washington,DC: US Department of Labor.
- Zielhuis, RL and van der FW Kreek. 1979b. Calculations of a safety factor in setting health based permissible levels for occupational exposure. A proposal. II. Comparison of extrapolated and published permissible levels. *Int Arch Occup Environ Health* 42:203-215.