

IAEA

الوكالة الدولية للطاقة الذرية



الحدّ من المخاطر
الناجمة عن المصادر
في الاستخدامات الطبية



المصادر المشعّة
المختومة

في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٠، استهل أحد العمال تشغيل كاشف إشعاعي وهو في طريقه إلى مكان عمله في محطة قوى نووية فرنسية. وخشية أن يكون العامل قد لُوّث بشكل ما في المحطة، أُجري فحص دقيق لمعرفة ما إذا كان قد لحقه تلوث. أما نتائج الفحص فقد أثارت قلقاً ليس في فرنسا فحسب، بل في مختلف أرجاء العالم أيضاً. فالعامل نفسه لم يلوّث، إلا أن أجزاء من سوار ساعته اليدوية المعدني وُجِدَت بأنها مشعّة. وكشف مزيد من التحليل أن الدبابيس الفولاذية الموجودة في السوار كانت ملوثة بآثار من الكوبالت-٦٠، وهو شكل مشعّ من أشكال الكوبالت.

وكانت ساعات من هذا القبيل قد استوردت من هونغ كونغ حيث جرى تجميع أجزائها. وفي وقت لاحق، أرجع مصدر التلوّث إلى محطة صغيرة في الصين كانت قد وفّرت الفولاذ المستخدم في دبابيس السوار. ويُعتقد أن رأس جهاز للعلاج عن بعد، وهو جهاز يُستخدم في العلاج الإشعاعي لمرضى السرطان، كان قد صُهر دون قصد باعتباره من الخردة الموجودة في المحطة المذكورة. وقد بيعت الساعات في فرنسا من خلال أحد المخازن الكبرى المتعددة الجنسيات، مما أثار المخاوف حيال إمكانية أن تكون الساعات معروضة أيضاً للبيع في أوروبا وآسيا وأمريكا الجنوبية. ولحسن الحظ لم يظهر استقصاء أجرته الهيئات الرقابية النووية في مختلف أرجاء العالم وجود أية ساعات مماثلة قيد التوزيع. غير أنه لو لم يتم كشف ساعة واحدة ملوثة في محطة نووية فرنسية لكان عديد من الناس قد تعرّضوا لتلقّي جرعات إشعاعية ضعيفة. وربما ما كانت قد اكتشفت على الإطلاق كمية الفولاذ البالغة مائة كيلوغرام التي عثُر عليها في محطة في الصين وكان من الممكن أن تُستخدم تلك الكمية في صنع منتجات استهلاكية أخرى.

وتُستخدم المصادر المشعّة المختومة على نطاق واسع في مجالات الطب والصناعة والزراعة. وعندما تُستخدم تلك المصادر للأغراض التي صُمّمت من أجلها، فإن فيها منافع بعيدة الأثر. وعندما تُفقد تلك المصادر أو تجد طريقها إلى أيدي غير مدربة، يمكن أن تكون العواقب

المُترتبة على ذلك هي الأخرى بعيدة الأثر بالقدر نفسه، بل مميتة للأسف. فكيف يمكن الحيلولة دون فقدانها أو سرقتها أو وقوع حوادث متصلة بها؟ وكيف يمكن كشف المواد الملوثة قبل أن تجد طريقها إلى المنتجات الاستهلاكية وغيرها من المنتجات؟

وفي معظم البلدان، يتم إخضاع المواد المشعة والأنشطة التي تولّد إشعاعات للرقابة. ويلزم من يتعاملون مع المصادر المشعة المختومة بالألا يكون لديهم إذنٌ بذلك على النحو الواجب فحسب، بل أن يتوافر لديهم أيضاً التدريب والدعم بما يلزم التصدي للظروف غير المتوقعة التي قد تنشأ عند استخدام أحد المصادر. وعلى الرغم من تلك التدابير، ما زالت تقع حوادث في هذا الصدد. ويتم إبلاغ الوكالة الدولية للطاقة الذرية (الوكالة) عن حالات الإصابة الخطيرة أو التي تتهدّد الحياة الناجمة عن التعرّض المفرط للإشعاعات.

ومن بين العديد من الأنشطة التي تضطلع بها الوكالة من أجل تحسين أمان المصادر المختومة، فإنها تواصل استقصاء الأسباب الجذرية للحوادث الرئيسية التي وقعت منذ ثمانينات القرن الماضي وتنتشر الاستنباطات التي تخلص إليها كي يمكن للأخريين الاستفادة من الدروس التي توفّرها. وثمة شواغل متنامية في الوقت الحاضر حيال إمكانية أن يسرق مصدر مخزون خزاناً غير آمن وأن يستخدم كجهاز تشتيت مشعّ. ومن أجل تحسين أمان وأمن المصادر في أن معاً، يلزم أن تمسك بمهمة الإعلام أيدي الأشخاص الذين تستطيع أفعالهم وقراراتهم الحيلولة في المقام الأول دون فقدان مصدر من المصادر.

ويؤمل أن يزود هذا الكتيب من يستخدمون المصادر في المجالات الطبية بما يلزمهم من معلومات وأن تفضي هذه المعلومات، بالتالي، إلى الحدّ من الحوادث والإصابات الناجمة عن المصادر المشعة المختومة وإلى تحسين أمن هذه المصادر.

الاستفادة من الدروس

ما يلي ليس إقلاّة من الحوادث التي وقعت في السنوات العشرين الأخيرة حيث أفضى حدوث زلاّت في إتباع الممارسات الجيدة، أو وقوع أخطار بشرية، أو الافتقار إلى المعارف إلى إصابات خطيرة وحالات وفاة.

وقد كشف استعراض تعقّب الأسباب الجذرية لتلك الحوادث عن تماثل مثير للقلق فيما بينها.

حادثة إشعاعي خطير في تركيا

حدث في أنقرا، بتركيا، في عام ١٩٩٣، أن ثلاثة مصادر مهمة تابعة لجهاز علاج عن بعد يستخدم الكوبالت -٦٠ قد وضعت في طرود من أجل إعادة تصديرها إلى الولايات المتحدة. ولم تُصدّر تلك المصادر فوراً، إنما خزنت دون إذن من الهيئة الرقابية في مبنى الشركة المعنية. وعلى مرّ الزمن، أخذ طردان من تلك الطرود إلى اسطنبول ونُقلا في نهاية الأمر إلى مبنى خالٍ لم يكن آمناً. وفي تشرين الثاني/نوفمبر ١٩٩٨، بيع هذا المبنى وقام المالكون الجدد ببيع الطردين على أنهما خرده معدنية إلى أخوين. وبحلول كانون الأول/ديسمبر ١٩٩٨، كان الأخوان قد نقلوا الطردين إلى منزل أسرتهما وأخذا يفكّكان الحاويتين الواقيتين للطردين على مدى فترة استغرقت أياماً قلائل إلى أن أصبحا ومعهما آخرون مرضى بالغثيان والتقيؤ. ويبدو أنه عند مرحلة معيّنة من المراحل كانت قد تركت في منطقة سكنية قطع من الحاويتين المفكّكتين وكذلك مصدر واحد غير مدرّع على الأقل تمهيداً لنقلها إلى ساحة خرده محلية. وبحلول الوقت الذي اشتبه فيه الأطباء بأن يكون التعرّض للإشعاعات، وليس التسمّم عن طريق الأغذية، هو السبب في الإصابة بالغثيان والتقيؤ، كان ما مجموعه ١٨ شخصاً قد أدخلوا المستشفى. وأظهر عشرة من هؤلاء الأشخاص أعراضاً تدلّ على الإصابة بمتلازمات إشعاعية خطيرة. وكان من الضروري إبقاء خمسة منهم في المستشفى لفترة ٤٥ يوماً. وقد قامت السلطات المعنية

رؤوس تالفة من جهاز علاج عن بعد (الوكالة).



باستعادة مصدر واحد من ساحة الخرذة قبل أن يجري صهره. ولم يتم إلى يومنا هذا استعادة المصدر الثاني الذي أفيد بأنه كان موجوداً في أحد الطردين.

وإن عدم إسباغ أمن وافٍ على المصادر وعدم القيام على نحو وافٍ بعمليات تدقيق دورية في رصد الطرود المحتوية على نفايات كانا العاملين الرئيسيين اللذين ساهما في إفساح المجال أمام عملية البيع دون إذن كي تأخذ مجراها. وعدم معرفة من حاولوا تفكيك المصدر لرمز الوريقات الثلاث الملصق على المصدر كان هو الآخر العامل المهمّ في كثرة عدد الأشخاص الذي تضرّروا بهذا الحادث. وعدم التصرف على نحو ملائم في نفايات المصادر فور أن أصبحت مهملّة هو السبب الجذري للمشكلة.

وفيات متعدّدة في تايلندا

وقع في ساموت براكارن، بتايلندا، في شباط/فبراير ٢٠٠٠، حادث خطير أسفر عن وفيات وإصابات وإشاعة حالة من القلق على نطاق واسع. فقد كان يجري خزن مصدر مهمل تابع لجهاز علاج عن بعد يستخدم الكوبالت-٦٠، دون معرفة أو إذن من الهيئة الرقابية على ما يبدو، في مبنى غير آمن قائم في العراق عادة ما كان يُستخدم لخزن السيارات الجديدة. وزُعم أن اثنين من جامعي الخرذة المحليين قد اشتريا بعض الخرذة بما فيها المصدر فأخذه إلى المنزل من أجل تفكيكه وإعادة بيعه. ثم أخذوا في وقت لاحق رأس جهاز العلاج عن بعد المُفكّك جزئياً إلى ساحة خرذة حيث قام موظف بتقطيع التدريع الواقي للمصدر بمشعل يعمل بمزيج من الأكسجين والأسيتيلين. والأشخاص الذين كانوا في المكان المجاور عندما تم تقطيع التدريع الواقي أخذوا يعانون من الغثيان والتقيؤ. أما الأشخاص اللذين قاموا بلمس بعض أجزاء من المعدن المعرض للإشعاعات أخذوا يعانون من إصابات على شكل حروق. وازدادت هذه الأعراض سوءاً خلال فترة أيام. ولم يبدأ بعض الأشخاص منهم إلا بعد عشرة أيام لاحقاً بالتماس العلاج الطبي للأعراض التي ظهرت عليهم. وبحلول الوقت الذي أفادت فيه السلطات الطبية عن اشتباهاها بوقوع حادث إشعاعي كان قد مضى زهاء ١٧ يوماً. وأسفر هذا الحادث

عن إصابات إشعاعية لحقت بعشرة أشخاص منهم ثلاثة لاقوا حتفهم في غضون الشهرين الأولين من الحادث على الرغم مما قدّم إليهم من علاج طبي. وتعرّض للإشعاعات زهاء ١٨٧٠ شخصاً يعيشون في نطاق ١٠٠ متر من ساحة الخرّدة، وقد التمس عديد منهم الاعتناء بهم طبيياً. وتعكف وزارة الصحة على رصد حالة نحو ٢٥٨ شخصاً من أولئك الأشخاص الذين يعيشون في نطاق ٥٠ متراً من ساحة الخرّدة لمعرفة العواقب الصحية الناجمة عن الحادث على المدى الطويل.

وكشفت الاستقصاءات التي أجريت أن السبب الجذري للحادث هو إخفاق الجهة المسؤولة عن المصدر المهمل في المحافظة على خزنه خزناً آمناً. بيد أنه، كما في الأمثلة السابقة، لو عرف من اقتنوا رأس جهاز العلاج عن بعد الرمز الإشعاعي (أي رمز الوريقات الثلاث) لما كانوا قد حاولوا تفكيكه ولما كانوا تعرّضوا للإشعاعات.



الاستخدامات الطبية الشائعة للمصادر المشعّة المختومة

عادة ما تكون المصادر المختومة المستخدمة في التطبيقات الطبية

ذات إشعاعات بالغة القوة. ولهذا فإنها تنطوي على احتمالات التسبّب في إصابات خطيرة وتهدّد الحياة.

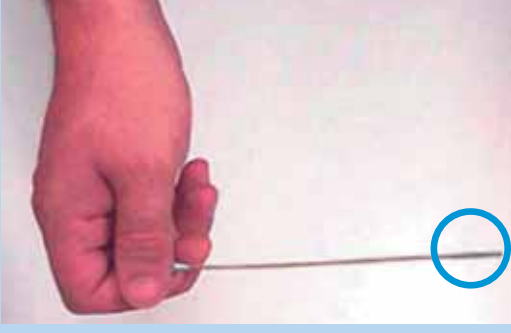
وتُستخدم المصادر المشعّة المختومة في عدّة تطبيقات طبية لتشخيص الأمراض وعلاجها. وأحد أكثر الاستخدامات شيوعاً هو العلاج عن بعد الذي يوصل جرعات من الإشعاعات على نحو مُحدّد بدقّة إلى مواضع من الجسم محدّدة أيضاً بدقّة. ويشيع في العلاج عن بعد استخدام الكوبالت-٦٠ باعتباره مصدر الإشعاعات، علماً بأن بعض الأجهزة الأقدم عهداً قد تستخدم السيزيوم-١٣٧. ويمكن استخدام أجهزة العلاج عن بعد على نحو مأمون وفعال للقضاء على الأورام، إلا أنه، لكي تقوم الأجهزة بذلك، لا بد من تركيبها ومعايرتها وصيانتها على النحو الملائم وينبغي ألا يستخدمها إلا موظفون متمرّسون تحت إشراف أخصائي في العلاج الإشعاعي للأورام. وربما لزم الأمر أيضاً تغيير المصادر بانتظام. ولا يمكن تغيير أي مصدر إلا من قبل مورّد

مصادر مُرخص له. والخيار المفضل على خيار التصرف الإضافي في المصادر المهملة هو أن تُعاد هذه المصادر إلى المورد المعني. وإذا لم يكن ذلك ممكناً، وجب نقل المصادر المهملة إلى منظمة مأذون لها بالتصرف في النفايات المشعة وذلك لخرن تلك المصادر والتخلص منها نهائياً.

وحدة جهاز للعلاج الإشعاعي عن بعد - تعمل بالكوبالت-٦٠
البالغة شدته ٥٠٠ تيرابكريل (الوكالة).



والتشيع الداخلي هو أحد الاستخدامات الطبية الأخرى الشائعة للمصادر المشعة المختومة. وخلافاً للعلاج عن بعد، يكون المصدر المشع في التشيع الداخلي على اتصال مباشر مع المريض، إذ يُولج داخل الورم إما مباشرة من قبل فريق جراحي أو عن بعد باستخدام أجهزة خاصة. ومن أجل الحدّ من مخاطر تعرّض المرضى والموظفين الطبيين على السواء للإشعاعات، يتواتر استخدام تحميل الإشعاعات عن بعد بكثير من غيره. وبالإضافة إلى التدابير الروتينية الرامية إلى الحدّ من مخاطر تعرّض المرضى والعاملين في مجال الرعاية الصحية على السواء للإشعاعات، نظراً لضرورة زرع مصادر التشيع الداخلي، لا بد من الحرص على ألا يُترك أي مصدر مزروعاً عقب إجراء العلاج. ويتوقّف على مواصفات المنتجين ما إذا كان يلزم استبدال بعض مصادر التشيع الداخلي كل فترة تتراوح بين ١٠ سنوات و ١٥ سنة. وهذا يستلزم ليس فقط وجود إجراءات ملائمة للوقاية من الإشعاعات أثناء عمليات الاستبدال والنقل، بل أيضاً وجود إجراءات ومرافق ملائمة بما يكفل التخلص الدائم من جميع مصادر التشيع الداخلي المهملة.



مثال للعلاج بالتشعيع الداخلي ظاهر في مطباق يعمل بالراديووم سبق استخدامه في إدخال دواء إلى المسالك الأنفية لمريض من أجل تقليص الأنسجة الالتهابية. وتحتوي كبسولة معدن المونيل الصغيرة الظاهرة في الطرف الأيمن من المطباق على زهاء ١٨٨ جيمابكريل (أي ٥٠ ميليكوري) من الراديووم-٢٢٦. تشكر على تقديم الصورة مع حفظ حقوقها في التأليف والنشر ١٩٩٩: جامعات أوك ريدج المتحدة.

الحيلولة دون فقدان المصادر وسرقتها

في حين يحدّ توافر التدريب والخبرة الملائمين من مخاطر التعرّض للإشعاعات عند استخدام المصادر المشعّة المختومة، تعود الغالبية العظمى من الحوادث الخطيرة إلى مصادر كانت قد فُقدت أو سُرقت. ويمكن أن تحدّ الممارسات والإجراءات التنفيذية الجيدة من حوادث كهذه عن طريق الحيلولة في المقام الأول دون أن يصبح مصدر من المصادر مفقوداً أو مسروقاً، وذلك بإتباع ما يلي:

■ المحافظة على سجلات ملائمة لتدوين المعلومات عن جميع المصادر الإشعاعية، بما في ذلك النظائر والأنشطة والمنتجين وأسماء الأشخاص المسؤولين.

■ إنشاء نظام فعّال لحصر جميع المصادر، بما في ذلك ما يلي: إجراء جرد مادي دوري للمخزون للتأكد من أماكن المصادر، والقيام بفحص منتظم لجميع المصادر المخزونة في حاويات، وتسجيل حركة انتقال المصادر بما يكفل تعقبها عند سحبها من الخزن، أو أثناء استخدامها، أو عند إعادتها.

■ صيانة وخدمة المعدّات بانتظام حسبما يوصي المنتج.

■ تأمين جميع المصادر للحيلولة دون سرقتها.

التشعيع الداخلي

- الاحتفاظ بحاوية مدرّعة في منطقة العلاج أثناء عملية الاستخدام وذلك لإيواء المصدر المختوم على نحو مأمون فيما إذا ما نُزِع عرضاً من جسم المريض.
- مراعاة الحرص عند استخدام مصدر ما في مطباق لضمان إغلاقه أو تغطيته على نحو آمن.
- خياطة الإبر المشعّة التي تُدخِل في جسم المريض للحيلولة دون انفلاتها أثناء العمل بها.
- التأكّد من تساوي عدد المصادر المنزوعة من جسم المريض مع عدد المصادر المُدخلة فيه.
- رصد الإشعاعات بمقياس مسحي يحدّد معدل الجرعات بعد استكمال العلاج لضمان عدم بقاء أي مصدر في جسم المريض، أو منطقة العلاج، أو أجنحة المستشفيات.
- إذا لم يتم حصر المصادر، يجب رصد الضمّادات وإفرازات المريض لمعرفة ما إذا كانت ثمة مصادر مشعّة، وذلك قبل التخلّص منها.
- إذا تعدّر مع ذلك حصر أحد المصادر، يجب رصد جميع الحاويات (مثل صناديق الضمّادات الملوّثة، وسلال الملابس المُعدّة للغسل، وما إلى ذلك) القادمة من أجنحة العلاج وذلك لتحديد النشاط الإشعاعي. وإذا لزم الأمر، يجب رصد المسالك المحتملة الممتدة من غرف العلاج إلى المساحات المُعدّة لتجميع الملابس المُراد غسلها أو لتجميع النفايات أو رصد أي مناطق محتملة أخرى وذلك للبحث عما يشير إلى وجود نشاط إشعاعي.
- يجب إعادة المصادر إلى مخازنها في أقرب وقت ممكن بعد استخدامها، وذلك باستعمال حاوية مدرّعة للنقل.

التخطيط لحالات الطوارئ

ينبغي لجميع مستعملي المصادر المشعة المختومة اعتماد خطط طوارئ تتيح التصدي لحالات الطوارئ من قبيل إتلاف مصدر أو فقدانه أو سرقاته. وينبغي أن ترد في هذه الخطط تفاصيل تبيّن المسؤول ومن يجب الاتصال به وكيفية الحصول على مساعدة خارجية للتصدي لحالات الطوارئ المعنية.

التصرف في النفايات

أي مصدر مشعّ مختوم مهمل هو بمثابة حادث من المنتظر أن يقع، هذا إذا كان المصدر غير مخزون خزناً آمناً، أو لم يكن مكيفاً، أو لم يتم التخلص منه على النحو الملائم. وعندما لا يُعد مصدر ما يخدم غرضاً مفيداً، ينبغي التخلص منه على نحو دائم إذا كان ذلك مجدياً. ولا يُعدّ من قبيل الممارسة الجيدة الاحتفاظ بالمصادر القديمة لمجرد استخدامها في حالات معيّنة (مثل استخدامها لمساندة مصدر جار استخدامه، وما إلى ذلك). وغالباً ما تُنسى هذه المصادر ولا تُخضع لاختبارات التسرب على النحو الملائم وقد تُفقد أو تُسرق في نهاية المطاف. والمصادر التي لا تُعد قيد الاستخدام ينبغي نقلها إلى المرفق الوطني المعني بمعالجة النفايات المشعة (أي الجهة المشغلة المعنية بالنفايات).

وقد يكون الخزن المؤقت مقبولاً في الحالات التالية: إذا كان المرفق آمناً على نحو يحول دون فقدان المصدر أو سرقاته؛ وتم تكييف المصدر على النحو الملائم بما يكفل تحسين تدريعه واستقراره؛ وتم على النحو الملائم إعداد سجلات وإجراء تدقيقات مادية دورية بشأن المصادر الموجودة في الخزن المؤقت. بيد أن الخزن المؤقت الآمن قد لا يكون مجدياً في مستشفى أو مرفق طبي آخر. ونظراً لإمكانية أن يُسرق مصدر كهذا، يجب ضمان أمنه على نحو جيد.

وعندما لا يُعد لمصدر ما أي نفع، ينبغي إخطار الهيئة الرقابية بذلك ووضع ترتيبات للتصرف فيه بإحدى طريقتين:

■ إما إعادة المصدر إلى المنتج للتخلص منه متى كان ذلك مجدياً؛

■ أو التخلص من المصدر في مرفق مُرخص له بالتخلص من النفايات.

وحيثما لا يكون ممكناً تحقيق أي من هذين الخيارين، تُتخذ الإجراءات التالية:

ينبغي تكييف المصدر وخرنه خزناً آمناً في مرفق مُرخص له من جانب الهيئة الرقابية بالمعالجة والخرن المؤقتين للنفايات.

حتى وإن كان المصدر المهمل يحتويه رأس جهاز للعلاج عن بعد، يلزم تكييفه لغرض التصرف فيه تصرفاً مأموناً. ويوصى بأن تُعاد المصادر المهملة التابعة لجهاز العلاج عن بعد إلى المنتج أو أن تُرسل إلى مرفق مُرخص له بمعالجة النفايات.

ينبغي أن تبيّن سجلات جميع المصادر المهملة الطريقة التي تم بها التصرف في تلك المصادر. وينبغي استيفاء تلك السجلات حسب الاقتضاء من جانب الهيئة الرقابية المسؤولة ووفقاً للإجراءات التقنية التابعة للجهة المُشغلة المعنية بالنفايات.

في الختام

إن أكثر وسيلة فعّالة تكفل الحيلولة دون وقوع حوادث متصلة بالمصادر المشعّة المختومة هي اعتماد عادات عملية من شأنها الحدّ من احتمال فقدان أي مصدر أو سرقة. وتقع المسؤولية في هذا الصدد على المهنيين اللذين يستخدمون المصادر بشأن اتخاذ الخطوات اللازمة لحماية الجمهور والبيئة وحماية أنفسهم من العواقب الخطيرة المترتبة على وقوع حادث ما، وذلك في أي وكل مرة يتعاملون بها مع أي من المصادر المشعّة. والمصادر التي لا تُعد قيد الاستخدام ينبغي نقلها إلى الجهة المُشغلة المعنية بالنفايات في أقرب وقت ممكن.



صورة الغلاف: جهاز علاج إشعاعي عن بعد قيد التشغيل مع أحد المرضى/ ف. فريديرخ، قسم الأمان الإشعاعي وأمان النقل (الوكالة).

للحصول على مزيد من المعلومات عن المصادر المشعة المختومة أو الإشعاعات بوجه عام، يُرجى الاتصال بهيئتك الرقابية المحليّة. وثمة معلومات متاحة أيضاً على الموقع الشبكي التالي التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية

<http://www.iaea.org>

شعبة الأمان الإشعاعي وأمان النقل وأمان النفايات التابعة للوكالة ك. ماكنزي (المحرّر)

شعبة الإعلام العام التابعة للوكالة أ. ديزنر-كوبفر (التصميم والتنسيق العام)



IAEA

شعبة الإعلام العام

Wagramer Strasse 5, P.O. Box 100

A-1400 Vienna, Austria

رقم الهاتف: (+43 1) 2600 21270/21275

رقم الفاكس: (+43 1) 2600 29610

بريد إلكتروني: info@iaea.org

www.iaea.org

طُبِعَ بواسطة الوكالة الدولية للطاقة الذرية بالنمسا،

أيلول/سبتمبر ٢٠٠٥

IAEA/PI/A.81 / 05-09486