



“EXPLOSIONES Y MATERIAL RADIATIVO: UNA INTRODUCCIÓN DIRIGIDA A LOS PROFESIONALES DE PRIMERA RESPUESTA”

EL SIGUIENTE ARTÍCULO, REFLEJA LAS CARACTERÍSTICAS ESPECIALES, desde el punto de vista de la intervención de los equipos de emergencia, de un incidente radiológico, como es la explosión de un dispositivo de dispersión radiológica (DDR) o bomba sucia.

En España, los planes de protección civil definen las líneas generales a seguir ante cualquier incidente, estableciéndose grupos de intervención con funciones concretas: seguridad ciudadana y orden público, sanitarias, salvamento y extinción de incendios, y en este tipo de incidentes, radiológicas.

Son los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad, de acuerdo a procedimientos normalizados, los que establecen en un primer momento los límites de las zonas de intervención. En este caso en particular, el radio del perímetro de seguridad, según recomienda el Organismo Internacional de Energía Atómica, debe situarse al menos a 400 m del foco o en aquel punto en el que la tasa de dosis ambiental sea inferior a 100 $\mu\text{Sv/h}$ (de ahí la necesidad de disponer de equipos de detección y monitorización radiológica).

En toda emergencia radiológica, es el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), a través de su Organización de Respuesta ante Emergencias, el que una vez alertado establece las zonas de actuación, los niveles de exposición, así como las medidas de protección que se deben adoptar.

Los servicios de emergencia prehospitalarios que acuden a tratar a las víctimas deben recordar que las lesiones por radiación no modifican las prioridades de

tratamiento y que la presencia de contaminación no debe retrasar ni la estabilización ni el traslado de las víctimas graves. En caso de posible contaminación externa, y para evitar la transferencia de ésta, se retira la ropa y el calzado a las víctimas, se las envuelve con una manta o sábana y se las cataloga como posibles contaminadas. Es importante avisar tanto a los recursos que van a realizar los traslados como a los hospitales de destino de la posible contaminación de las víctimas, de forma que puedan poner en marcha sus protocolos de actuación.

Toda exposición a radiaciones ionizantes conlleva en mayor o menor medida un riesgo para la salud. Es por ello que hay que realizar control dosimétrico, tanto al personal de intervención como a las víctimas, de forma que se pueda estimar la tasa de dosis absorbida y valorar la necesidad de vigilancia médica. Para llevar a cabo este control y establecer protocolos de vigilancia a corto, medio, y largo plazo es imprescindible filiar a todas las víctimas.

El uso de un DDR provocará una gran alarma social. De ahí la importancia de establecer políticas de comunicación, que en el caso de España corresponden al CSN y a las autoridades sanitarias, que con la colaboración de los responsables de los planes de emergencia, y a través de los medios de comunicación social o cualquier otro, establecen cómo y cuándo se informa a la población, así como la creación de un centro de información que permita a las personas que precisen atención sanitaria o de otro tipo saber dónde pueden acudir.

M.C. Martín Curto^a y A. Cique Moya²

^aSUMMA 112. Madrid. España.

^bEscuela Militar de Defensa NBQ. Ejército de Tierra. Hoyo de Manzanares. Madrid. España.

EXPLOSIONES Y MATERIAL RADIATIVO: UNA INTRODUCCIÓN DIRIGIDA A LOS PROFESIONALES DE PRIMERA RESPUESTA

La población general espera que los profesionales de los servicios de emergencias «resuelvan lo inesperado» y que estén preparados e informados para el control incluso de situaciones excepcionales que puedan amenazar la salud y el bienestar de toda una comunidad.

El término técnico utilizado genéricamente para la bomba sucia es el de *dispositivo de dispersión radiológica*. Quizá un término más preciso y descriptivo de la bomba sucia sea el de «dispositivo explosivo improvisado con material radiactivo».

Según el National Research Council, «de los miles de radioisótopos fabricados, americio-241, cesio (Cs)-137, cobalto-60 e iridio-192 constituyen casi la totalidad (el 99%) de las fuentes encapsuladas que constituyen un riesgo elevado para la seguridad de Estados Unidos».

De los radioisótopos mencionados, Cs-137 en forma de cloruro de cesio es un peligro mayor que las demás fuentes de radiación, en función de su capacidad de dispersión y de su presencia en los centros de población de todo el país.

En el caso de Cs-137, la «descorporación» (o eliminación del compuesto existente en el interior del cuerpo) se puede llevar a cabo mediante la administración de hexacianoferrato férrico (azul de Prusia), que se une al cesio en el intestino. La eficacia del tratamiento depende de la rapidez con la que se utilice el azul de Prusia tras la exposición y también de la duración del tratamiento.

Dicho en términos de «semivida biológica» (el tiempo necesario para la eliminación de la mitad del Cs-137 existente en el cuerpo), el azul de Prusia puede reducir la semivida biológica desde aproximadamente 110 hasta 30 días y, por tanto, puede disminuir la exposición a la radiación en una proporción correspondiente.

- La presencia de radiación puede no ser evidente para los profesionales de primera respuesta. Si cualquier profesional de primera respuesta equipado con detectores demuestra la *presencia de radiación*, es necesario avisar a todos los demás profesionales para que adopten las precauciones apropiadas, aunque ello no debe interrumpir las actividades de respuesta.
- El conocimiento del isótopo que causa la contaminación tiene menos importancia para los profesionales de primera respuesta que para el tratamiento posterior de los pacientes contaminados.
- Una premisa clave es que *la radiación no es una urgencia médica*. No hay ninguna justificación para retrasar el tratamiento de las víctimas con lesiones debido a la presencia de material radiológico. Es extremadamente improbable que alguna víctima presente un nivel de contaminación tan elevado que impida que los profesionales de primera respuesta atiendan a las víctimas con lesiones de prioridad máxima, especialmente si estos profesionales utilizan elementos de protección de barrera respecto a la piel y los ojos, y elementos de protección respiratoria.
- Todos los profesionales de primera respuesta deben estar familiarizados con las *contramedidas para reducir la exposición*.
 - Es necesario quitar la ropa externa a todas las personas que han permanecido en la zona de riesgo máximo o que han estado expuestas al polvo y los restos, y dicha ropa debe quedar en la zona en la que fue retirada a la persona (reduce la dosis en un 90%).
 - En el caso infrecuente de que la fuente radiactiva haya dado lugar a metralla que se haya introducido en el cuerpo de un paciente, la fuente puede constituir un peligro tanto para la víctima como para las personas que le atienden y que mantienen un contacto prolongado con ella.
 - Se ha estimado que este riesgo del «suelo brillante» es la fuente primaria de exposición y que es mucho más importante que la contaminación que pueden presentar las víctimas en la ropa o en la piel cuando son desplazadas. Por tanto, la reubicación de estas personas lo antes posible hacia una zona exterior a la zona de riesgo máximo constituye una prioridad.
 - Los profesionales de la seguridad deben estar preparados para guiar a los responsables de los edificios en lo que se refiere a las medidas de seguridad ambiental, como el control de los aparatos de aire acondicionado y el control de las zonas de salida.
- *El control del perímetro* respecto a la entrada y la salida debe tener en cuenta la necesidad de la asistencia médica, del traslado de personas y dispositivos, de la descontaminación y de la información a las víctimas.
- Se deben designar zonas de peligro de radiación por parte del personal de campo utilizando para ello los dispositivos de medición de la radiación en tiempo real que utilizan los profesionales de los equipos hazmat en todas las ciudades importantes.

**EXPLOSIONES Y MATERIAL RADIOACTIVO:
UNA INTRODUCCIÓN DIRIGIDA A LOS PROFESIONALES DE PRIMERA RESPUESTA**

- En varios estudios se ha observado que la valoración de las víctimas respecto al establecimiento de prioridades se puede llevar a cabo en aproximadamente 15 s por cada individuo utilizando para ello un instrumento Geiger-Müller de ventana transparente y de tipo «crep» .
 - La exposición y los niveles de radiactividad de 100 msv (milisieverts)/h (10.000 mr [milirroentgens]/h o superiores tienen la posibilidad de inducir una lesión por radiación aguda en las víctimas y en los profesionales de rescate. Este nivel de radiación definiría un perímetro interno denominado «zona de peligro máximo».
 - Las actividades en esta área se deben limitar a la aplicación de medidas rápidas y de carácter crítico, como salvar la vida de las personas utilizando para ello el método de «recoger y correr».
 - En ciertas condiciones, entre las que se incluye la realización de intervenciones para salvar la vida de los pacientes o la protección de los elementos críticos, está justificado y es justificable superar en un factor de 5 (250 mov, o 25 rem) la exposición convencional. Incluso exposiciones 20 veces superiores al límite de la exposición laboral no darían lugar a ningún tipo de efecto físico; sin embargo, se supone que el riesgo de cáncer a largo plazo depende de la dosis, de manera que las exposiciones más intensas se acompañan de un riesgo mayor.
 - Un área mayor se designa como «zona caliente» en el interior de una «línea caliente» de 0,1 msv/h (10 mr/h). En el interior de las «zona caliente» es necesaria la evacuación del público y se debe minimizar el tiempo que permanecen los profesionales de la emergencia en ella; estos profesionales tienen que seguir las directrices apropiadas de protección personal.
 - Dentro de la zona caliente, pero por fuera de la zona de riesgo máximo, el profesional de primera respuesta puede trabajar varias horas o más sin exceder las directrices federales relativas a la exposición laboral de los profesionales de rescate. Por fuera del límite de la zona caliente no hay restricciones de tiempo para que los profesionales puedan permanecer o trabajar.
 - A pesar de que el riesgo de fallecimiento prematuro por cáncer aumenta menos del 1% con la exposición a 5 rem, esta dosis solamente debe ser superada por los profesionales de primera respuesta que actúan voluntariamente y que preferiblemente tienen más de 45 años de edad.
 - En función de los resultados obtenidos en estos estudios, cuando se desconoce la intensidad de la fuente radiológica, el borde de la zona de riesgo máximo se debe establecer temporalmente a 500 m.
- Si algunas personas estaban situadas a una distancia considerable de la explosión y su único riesgo es la exposición al polvo:
 - Permitir que estas personas cojan su vehículo y salgan de la zona una vez que se han quitado y dejado en ella su ropa exterior.
 - Que se desvistan de manera completa antes de entrar en su domicilio, para que metan su ropa en bolsas de manera que pueda ser analizada posteriormente, y para que se duchen inmediatamente y se enjabonen con champú.
 - Tienen que utilizar agua templada y evitar que el agua excesivamente caliente abra su piel, así como también el uso de productos químicos para el acondicionamiento del cabello debido a que pueden fijar los restos radiactivos.
 - El agua que sale por el sumidero de la ducha no representa un riesgo apreciable.
- Las víctimas contaminadas no deberían abandonar el área antes de que hayan sido considerados previamente los aspectos relativos a la contaminación; sin embargo, no se debe utilizar la fuerza para contener a las víctimas potencialmente contaminadas. La contaminación radiactiva potencial o real *no amenaza la vida de una persona y no justifica la aplicación de los protocolos de cuarentena*. Nunca se debe aplicar una fuerza extrema para retener a las víctimas contaminadas.
- Una vez que se han determinado las lecturas de radiación y que el COE ha cartografiado la contaminación del suelo, es posible desplazar hacia adelante el perímetro y establecer más cerca del escenario los puntos de acogida.

Lo mejor que puede hacer el profesional de primera respuesta es minimizar el tiempo que pasan las víctimas y él mismo en la proximidad de la fuente de radiación, así como trabajar lo más lejos posible de dicha fuente.

CONTRIBUCIONES ESPECIALES

EXPLOSIONES Y MATERIAL RADIATIVO:

UNA INTRODUCCIÓN DIRIGIDA A LOS PROFESIONALES DE PRIMERA RESPUESTA

Jeffrey W. Runge, MD, Brooke R. Buddemeier

RESUMEN

En este artículo se recoge una introducción detallada de la amenaza que constituyen los dispositivos de dispersión radiológica (también denominados «bombas sucias») y tam-

Recibido el 22 de diciembre de 2008, por parte de Biologue, Inc. (JWR), McLean, Virginia, y de los Lawrence Livermore National Laboratories (BRB), Livermore, California. Revisión recibida el 17 de febrero de 2009; aceptado para publicación el 26 de marzo de 2009.

El Dr. Runge es consultor en el sector privado de la biodefensa, la preparación médica y el control de las lesiones. El Sr. Buddemeier asesora al gobierno federal en lo relativo a la preparación frente a los desastres radiológicos y nucleares.

El Dr. Runge recibe, en régimen de dedicación a tiempo parcial, una ayuda económica ilimitada ofrecida por la Radiological Threat Awareness Coalition, un grupo constituido por personas interesadas en la divulgación de la información relativa al control de los dispositivos de dispersión radiológica, algunas de las cuales participan en la fabricación de dispositivos de protección y podrían introducir mejoras en la planificación, el equipamiento y la formación respecto a estos escenarios. El resto de su tiempo lo ha sufragado él mismo.

El Sr. Buddemeier ha recibido ayuda por parte del Department of Energy a través del Lawrence Livermore National Laboratory, bajo el contrato DEAC52-07NA27344. No ha recibido ninguna otra compensación económica.

Este documento ha sido preparado en forma de un encargo patrocinado por una agencia del gobierno de Estados Unidos. Ni el gobierno de Estados Unidos ni la agencia Lawrence Livermore National Security, LLC, o cualquiera de sus empleados ofrece ningún tipo de garantía expresa o implícita, ni tampoco asume ninguna responsabilidad legal, respecto a la precisión o utilidad de cualquier información, dispositivo, producto o proceso recogidos en este artículo, asumiendo que su uso no infringe ningún derecho de patente. La referencia realizada en este artículo respecto a cualquier producto, proceso o servicio comercial a través de su marca registrada, su nombre, el nombre del fabricante o cualquier otro elemento, no constituye o implica necesariamente su recomendación por parte del gobierno de Estados Unidos ni tampoco de Lawrence Livermore National Security, LLC. Los puntos de vista y las opiniones de los autores de este artículo, expresados en él, no reflejan necesariamente los del gobierno de Estados Unidos ni los de Lawrence Livermore National Security, LLC, y no se deben utilizar por motivos de publicidad ni con un objetivo de recomendación de productos.

Dirección para correspondencia: Jeffrey W. Runge, MD, 8000 Greenwich Woods Drive, McLean, VA 22102-1332. Correo electrónico: jeffreywrunge@gmail.com

doi: 10.1080/10903120902935371

bién de las dificultades que conlleva su control por parte de los profesionales de primera respuesta. La discusión está enfocada hacia escenarios concretos y recoge una serie de orientaciones dirigidas a los profesionales de primera respuesta médica en relación con las prioridades de clasificación y tratamiento en situaciones de riesgo de radiación. Se plantean cuestiones clave que ponen en evidencia la necesidad de una planificación, un equipamiento y una formación de carácter operativo y táctico en este tipo de escenarios. Las cuestiones relativas a las prioridades de descontaminación y al control médico se abordan tanto en lo relativo a las víctimas como a los profesionales de primera respuesta. **Palabras clave:** radiactividad; explosiones; lesiones por explosión; planificación de desastres; terrorismo; isótopos del cesio

PREHOSPITAL EMERGENCY CARE 2009;13:407-19

INTRODUCCIÓN

Los profesionales de primera respuesta de los servicios de emergencias, de la policía, de los bomberos y de las emergencias médicas deben atender diariamente a personas que tienen dificultades debido a que han tenido lesiones, tanto deliberadas como involuntarias. Al cabo de años en la calle o en algún departamento de emergencias, la rica mezcla de lesiones y de sus causas adquiere un cierto carácter rutinario, con independencia de lo extrañas que puedan ser. Cuando se reúne un grupo de profesionales de primera respuesta o de médicos, todos ellos con experiencia, casi no hay ningún escenario que alguno de ellos no se haya encontrado en su trayectoria profesional. Las personas siempre intentan hacer lo mejor posible en su trabajo cotidiano. «La práctica permite alcanzar la perfección», tanto si nos referimos al salto de longitud, como al golf o como a la apertura de una vía intravenosa (i.v.) con una aguja de 16 gauges en un paciente inconsciente. La repetición lleva a la perfección.

Por todo ello, no es sorprendente que lo que más temamos sean las situaciones infrecuentes que pueden dar lugar a resultados catastróficos. Así ocurre con las

emergencias radiológicas. El profesional de primera respuesta o el director de emergencias promedios probablemente nunca van a tener que participar en una situación de éstas a lo largo de su desarrollo profesional o a lo largo de su vida. La idea es terrorífica. La radiación no se puede detectar si no se utilizan instrumentos especiales y para ello son necesarios conocimientos de física que permitan comprender su funcionamiento. Sin embargo, la población general espera que los profesionales de primera respuesta correspondientes a los servicios de emergencias «resuelvan lo inesperado» y que estén preparados e informados para el control, incluso de situaciones excepcionales que puedan amenazar la salud y el bienestar de toda una comunidad.

El objetivo de la formación en medicina de emergencia es el de utilizar patrones y esquemas que permitan simplificar la gama infinita de pacientes a los que deben atender estos profesionales. A pesar de que se han redactado y publicado muchos artículos acerca de las emergencias radiológicas, en este artículo se va a exponer el escenario de estas emergencias en términos de lo que es más importante para los profesionales de primera respuesta que acuden de manera inmediata: «¿qué necesito saber?, ¿qué tengo que hacer?, ¿qué equipo necesito para ello?». A ello, añadiríamos, «¿en qué se parece esta situación a las situaciones a las que me enfrento todos los días?».

TERRORISMO FRENTE A RESISTENCIA

El terrorismo se fundamenta en el temor a lo desconocido. Son el temor ante lo inesperado y la sorpresa que le acompañan los elementos que crean el terror. Por el contrario, la falta de temor y la preparación respecto a los episodios, incluso raros o inesperados, generan una población resistente. Nuestros profesionales de primera respuesta están «en la punta de la lanza» y deben actuar sin temor y con prudencia para que la población general tenga fe en nuestras instituciones gubernamentales.

Dado que los profesionales de primera respuesta de emergencias deben mantener su competencia en el control de los acontecimientos que manejan diariamente, es difícil que estas personas ya de por sí muy atareadas dediquen un tiempo adicional a su preparación frente a acontecimientos de «probabilidad baja», incluso acontecimientos que pueden conllevar consecuencias desastrosas. Hoy en día, todos los policías, bomberos y técnicos de emergencias médicas han recibido formación respecto a diversos escenarios de bioterrorismo y de explosión de bombas. Tanto si la formación relativa a desastres consiste en una clase de órdenes relativas al incidente de 1 h de duración como si consiste en toda 1 semana dedicada al conocimiento de los materiales peligrosos (*hazmat*, *hazardous materials*) y de las características de los ataques químicos, siempre es difícil internalizar las lecciones sin que ello vaya acompa-

ñado de la experiencia. No obstante, el hecho es que para los profesionales de primera respuesta médica el control de las urgencias radiológicas no es muy diferente al control de las situaciones a las que deben hacer frente cada día.

Siguen siendo importantes la planificación y la formación respecto a las diferencias entre los distintos escenarios de desastres. Una parte importante del buen resultado de la respuesta frente a los 800 heridos en las bombas colocadas en el Murrah Federal Building de Oklahoma City se debió a la planificación y a la formación y las prácticas que los profesionales de primera respuesta habían llevado a cabo en la National Fire Academy inmediatamente antes del ataque con bombas¹. A pesar de que en Norteamérica hay muy poca experiencia respecto al terrorismo doméstico, en 1993 se produjo un ataque al World Trade Center y los directores de emergencias prudentes de toda nuestra nación se prepararon para lo más improbable. En lo relativo al ataque del 11 de septiembre de 2001, nadie podría haber soñado siquiera que esta cuestión podría llegar tan lejos.

Hoy en día sabemos que los enemigos de Estados Unidos están dispuestos a realizar ataques a nuestra tierra. Este enemigo es paciente y puede atacar cuando considere que somos más vulnerables. Lo que a menudo se denomina un «episodio de baja probabilidad» puede no tener realmente una probabilidad tan baja como nos gustaría creer. Muchos de los profesionales que trabajan en las comunidades de seguridad y de respuesta a las emergencias se preguntan por las razones por las que todavía no se han producido estos escenarios. Por ejemplo, el ataque con la denominada «bomba sucia» se puede llevar a cabo de manera relativamente simple si tenemos en cuenta que el material radiactivo se utiliza ampliamente tanto en la industria como en la medicina.

Cuando se utilice esta bomba, no nos deberíamos sorprender. La aplicación en nuestra respuesta de emergencia debería ser tan predecible como la correspondiente a un accidente de tráfico en una carretera interestatal. Tendríamos que saber qué hacer, qué equipo utilizar y cómo aplicar todos los conocimientos que ponemos en práctica de manera cotidiana. Así, la situación no sería terrorífica. Esto es lo que llamamos resistencia.

BOMBAS SUCIAS: QUÉ SON Y QUÉ NO SON

El término «bomba sucia» es una jerga que no es bien comprendida por la población general ni tampoco por muchos de los profesionales de primera respuesta comunitarios. El término técnico utilizado genéricamente para la bomba sucia es el de dispositivo de dispersión radiológica (RDD, *radiological dispersion device*). Sin embargo, el término «dispositivo de dispersión radiológica» resta importancia al problema. Una bomba sucia hace algo más que dispersar radiación. La explosión en

sí misma puede causar un elevado número de víctimas, todas las cuales requieren atención por parte de los profesionales de primera respuesta médica y de los hospitales. El componente «bomba» del término bomba sucia (lesión por explosión, traumatismo cinético por restos volantes, exigencias de búsqueda y rescate) implica una amenaza más inmediata para la salud y el bienestar de las víctimas, en comparación con la radiación. En primer lugar, es un problema de explosión, con algunas peculiaridades y protocolos sobreañadidos.

Por desgracia en lo que se refiere a nuestra época, el término dispositivo explosivo improvisado (DEI) es bien comprendido por la población general. El término «dispositivo explosivo improvisado» se acompaña a menudo de elementos de modificación como «transportado en un vehículo» (DEITV), «controlado por radio» (DEICR), incluido el detonado por un teléfono móvil, y «accionado por la víctima» (DEIAV) o por una trampa de aspecto inocente. Así, quizá un término más preciso y descriptivo de la bomba sucia sea el de «dispositivo explosivo improvisado con material radiactivo». (Sabemos que el mundo realmente no necesita un nuevo acrónimo, pero creemos que es convincente la necesidad de uso del término DEIMR.) En lo que se refiere a este artículo, al referirnos a la «bomba sucia» la denominaremos DEI con material radiactivo.

Una bomba sucia *no* es un dispositivo nuclear. El material radiactivo implicado no potencia de ninguna manera la cinética de la explosión; no causa separación de átomos, no da lugar a un destello luminoso brillante ni tampoco causa un estruendo notable. *Tampoco* es un accidente en una central nuclear, alrededor del cual se implementan muchas de las medidas de control y planificación de los incidentes radiológicos que se aplican en el ámbito nacional. Una bomba sucia no mata de forma aguda a más personas que las que mataría un DEI que no contuviera material radiactivo. El uso del material radiactivo en la bomba hace que el tratamiento de las víctimas sea ligeramente más complejo debido a su contaminación externa y, quizá, interna. Puede retrasar la respuesta debido a que los profesionales de primera respuesta se sienten incómodos con la radiación o a que no están preparados para abordar una posible contaminación. Según cuál sea el isótopo, el material radiactivo también puede dar lugar a un desastre ambiental que afecte a una ciudad y a las industrias y hogares contaminados, lo que conllevaría una evacuación a largo plazo. Por esta razón, los DEI se han denominado popularmente como «armas de destrucción masiva». La destrucción puede quedar localizada, pero la desestructuración de nuestras vidas cotidianas, así como las consecuencias económicas y la pérdida de la confianza en nuestra propia seguridad, son efectos a largo plazo.

¿Qué es lo que hace que una bomba sea «sucia»? Cualquier fuente industrial o médica convencional de radiación se puede utilizar para convertir en «sucio»

un explosivo convencional. Las fuentes de radiación se utilizan en los contextos del diagnóstico y el tratamiento médicos, y también tienen múltiples aplicaciones industriales. A pesar de que la venta y la distribución del material radiactivo están reguladas por el gobierno federal, en la prensa han aparecido numerosas informaciones sobre robos de material radiactivo. Por ejemplo, en 1998 desaparecieron 19 fuentes de cesio-137 (Cs-137) de una unidad de radioterapia en Carolina del Norte y nunca fueron localizadas². En Volgograd, Rusia, un grupo de contrabandistas robó contenedores de Cs-137 en una refinería de petróleo para venderlos en el mercado negro³.

El isótopo Cs-137 es el que se utiliza con mayor frecuencia en los escenarios de planificación, formación y práctica sobre bombas sucias, incluyendo el Top Officials Exercise 4 gubernamental realizado en octubre de 2007. El Cs-137 es un isótopo que se utiliza habitualmente en aplicaciones médicas, como la radioterapia y la radiación de hemoderivados⁴. Las fuentes de Cs-137 suelen estar encapsuladas en acero inoxidable y el material en sí mismo es un polvo (cloruro de cesio). Con una semivida de hasta 30 años, podría contaminar el ambiente durante generaciones si no se adoptaran las medidas necesarias para la regeneración y recuperación de la zona afectada.

Los isótopos de otros elementos también se utilizan de manera genérica en el contexto industrial, como el americio, el cobalto, el iridio y el estroncio, y cualquiera de ellos puede dar lugar a efectos contaminantes similares y puede acabar en manos de un terrorista. Todos ellos poseen sus características específicas, pero los protocolos iniciales de los profesionales de primera respuesta no difieren en función del isótopo utilizado en la bomba. Según el National Research Council, «de los miles de radioisótopos fabricados, Am-241, Cs-137, Co-60 e Ir-192 representan casi la totalidad (el 99%) de las fuentes encapsuladas que constituyen un riesgo elevado para la seguridad de Estados Unidos. De los radioisótopos mencionados, Cs-137 en forma de cloruro de cesio es un peligro mayor que las demás fuentes de radiación, en función de su capacidad de dispersión y de su presencia en los centros de población de todo el país»⁵. Con el objetivo de que esta discusión no sea demasiado compleja, vamos a utilizar como ejemplo el escenario de un DEI con Cs-137.

La fuente de Cs-137 existente en los equipos médicos viene a tener el tamaño de una lata de sopa, de manera que sería posible incorporar fácilmente una de ellas en una mochila o en un DEITV. Ciertamente, el manejo de la fuente conlleva un cierto riesgo de lesiones o de fallecimiento, pero este hecho no es una barrera para un enemigo que va a utilizar personas para misiones suicidas. A pesar de que es necesario un cierto conocimiento de las propiedades del material fuente, la falta de experiencia técnica por parte de las personas que lo manejan no es un factor limitante.

Escenario

Es un día de otoño, con un cielo azul claro y con una brisa ligera; la temperatura es de aproximadamente 10 °C. Un matrimonio entra a las 15 h en el pasillo de «Destinos internacionales» de un aeropuerto internacional repleto de gente; es la hora del día en la que hay mayor movimiento. La pareja lleva varias maletas en el carrito del aeropuerto. A medida que se desplazan por el pasillo se ven rodeados por miles de pasajeros que esperan su embarque y que hacen cola ante los dispositivos de seguridad.

«Atención a todas las unidades: se ha producido una explosión importante en el aeropuerto internacional. Diríjense a él todas las unidades disponibles. Solicitud de ayuda mutua. En espera de nuevos datos.»

Un profesional de primera respuesta está volviendo en ese momento a su base desde el hospital, en un punto que está tan sólo a 7 km del aeropuerto internacional. Llega al aeropuerto y ve que la fachada del edificio ha quedado recortada en aproximadamente 70 m. Las llamas y el humo oscurecen la parte central de la zona afectada y el aire contiene polvo en un radio de cientos de metros. El profesional de primera respuesta observa que hay personas fallecidas, trozos de cuerpos y ropa entre todos los restos. También hay personas que corren en el escenario hacia el vehículo del profesional de primera respuesta, muchas de ellas heridas o con quemaduras.

¿Qué es lo primero que hay que hacer y cómo se determinan las medidas que hay que adoptar a continuación?

El objetivo de este artículo no es el de revisar todos los fundamentos de la medicina de los desastres. Cualquier profesional de primera respuesta debe poseer la certificación del National Incident Management System (NIMS) y tiene que tener facilidad para seguir los fundamentos de las órdenes relativas al incidente, así como la confianza necesaria para aplicar dichos fundamentos durante un incidente. El NIMS ofrece formación en internet a través de la Federal Emergency Management Agency⁶.

El plan local de desastres debe haber designado con antelación un jefe de órdenes respecto al incidente y un jefe de seguridad que lleven a cabo las medidas protectoras directas para los profesionales de primera respuesta y para las víctimas. En la mayor parte de las jurisdicciones de gran tamaño, hay un puesto de órdenes móvil que se establece en el momento en el que se crea el centro operativo de emergencias (COE). Lo que dirige todas estas medidas es la conciencia de situación. En lo que se refiere a los profesionales que acuden en primer lugar al escenario del incidente, la importancia de ofrecer a los responsables de las decisiones una concienciación de la situación es máxima, así como también lo son el valor de mantener informado al centro de decisiones y de mantener la propia conciencia de situación.

¿Cuáles son las prioridades?

Todo profesional se forma bajo el principio de «lo primero, no convertirse uno mismo en una víctima». La primera tarea es la de definir con rapidez la forma de trabajar con seguridad en un ambiente peligroso. El profesional de primera respuesta ha colocado su vehículo y su equipo fuera de la zona de peligro y a una distancia de seguridad, en un lugar en el que el viento va hacia la zona afectada por la explosión. No tiene ninguna razón para creer que el polvo contiene algo más que los restos habituales de una explosión, pero dado que no conoce realmente su contenido (asbesto, compuestos orgánicos, hormigón o polvo son todos ellos posibilidades), debe aplicar sobre sí mismo las medidas de protección respiratoria y también tiene que utilizar guantes y equipo protector. No son necesarios los equipos de aporte de aire a menos que ello esté indicado por otras razones distintas del peligro radiológico; no obstante, todos estos profesionales deberían tener acceso a un respirador con filtro de aire o incluso a una mascarilla con filtro de partículas.

Indudablemente, el profesional de primera respuesta comienza a intentar ayudar a todas las personas que pueda en función de los recursos de los que dispone en el escenario. También ha considerado ya el establecimiento de zonas de clasificación de las víctimas, alejadas de la zona de peligro. Va a utilizar todos sus medios para ayudar a las víctimas con lesiones más graves pero con posibilidades de rescate. También va a intentar que las personas que están en el escenario le ayuden en sus tareas de primeros auxilios básicos (mantenimiento de la permeabilidad de la vía respiratoria, interrupción de la hemorragia mediante la aplicación de presión y mantenimiento de las víctimas calientes en la medida de lo posible hasta que llega ayuda).

¿Qué habilidades y equipos necesita el profesional de primera respuesta para atender a múltiples pacientes con quemaduras, traumatismos penetrantes, sordera, ceguera y lesiones por explosión?

A pesar de que las explosiones de la magnitud del escenario propuesto son infrecuentes en Estados Unidos, no lo son en otras partes del mundo. Desde 2004 se han producido atentados terroristas con bombas y víctimas en masa en Madrid, Londres, Tel Aviv y Mumbai (Bombay). En un entorno posterior al 11 de septiembre de 2001, los fundamentos del reconocimiento y el tratamiento de las víctimas de lesiones por explosiones importantes deben formar parte del currículum básico de todo profesional de primera respuesta. Las bombas de baja potencia y las explosiones industriales son mucho más frecuentes y pueden dar lugar a patrones de lesión similares a los correspondientes a este escenario, según la localización de las víctimas en relación con la explo-

sión. Los Centers for Disease Control and Prevention (CDC) y el American College of Emergency Physicians han elaborado un curso breve sobre lesiones por explosión que se puede realizar a través de internet⁷.

Escenario (continuación)

Los servicios de bomberos han aproximado sus vehículos y equipos a los edificios para apagar el fuego y en ese momento el profesional de primera respuesta escucha por la radio: «atención, se ha detectado peligro de radiación. Repetimos...».

¿Cambia esto las prioridades del profesional de primera respuesta?

¿Cambia esto las medidas que debe adoptar el profesional de primera respuesta para proteger su salud y su seguridad?

¿Cambia esto las medidas que adopta el profesional de primera respuesta para clasificar y tratar a las víctimas?

¿Qué significa esto respecto al control del escenario?

¿Posee en ese momento el profesional de primera respuesta todo lo necesario en el ámbito local para controlar este escenario?

Este anuncio emitido por el centro de órdenes del incidente ha hecho que un escenario extremadamente difícil para un profesional de primera respuesta con experiencia se convierta en un escenario todavía más complejo. Ha hecho que un problema de asistencia a un elevado número de pacientes del tipo del que el profesional de primera respuesta atiende diariamente se convierta en una experiencia a la que se enfrenta por primera vez en su vida. No hay tiempo para sacar el manual de la estantería.

Sin embargo, esta información adicional no debe paralizar la respuesta frente al incidente. No se han modificado las prioridades que tenía el profesional de primera respuesta antes del anuncio: *ayudar a todas las personas que pueda con los recursos que posee, y no convertirse en una víctima*. Los fundamentos de la clasificación en el escenario del desastre siguen siendo los mismos, pero en este caso no se puede considerar que ninguna persona esté «bien» y tampoco se debe permitir que ninguna persona abandone el escenario sin pasar antes por las medidas de descontaminación o recibir instrucciones explícitas respecto a la autodescontaminación.

Vale la pena revisar algunos aspectos que es necesario que el profesional de primera respuesta recuerde en este tipo de escenario:

- En este escenario de descontaminación por restos la simple eliminación de la ropa externa reduce la dosis en un 90%⁸.

- Es extremadamente improbable que alguna víctima haya sufrido un nivel de contaminación tan elevado que impida que los profesionales de primera respuesta atiendan a las víctimas con lesiones de prioridad máxima, especialmente si estos profesionales utilizan elementos de protección de barrera respecto a la piel y los ojos, y elementos de protección respiratoria.
- En el caso infrecuente de que la fuente radiactiva haya dado lugar a metralla que se haya introducido en el cuerpo de un paciente, la fuente puede constituir un peligro tanto para la víctima como para las personas que le atienden y que mantienen un contacto prolongado con ella⁹.
- Los profesionales de primera respuesta y otros profesionales de rescate que acuden al escenario y que permanecen en la proximidad de la zona de exclusión deben utilizar un equipo de detección de radiación para identificar las zonas peligrosas y efectuar un seguimiento de la exposición.
- Después de que un paciente haya sido estabilizado, y según lo permitan los recursos físicos y el tiempo, es necesario intentar reducir o contener la contaminación externa antes de trasladar al paciente al punto asistencial siguiente.
- Las técnicas sencillas para eliminar la ropa y descontaminar la piel pueden reducir todavía más los riesgos de contaminación para los profesionales de primera respuesta y para el ambiente.
- El uso de un equipo protector personal (EPP) convencional ofrece a los profesionales de primera respuesta una protección suficiente frente a la contaminación.
- Las personas que han sufrido exposición a la radiación no son radiactivas ni están contaminadas. No constituyen ningún peligro potencial para los profesionales de primera respuesta y de rescate.

¿Cambia esto las prioridades del profesional de primera respuesta?

Al tiempo que el factor adicional de la contaminación radiológica no *modifica* las prioridades de tratamiento, *añade* un elemento de protocolo a una situación ya de por sí compleja. Una premisa clave es la de que la radiación no es una urgencia médica. Las prioridades de tratamiento en el escenario y en el servicio de urgencias no cambian debido a la presencia de radiación. Se plantean consideraciones adicionales respecto a la *contaminación*, pero las prioridades de tratamiento no cambian¹⁰. En un documento de consenso desarrollado por la Health Physics Society en 2004, se señala que «las acciones dirigidas a salvar la vida de las víctimas y a proteger la zona de un escenario terrorista radiológico respecto a actividades terroristas adicionales debería tener preferencia sobre las consideraciones radiológicas tras un ataque terrorista de carácter radiológico...», como el que puede tener lugar mediante un DEI con Cs-137¹¹. La información básica utilizada para elaborar

este documento de consenso señala que «es extremadamente improbable que [un RDD] pueda dispersar la cantidad suficiente de material radiactivo como para dar lugar a una contaminación del aire y del suelo que constituya un riesgo inmediato para la salud personal de los profesionales de primera respuesta o de las personas que permanecen en la zona»¹². Esto no quiere decir que haya que ignorar los riesgos de la radiación sino que, en estos casos, está indicada la aplicación de intervenciones simples para la protección de los pacientes y de los profesionales de primera respuesta.

¿Cambia esto las medidas que debe adoptar el profesional de primera respuesta para proteger su salud y su seguridad?

En la preparación para atender a las víctimas de una explosión, el profesional de primera respuesta ya debe tener colocado el EPP o la ropa protectora. A consecuencia del polvo y de los restos también tiene que haber utilizado alguna protección respiratoria con una mascarilla de barrera o con un respirador con aire purificado, como N95. Este equipo es generalmente todo lo necesario para evitar una contaminación significativa del personal de primera respuesta en una situación de uso de un DEI con material radiactivo. Los respiradores con aire (niveles A o B) no son necesarios y pueden dificultar el tratamiento del paciente. Además, el profesional de primera respuesta tampoco debería comer ni beber en la zona en la que haya polvo y restos, algo que no siempre es fácil cuando la temperatura es de 32 °C y el profesional utiliza ropa protectora al tiempo que intenta trabajar en el escenario y mantener su hidratación. Aunque el uso de una mascarilla es una medida prudente, la mayor parte del polvo y el humo potencialmente contaminados desaparece del aire con bastante rapidez, a menudo antes de que lleguen los profesionales de primera respuesta^{13,14}. Así, generalmente son suficientes las precauciones respiratorias que adoptaría el profesional de primera respuesta en un escenario en el que hubiera polvo y restos no radiactivos.

Los profesionales de primera respuesta pueden estar preocupados respecto al tratamiento de las personas que han ingerido o inhalado una cantidad significativa de material radiactivo, o bien que han sido contaminadas por éste. La experiencia nos demuestra que la asistencia de los pacientes que han recibido dosis de radiación, incluyendo los que presentan contaminación interna o externa, no conlleva un riesgo apreciable para los profesionales de primera respuesta. A pesar de que los pacientes con contaminación interna y externa pueden dar lugar a una contaminación cruzada o pueden eliminar el material radiactivo junto con sus líquidos corporales, las precauciones universales que se aplican para el control de la infección son todo lo necesario para proteger la salud de los profesionales asistenciales frente a su contaminación por material reactivo.

Estos datos quedaron demostrados en 3 ejemplos diferentes de asistencia a pacientes contaminados. En el caso de la intoxicación de Alexander Litvinenko en Reino Unido, los profesionales asistenciales le atendieron después de que sufriera una contaminación interna grave por la ingestión de polonio-210 (Po-210). Estos profesionales no sufrieron ningún tipo de exposición preocupante a pesar del hecho de que la víctima estuvo en el hospital más de 2 semanas antes que se descubriera la naturaleza de la intoxicación¹⁴. El Po-210 es un compuesto emisor alfa que puede constituir un peligro únicamente cuando es inhalado o ingerido. Así, el riesgo para los profesionales asistenciales solamente puede tener lugar a través de la contaminación accidental o de la contaminación por este compuesto a partir del sudor, la sangre, la orina o las heces de la víctima. Los ejemplos más adecuados respecto a nuestro escenario con Cs-137 serían los casos de Goiania, Brasil (expuesto más adelante en este artículo) y de Chernobyl, en los que tuvo lugar la emisión de una radiación gamma penetrante. La radiación gamma puede ser un peligro debido a la exposición directa y también a consecuencia de la contaminación cruzada y la captación a través del sudor, la orina y las heces. En Goiania, todos los profesionales que atendieron a los pacientes fueron vigilados respecto a su exposición a la radiación mediante el uso de dosímetros en forma de insignias o colocados en el dedo para mantener contacto con la piel. Ninguno de estos profesionales recibió más de 0,5 rem (*roentgen equivalent man*, equivalente roentgen humano) de radiación, una cantidad que es el 10% del límite de la exposición laboral anual¹⁵. Cuando fueron descontaminados los trabajadores de Chernobyl que permanecían en el área del reactor en el momento del accidente nuclear, el personal médico que trabajó en la zona recibió menos de 1 rem de radiación, lo que representa el 20% del límite de la exposición laboral anual⁸.

Con el objetivo de guiar la evacuación y el tratamiento de emergencia durante la fase aguda del rescate, se deben designar zonas de peligro de radiación por parte del personal de campo, utilizando para ello los dispositivos de medición de la radiación en tiempo real que utilizan los profesionales de los equipos hazmat en todas las ciudades importantes. La exposición y los niveles de radiactividad de 100 msv/h (milisieverts/h) (10.000 mr/h [miliroentgens/h]) o superiores tienen la posibilidad de inducir una lesión por radiación aguda en las víctimas y en los profesionales de rescate. Este nivel de radiación definiría un perímetro interno denominado «zona de peligro máximo». Las actividades en esta área se deben limitar a la aplicación de medidas rápidas y de carácter crítico, como salvar la vida de las personas¹⁶, utilizando para ello el método de «recoger y correr». Un área mayor se designa como «zona caliente» en el interior de una «línea caliente» de 0,1 msv/h (10 mr/h)¹⁷. En el interior de las «zona caliente» es ne-

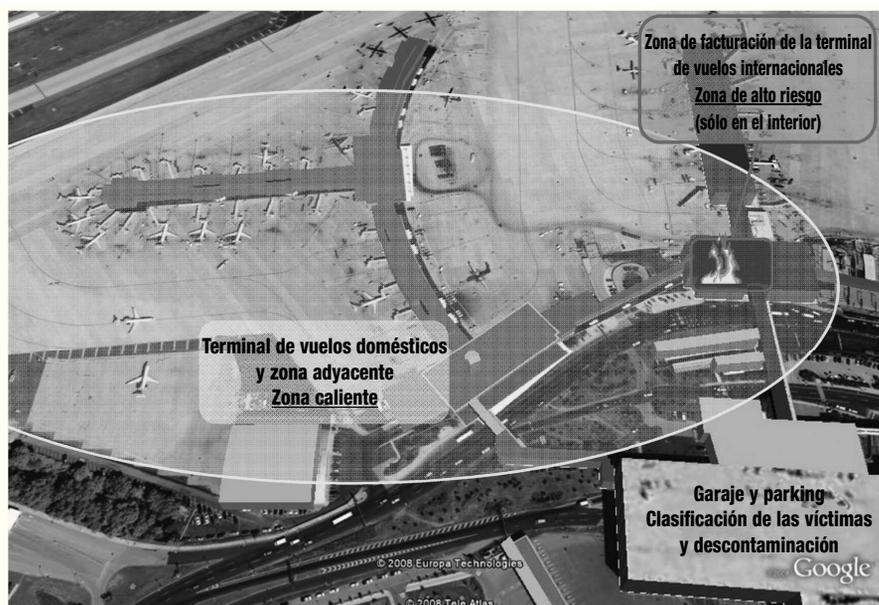


FIGURA 1. Ejemplos de zonas en el escenario presentado como ejemplo: el color rojo indica la zona de riesgo máximo; el color amarillo indica la zona caliente. En el exterior del límite de la zona caliente deben instalarse los sistemas de clasificación, asistencia y descontaminación. (Figura tomada de Google Earth y utilizada en función de su política de «uso razonable».)

cesaria la evacuación del público y se debe minimizar el tiempo que permanecen los profesionales de la emergencia en ella; estos profesionales tienen que seguir las directrices apropiadas de protección personal. Dentro de la zona caliente, pero por fuera de la zona de riesgo máximo, el profesional de primera respuesta puede trabajar varias horas o más sin exceder las directrices federales relativas a la exposición laboral de los profesionales de rescate. Por fuera del límite de la zona caliente no hay restricciones de tiempo para que los profesionales puedan permanecer o trabajar.

En el escenario que estamos considerando, dado que a éste acaba de llegar el primer profesional de primera respuesta, no se ha podido definir una zona establecida de seguridad, pero la ciencia ha ofrecido una regla de carácter general. En el Sandia National Laboratory se han llevado a cabo cientos de estudios sobre explosiones reales y sobre modelado de escenarios con el objetivo de conseguir estimaciones relativas a los efectos de las explosiones¹³. En función de los resultados obtenidos en estos estudios, cuando se desconoce la intensidad de la fuente radiológica, el borde de la zona de riesgo máximo se debe establecer temporalmente a 500 m. Cuando se obtienen las lecturas de la radiación, se reducen en consecuencia los límites de estas zonas y, así, puede ser posible que los profesionales de primera respuesta se acerquen a más víctimas con los equipos necesarios.

Escenario (continuación)

En nuestro escenario de la terminal del aeropuerto la zona de riesgo máximo (fig. 1) queda confinada en el vestíbulo corres-

pondiente al embarque. Aunque las ventanas estallaron (dando lugar a lesiones significativas por proyectiles de cristal), no se detectaron tasas de exposición de 100 msv/h (10.000 mr/h) fuera de la estructura. Los puntos de asistencia a las víctimas finalmente quedaron situados en el exterior del edificio debido a la preocupación por la estabilidad estructural y por la caída de cristales, aunque todavía había varios cientos de personas en el edificio, muchas de las cuales presentaban lesiones.

La zona caliente, definida por la línea caliente de 0,1 msv/h (10 mr/h), es más extensa y se extiende 1 km en dirección contraria al viento, y en su interior está la terminal de vuelos domésticos en la que hay aproximadamente 10.000 personas.

¿Qué precauciones debe adoptar el profesional de primera respuesta respecto a su propia seguridad?

El profesional de primera respuesta es uno de los pocos paramédicos que hay en el escenario, pero su dosímetro electrónico (dispositivo de medición de la radiación) le alerta en el sentido de que ha quedado expuesto a 50 msv (5 rem). ¿Modifica este dato las acciones que debe realizar o las zonas en las que puede trabajar?

Si el profesional de primera respuesta está trabajando en la zona caliente, es imprescindible que lleve encima un equipo de monitorización de la radiación, especialmente si permanece en el interior del límite interno (la zona de riesgo máximo). Una dosis de radiación de 50 msv es el límite típico de exposición laboral en el trabajo convencional. Con respecto a un RDD típico, es

poco probable que se alcance este nivel de exposición. Sin embargo, el nivel de exposición puede no ser uniforme dentro de una zona caliente debido a los fragmentos y los restos de la explosión en el área del rescate¹³. En ciertas condiciones, entre las que se incluye la realización de intervenciones para salvar la vida de los pacientes o la protección de los elementos críticos, está justificado y es justificable superar en un factor de 5 (250 mov, o 25 rem) la exposición convencional¹⁸. Incluso exposiciones 20 veces superiores al límite de la exposición laboral no darían lugar a ningún tipo de efecto físico; sin embargo, se supone que el riesgo de cáncer a largo plazo depende de la dosis, de manera que las exposiciones más intensas se acompañan de un riesgo mayor. A pesar de que el riesgo de fallecimiento prematuro por cáncer aumenta menos del 1% con la exposición a 5 rem^{19,20}, esta dosis solamente debe ser superada por los profesionales de primera respuesta que actúan voluntariamente y que preferiblemente tienen más de 45 años de edad²¹. Dado que las áreas de exposición no son uniformes y que, posiblemente, los profesionales de primera respuesta entran y salen de la zona de riesgo máximo, puede ser difícil la estimación precisa de la dosis.

Es probable que el tratamiento de todas las víctimas, la búsqueda y rescate de víctimas, y la evacuación de todas las personas hacia el exterior del escenario puedan requerir muchas horas o días. Es importante que, frente a la radiación, el director de seguridad de la agencia en la que ejerce el profesional de rescate posea un método para determinar el momento en el que debe ser sustituido cada uno de los profesionales que actúa en el escenario en relación con los umbrales de exposición, pasando a una zona de exposición menor. Estos datos correspondientes a los profesionales de primera respuesta también tienen utilidad para que el COE pueda definir la magnitud del incidente¹¹. Hay numerosos tipos de equipos para la monitorización de la radiación. El elemento más importante en este escenario es el dosímetro con capacidad para indicar los valores en tiempo real y con un sistema de alarma que evite una posible exposición excesiva.

¿Cambia esto las medidas que adopta el profesional de primera respuesta para clasificar y tratar a las víctimas?

En cualquier escenario de una explosión en el que hay decenas o cientos de víctimas no es adecuado dedicar recursos a intentar tratar a las que están próximas a la muerte o en fase agónica. Por otra parte, si el entorno es inseguro el profesional de primera respuesta debe desplazar a los pacientes hasta una localización más segura antes de tratarlos. Las víctimas que pueden caminar se deben dirigir hacia un punto asistencial en el que puedan recibir tratamiento y apoyo. Esta situación es la misma en los casos de explosión asociada a radia-

ción, pero la definición de entorno «inseguro» es algo diferente.

Además de la caída de restos o del riesgo de incendio, este escenario puede exigir la reubicación de las víctimas hacia una zona alejada del material radiactivo que ha quedado depositado en el suelo. Se ha estimado que este riesgo del «suelo brillante» es la fuente primaria de exposición y que es mucho más importante que la contaminación que pueden presentar las víctimas en la ropa o en la piel cuando son desplazadas¹². Por tanto, la reubicación de estas personas lo antes posible hacia una zona exterior a la zona de riesgo máximo constituye una prioridad. Sin embargo, hay que tener en cuenta que si la realización de una intervención de estabilización puede salvar la vida de una víctima o impedir una complicación aguda, se debe llevar a cabo con independencia del entorno o de la contaminación de la víctima. Si una víctima gravemente lesionada está situada en el interior de la zona de máximo riesgo, se debe considerar la posibilidad de «recoger y correr» para evacuarla al exterior de ésta^{22,23}. Es necesario evitar una permanencia superior a la necesaria en el interior de la zona de riesgo máximo debido a que cuanto más tiempo pasan los profesionales de primera respuesta en el área inmediata al punto de explosión, menos tiempo van a tener para prestar asistencia en el área operativa.

Escenario (continuación)

En nuestro escenario del aeropuerto, el garaje-aparcamiento de 5 pisos situado en una zona en la que la dirección del viento va hacia la terminal internacional ha quedado fuera de la zona caliente. Las víctimas (tanto las que presentan lesiones como las que no las presentan) que fueron ubicadas inicialmente en el exterior de la terminal internacional son desplazadas ahora hacia la estructura del garaje-aparcamiento.

El jefe de órdenes del incidente dirige a los miembros de los servicios públicos que permanecen en la terminal de vuelos domésticos la orden de mantener a las víctimas en el refugio¹⁵. Se ajustan los sistemas de aire acondicionado para reducir la circulación del aire potencialmente contaminado y el personal de seguridad del aeropuerto desaconseja a las personas que están en la terminal que salgan de ella.

¿Habría que descontaminar a las víctimas?

A pesar de que es poco probable que la contaminación cause lesiones por radiación tanto a la víctima como al profesional de primera respuesta, sí puede dar lugar a ansiedad y la preocupación por la contaminación cruzada puede retrasar el tratamiento de las víctimas con lesiones. Si el número de víctimas potencialmente contaminadas es pequeño y el tiempo atmosférico es cálido, puede ser preferible una descontaminación completa con agua. La descontaminación completa puede reducir la ansiedad de la víctima y también la necesi-

dad de limpieza de cualquier elemento que haya sufrido contaminación cruzada en el exterior del perímetro. Sin embargo, cuando el número de víctimas es elevado quedan rápidamente superadas las capacidades de control y de descontaminación, y en estas situaciones son necesarios los métodos de carácter expeditivo. Estos métodos son:

1. Identificación de las personas en las que es necesaria la descontaminación.
2. Aplicación de técnicas de descontaminación en seco.
3. Autodescontaminación²⁴.

En lo que se refiere a nuestro escenario del aeropuerto, el número de víctimas potencialmente contaminadas (con y sin lesiones) podría superar fácilmente las 1.000 personas. Con este elevado número de víctimas es necesario considerar y utilizar métodos alternativos de descontaminación para evitar los tiempos de espera superiores a 1 h. Se deben definir áreas de recepción para descontaminación alejadas del área inmediata y en cuyo interior se puedan acomodar y atender adecuadamente las víctimas. El uso de los elementos de descontaminación completa con agua (si los hubiera) se debe priorizar respecto a las víctimas que pueden presentar una contaminación más importante. Las prioridades se pueden establecer mediante inspección visual (evidencia de contaminación por humo o por polvo) o a través de una valoración rápida siempre que haya el equipo de detección de radiación necesario para esta tarea. En varios estudios se ha observado que la valoración de las víctimas respecto al establecimiento de prioridades se puede llevar a cabo en aproximadamente 15 s por cada individuo utilizando para ello un instrumento Geiger-Müller de ventana transparente y de tipo «crep»²⁵.

También hay que considerar el establecimiento de centros de recepción comunitaria alejados del escenario (y no localizados en el hospital) que se puedan utilizar para el control de seguimiento y para la descontaminación. Las víctimas que no presentan lesiones y que llevan a cabo una autoevacuación se pueden remitir a estos centros de recepción.

- Las víctimas que no presentan lesiones pueden llevar a cabo una autodescontaminación; esta práctica conlleva la eliminación de la ropa externa y la limpieza/lavado de la piel expuesta.
- En las víctimas que presentan lesiones y que no pueden realizar la autodescontaminación es necesaria la eliminación de la ropa y la limpieza/lavado de la piel expuesta.

En cualquier caso, la clasificación básica no va a cambiar. En primer lugar, es clave la separación de las víctimas con lesiones de las que no presentan lesiones pero

que posiblemente están contaminadas. Después, se deben aplicar los recursos médicos a las víctimas que presentan lesiones y, a partir de entonces, se puede llevar a cabo una clasificación secundaria en relación con el traslado. Si los recursos son suficientes, se puede establecer un punto de acogida de víctimas con lesiones menores que es controlado por los profesionales de primera respuesta con capacidades de tipo médico bajas.

En estos puntos de acogida debe haber algún método de descontaminación para los casos más graves y también monitores radiológicos en las zonas de salida. Es irrealista creer que este tipo de escenario va a dar lugar por sí mismo a la descontaminación de todas las personas que pueden presentar partículas en su piel o su pelo, incluso con el uso de las unidades móviles de descontaminación más grandes y con una participación ilimitada de personal. El retraso en la insistencia de que todas las personas sean descontaminadas en el escenario del incidente puede incrementar el riesgo de que aumente el número de personas que se descontaminan a sí mismas en su domicilio. Además, cuando es necesario controlar a cientos o miles de personas es adecuado conseguir que salga de la zona el número mayor posible de éstas sin lesiones, con objeto de preservar los recursos médicos y de descontaminación para las que presentan lesiones y que deben ser trasladadas a centros médicos.

Entre las víctimas que no han sufrido lesiones hay 2 categorías. La primera, está constituida por las personas que presentan una contaminación obvia en la parte superior de su cuerpo, especialmente los hombros, la cabeza y el pelo. En este grupo es necesaria una descontaminación de carácter práctico antes de que salgan de la zona de acogida. La segunda, es la correspondiente a las personas que han permanecido al aire en el interior de la zona de riesgo máximo pero que no muestran evidencia de contaminación. A estas personas se les puede haber permitido salir de la zona o bien no han recibido la información adecuada y han llevado a cabo la autoevacuación. Estas 2 categorías de víctimas muestran un riesgo elevado de contaminación interna por inhalación y deben ser evaluadas respecto a la posible necesidad de un control médico de seguimiento. Dado este riesgo de contaminación interna, el elemento sanitario público tiene la responsabilidad de comunicarlo con precisión a todas las víctimas después de que ha pasado la fase aguda del episodio y sin que llegue a transcurrir demasiado tiempo.

Si algunas personas estaban situadas a una distancia considerable de la explosión y su único riesgo es la exposición al polvo, una medida prudente que puede adoptar el centro de órdenes del incidente es la de dar instrucciones al control del perímetro para que permita que estas personas cojan su vehículo y salgan de la zona una vez que se han quitado y dejado en ésta su ropa exterior. A estas personas se les deben dar instrucciones para que se desvistan de manera completa antes

de entrar en su domicilio, para que metan su ropa en bolsas de manera que pueda ser analizada posteriormente y para que se duchen inmediatamente y se enjabonen con champú. Tienen que utilizar agua templada y evitar que el agua excesivamente caliente abra su piel, así como también el uso de productos químicos para el acondicionamiento del cabello debido a que pueden fijar los restos radiactivos¹³. El agua que sale por el sumidero de la ducha no representa un riesgo apreciable²⁰. Estas personas deben evitar el uso de su vehículo y tienen que dejar sus ropas metidas en bolsas y almacenadas en algún lugar alejado del domicilio, hasta que los funcionarios de sanidad las hayan evaluado respecto a la radiactividad a lo largo de los días o semanas siguientes.

En la tabla 1 se recoge un resumen de las prioridades.

Escenario (continuación)

El equipo de hazmat comunitario está implementando un sistema de descontaminación de las víctimas en el suelo de la estructura del garaje-aparcamiento. Este sistema está constituido por corredores de ducha de descontaminación personal para varones y para mujeres, y en cada uno de ellos pueden ser descontaminadas cada hora 100 personas con capacidad para caminar. Las duchas son de agua templada, un dato importante en este frío día de otoño. Hay mantas y ropa de cobertura suficientes para 500 personas.

En el suelo del garaje-aparcamiento también se establece un dispositivo de emergencias médicas.

En nuestro escenario hay aproximadamente 150 víctimas con lesiones, 20 de las cuales están lesionadas de forma grave. Apparentemente, la mayor parte de las víctimas con lesiones estaba situada en la proximidad de la explosión. En la estructura del garaje-aparcamiento están acogidas otras 2.500 víctimas sin lesiones; los niveles de contaminación de estas víctimas, determinados visualmente, oscilan entre los casos de una gran suciedad y los casos que aparentemente no muestran nada de contaminación.

Se ha estimado que varios miles más de víctimas de la terminal internacional han abandonado el escenario, como lo están haciendo en este momento. Las personas que permanecen en la terminal de vuelos domésticos todavía se mantienen refugiadas en ella, aunque algunas están saliendo del edificio a pesar de la orden de que permanezcan en el mismo.

¿Cómo podría optimizar o priorizar el profesional de primera respuesta el uso de los recursos de descontaminación?

¿Cómo podría tratar a las víctimas contaminadas y con lesiones?

¿Qué significa todo ello respecto al control del escenario?

La complicación sobreañadida de la contaminación radiactiva obliga a la aplicación de requerimientos adicionales de seguridad. La mayor parte de las agencias de policía tiene una formación y una experiencia adecuadas en el control del escenario de un delito, como ciertamente es el de nuestro ejemplo. Sin embargo, estos profesionales pueden no comportarse de una manera muy experta cuando deben controlar el perímetro de un escenario en el que es necesaria la evacuación de cientos o miles de víctimas. Algunas de las víctimas huyen corriendo del área y otras se quedan atrás para ayudar a sus vecinos, compañeros u otras personas. A diferencia de lo que ocurrió en el World Trade Center el 9 de septiembre de 2001, en el que miles de personas se dirigieron directamente a su domicilio caminando desde el escenario del incidente, las víctimas contaminadas no deberían abandonar el área antes de que hayan sido considerados previamente los aspectos relativos a la contaminación; sin embargo, no se debe utilizar la fuerza para contener a las víctimas potencialmente contaminadas. La contaminación radiactiva, potencial o real, *no amenaza la vida de una persona y no justifica la aplicación de los protocolos de cuarentena*. Nunca se debe

TABLA 1. Resumen de las prioridades

En el interior del área de tratamiento:

1. Evitar la contaminación de los profesionales de rescate: protección de la piel, los ojos y el sistema respiratorio; activación de los mecanismos para la detección de la radiación, y equipos de monitorización
2. Evaluación de las víctimas: agonizantes, susceptibles de tratamiento y con capacidad para caminar
3. Desplazar lo más rápidamente posible a cualquier persona susceptible de tratamiento o con capacidad para caminar hasta un punto situado a más de 500 m de la zona de la explosión o bien hacia el exterior de la zona caliente (si se ha establecido)
4. Si las víctimas son susceptibles de tratamiento o tienen capacidad para caminar, es necesario retirarles la ropa externa y amontonarla toda junta
5. Estabilizar las lesiones en función de los protocolos habituales
6. Desplazar o dirigir a las víctimas hacia los puntos de acogida, incluso si no presentan signos de lesiones

En los puntos de acogida:

1. Realizar una descontaminación práctica en la mayor medida de lo posible *sin retrasar por ello el traslado o la asistencia definitiva de los pacientes con prioridad máxima*
2. Establecer registros de todos los pacientes, con información de contacto
3. Tratar las lesiones de carácter menor
4. Si no hay sistemas de descontaminación, ofrecer instrucciones a las víctimas con capacidad para caminar para que lleven a cabo la descontaminación en su domicilio y para que acudan a las visitas de seguimiento

aplicar una fuerza extrema para retener a las víctimas contaminadas.

La experiencia de las explosiones en Madrid y Londres ha ofrecido algunas lecciones interesantes en lo relativo a la clasificación de las víctimas en el escenario. En primer lugar, no hay ninguna forma mediante la cual un número limitado de profesionales de primera respuesta pueda llevar a cabo una clasificación eficaz. Realmente, estos profesionales sólo hacen lo que pueden hacer, aunque también deberían saber qué es lo que hay que hacer. Algunos espectadores corren para salvar su vida pero otros realizan tareas de evacuación sin una dirección concreta. Pueden sacar a las personas del escenario o introducir las en sus vehículos particulares. Las personas que llevan a cabo una autoevacuación, y que transportan o no a otras personas lesionadas, se dirigen hacia el hospital más cercano, que puede no ser el centro hospitalario más adecuado. Lo único cierto es que van a dificultar el trayecto de las ambulancias hasta el hospital y también que van a sobrecargar los recursos existentes dificultando la asistencia de las víctimas con lesiones más graves²⁶.

Idealmente, los profesionales de la policía deben estar preparados para esta posibilidad y tienen que controlar el perímetro para dirigir a las personas hacia los puntos de acogida. Si el perímetro se establece por fuera de la zona caliente después de que se ha sedimentado la nube de polvo, los profesionales que utilizan medidas de protección de la piel y el sistema respiratorio no muestran un riesgo significativo de exposición a radiación. Una vez que se han determinado las lecturas de radiación y que el COE ha cartografiado la contaminación del suelo, es posible desplazar hacia adelante el perímetro y establecer más cerca del escenario los puntos de acogida.

En realidad, en la mayor parte de los casos de explosiones importantes con bombas no se consigue un control eficaz y ordenado del escenario. La experiencia demuestra que antes de que lleguen los profesionales de primera respuesta se produce en alguna medida la salida caótica de las personas que pueden correr o caminar. Indudablemente, del escenario sale precipitadamente un número de personas mayor del que puede ser contenido. Es posible que existan incendios activos en las zonas de entrada y salida de las personas y equipos. Los profesionales de primera respuesta médica necesitan la mayor cantidad posible de equipos y dispositivos para acudir rápidamente a la zona interior al perímetro. Las personas que señalan que son médicos y enfermeras van a intentar entrar en el escenario para ayudar a las víctimas o bien por motivos inicuos²⁷.

Los profesionales de la policía se deben centrar en los protocolos de protección aplicables en el escenario de un delito, que son guiados con toda rapidez por el Federal Bureau of Investigation. Sin embargo, es demasiado inocente creer que este tipo de perímetro puede ser controlado sin que existan fugas. Así, los directores

de emergencias médicas van a necesitar ayuda por parte de los medios de comunicación para transmitir a la población la información precisa con objeto de garantizar la evaluación y la atención médica de todas las personas que lo necesitan²⁸.

Otra consideración relativa a los profesionales de primera respuesta es la masa de gente que puede haberse refugiado en el interior de la zona caliente. En los edificios adyacentes pueden haber protocolos para que la gente quede protegida en el interior de éstos y, aunque estos protocolos pueden ser eficaces, también conllevarán dificultades. En estos protocolos se suele recomendar la rápida desconexión de los sistemas de aire acondicionado y también el desplazamiento de las personas hacia el interior de las zonas de seguridad en las que hay cantidades suficientes de agua y alimentos para un período de horas o días. Es importante que los profesionales de primera respuesta tengan en cuenta este aspecto debido a que puede haber avisos de solicitud de asistencia a los servicios de emergencias médicas procedentes de estos refugios. Los profesionales de la seguridad deben estar preparados para guiar a los responsables de los edificios en lo que se refiere a las medidas de seguridad ambiental, tal como el control de los aparatos de aire acondicionado y el control de las zonas de salida.

¿Tiene a mano el profesional de primera respuesta todo lo que necesita en el ámbito local para controlar este escenario?

Ningún ayuntamiento del país posee todos los recursos necesarios para enfrentarse a un escenario como el descrito. En todos los ayuntamientos deben haber planes relativos a este tipo de escenario y es necesaria la firma con antelación de acuerdos de ayuda mutua con los ayuntamientos y entidades públicas más cercanos. En el ámbito estatal, todos los Estados forman parte del Emergency Management Assistance Compact, que puede ofrecer ayuda con independencia de las fronteras interestatales. También están los recursos federales, pero las restricciones de tiempo respecto a la ayuda federal varían en función de los requerimientos de recursos. Por ejemplo, el CDC coordina el Advisory Team for Environment, Food, and Health (A-Team), que actúa de manera inmediata para ayudar a los gobiernos locales y a sus funcionarios de seguridad a implementar acciones de protección de la salud tras un incidente radiológico. El Department of Energy mantiene varios equipos y distintos recursos, como los equipos regionales del Radiological Assistance Program²⁹ y los equipos médicos del Radiation Emergency Assistance Center in Oak Ridge Tennessee³⁰. No obstante, otros recursos físicos como las ambulancias y el material pueden tardar horas o días en llegar.

En reconocimiento de que los recursos federales pueden tardar tiempo en ser movilizados, el CDC ha

recomendado la respuesta de los SEM durante las 72 h siguientes a un incidente, en función de los resultados obtenidos en un estudio efectuado sobre las explosiones con bombas en Londres y Madrid³¹. Entre estas recomendaciones están las de movilizar 50 ambulancias e implementar medidas alternativas de traslado para 200 personas en el transcurso de los 10 min siguientes a la explosión, así como la aplicación de planes operativos detallados para la descontaminación y el traslado de las víctimas que sufren una contaminación importante.

TRATAMIENTO MÉDICO DE LA EXPOSICIÓN A RADIACIÓN

Las mismas precauciones universales que se utilizan para el control de la infección son suficientes para la protección de los profesionales de primera respuesta frente al peligro que conlleva la asistencia de personas potencialmente contaminadas^{16,32}. En el escenario de un DEI con material radiactivo son infrecuentes los signos agudos de la exposición secundaria a niveles elevados de radiación, como las náuseas y los vómitos.

Lo mejor que puede hacer el profesional de primera respuesta es minimizar el tiempo que pasan las víctimas y él en la proximidad de la fuente de radiación, así como trabajar lo más lejos posible de dicha fuente. Tiene que quitarse su ropa externa y al hacerlo elimina la mayor parte de su exposición a la radiación. También tiene que enviar a una estación de descontaminación a las víctimas con evidencia manifiesta de contaminación en la cabeza y el cuello. Sus compañeros situados en el perímetro ayudan a la descontaminación de las víctimas. Sin embargo, ninguna de las víctimas lleva encima un dosímetro y, a pesar de que se supone que la dosis que ha recibido es pequeña, no hay ninguna manera de tener la certeza en el escenario de la cantidad de radiación que han recibido. La intervención médica inmediata no es necesaria para el tratamiento de la exposición a la radiación externa; sin embargo, la determinación del tiempo que transcurre hasta la aparición de síntomas como las náuseas y los vómitos, así como de la gravedad de estos síntomas, puede tener utilidad para establecer el diagnóstico de la intensidad de la exposición³³. A pesar de que el personal médico hospitalario tiene a su disposición numerosos recursos para el diagnóstico y el tratamiento de las lesiones causadas por la radiación^{34,35}, es difícil determinar la dosis de radiación que ha recibido una víctima concreta. Solamente hay 2 laboratorios en Estados Unidos que pueden llevar a cabo el tipo de valoración retrospectiva de la dosis considerada la «prueba de referencia», la dosimetría citogenética³⁶. En la actualidad, se están realizando estudios de investigación para el desarrollo de dispositivos que permitan una determinación rápida de la dosis de radiación recibida en un escenario de este tipo y que se puedan distribuir de manera genérica³⁷.

El conocimiento del isótopo que causa la contaminación tiene menos importancia para los profesionales de primera respuesta que para el tratamiento posterior de los pacientes contaminados. El hecho de que el isótopo sea un emisor de rayos alfa, beta o gamma no modifica el tratamiento inicial de las lesiones o la descontaminación externa que llevan a cabo los profesionales de primera respuesta. Sin embargo, en el escenario del incidente los profesionales de seguridad hazmat o de radiación pueden diferenciar los emisores de rayos alfa, beta y gamma mediante el uso de un sencillo contador Geiger-Müller. Si la sustancia emite rayos gamma, como ocurre con el Cs-137, los equipos especializados que utilizan un espectrómetro gamma pueden evaluar la «huella gamma» específica de cada isótopo, con lo que consiguen una identificación precisa del radioisótopo. Esta información puede tener utilidad para el control de la respuesta en el escenario del incidente y para identificar las contramedidas médicas adecuadas a implementar en el hospital.

El profesional de primera respuesta también debe considerar la posibilidad de que se hayan producido casos de contaminación por inhalación o ingestión de polvo y restos. Las mascarillas no tienen una eficacia del 100% o bien es posible que no se hayan utilizado antes de que se conociera el peligro del material radiactivo. Muchas personas pueden sentir necesidad de beber agua en una situación en la que es posible que no sea completamente seguro hacerlo. Por fortuna, en lo que se refiere a los equipos de respuesta, la mayor parte de los posibles peligros de inhalación (polvo radiactivo transmitido por el aire) se disipa de manera sustancial pocos minutos después de la explosión¹³.

Además de la exposición a la radiación externa, en nuestro escenario de ejemplo se ha seleccionado Cs-137 debido a que las propiedades físicas de este isótopo obligan a considerar la posibilidad de la ingestión e inhalación como fuentes de contaminación interna. Las personas que permanecen en la vecindad inmediata de la explosión pueden haber inhalado una cantidad significativa de polvo cargado con Cs-137. El Cs-137 que se deposita en el interior del cuerpo puede dar lugar a dosis globales importantes debido a que la exposición a la radiación interna procedente de este material no se interrumpe cuando la víctima sale de la zona ni tampoco desaparece con la aplicación de las medidas de descontaminación externa. Incluso en casos de exposición potencialmente mortal, las víctimas pueden no ser conscientes del grado de su exposición ni tampoco de sus niveles de contaminación interna, además de que pueden permanecer en una situación asintomática durante días o semanas.

El Cs-137 es un buen ejemplo de un elemento que puede ser extraído del cuerpo incluso en casos de contaminación interna³⁸. La eliminación de la fuente de radiación existente en el cuerpo es un tipo de contramedida. Algunos isótopos radiactivos se unen a medi-

camentos administrados por vías i.v. u oral. En el caso de Cs-137, la «descorporación» (o eliminación del compuesto existente en el interior del cuerpo) se puede llevar a cabo mediante la administración de hexacianoferrato férrico (azul de Prusia), que se une al cesio en el intestino. Dado que este compuesto actúa en el intestino se administra por vía oral, a diferencia de lo que ocurre con otros compuestos quelantes que deben ser administrados por vía i.v. La eficacia del tratamiento depende de la rapidez con la que se utilice el azul de Prusia tras la exposición y también de la duración del tratamiento^{39,40}. A pesar de que puede tener utilidad para la eliminación del Cs-137 del interior del cuerpo incluso días después de la contaminación, cuanto antes se administre el azul de Prusia mayor efectividad tiene para eliminar el material y reducir la dosis de radiación. Si se administra durante las primeras horas posteriores a la contaminación, también se evita la absorción entérica del Cs-137 y se potencia su eliminación a través de las heces.

La experiencia previa con la exposición a Cs-137 está fundamentada en un número limitado de incidentes y en un pequeño número de pacientes respecto a los cuales se puede individualizar el tratamiento. El ejemplo más notable es el de Goiania, Brasil, en 1937, en el que en un centro clínico abandonado alguien robó una pequeña cantidad de un polvo «ardiente y azul» de un equipo. El entorno de esta localidad quedó gravemente contaminado, con afectación de 249 personas, 17 de las cuales sufrieron cuadros de supresión de la médula ósea y cuatro fallecieron¹⁵. Inicialmente, en varias personas se establecieron diagnósticos incorrectos de enfermedades sistémicas, mientras que en otras los diagnósticos fueron de problemas de tipo local. Se administró azul de Prusia a 46 víctimas en función de la intensidad de la radiación interna⁴¹. Se consiguieron reducciones del 51-84% en la dosis de radiación tras la administración de azul de Prusia como tratamiento de las víctimas de Goiania⁴². En función de estos datos, cuando se administra el azul de Prusia después de que el Cs-137 ha sido absorbido hacia la circulación sistémica, las tasas esperadas de eliminación del Cs-137 respecto al interior del cuerpo es 2 o 3 veces más rápida que si no se administra el azul de Prusia. Dicho en términos de «semivida biológica» (el tiempo necesario para la eliminación de la mitad del Cs-137 existente en el cuerpo), el azul de Prusia puede reducir la semivida biológica desde aproximadamente 110 hasta 30 días⁴³ y, por tanto, puede disminuir la exposición a la radiación en una proporción correspondiente.

¿Cómo se evalúa la contaminación interna? Entre los métodos tradicionales están la medición de los radioisótopos en las excreciones corporales, como la orina, las heces y el moco nasal. También hay dispositivos especiales que permiten detectar la radiación emitida por los materiales existentes en el interior del cuerpo; estos «contadores corporales totales» suelen estar ubicados

en laboratorios nacionales o en reactores nucleares, o bien en la proximidad de éstos. No es necesario decir que esta estrategia puede tener utilidad cuando el número de víctimas es escaso, pero es inútil para la evaluación del riesgo de cientos o miles de personas. Se han propuesto diversos métodos para la evaluación⁴⁴, así como también el uso de los dispositivos nucleares de los hospitales⁴⁵, pero todas estas técnicas no han llegado a ser adoptadas de manera genérica en los protocolos de planificación operativa.

La Food and Drug Administration (FDA) recomienda la administración de azul de Prusia para la eliminación del Cs-137 «lo antes posible tras la exposición. Sin embargo, incluso en los casos en los que el tratamiento no se puede iniciar de manera inmediata, los pacientes deben recibir azul de Prusia tan pronto como se pueda debido a que es eficaz aunque haya transcurrido tiempo desde la exposición»⁴⁶. Las directrices actuales de tratamiento están fundamentadas en mediciones realizadas en pacientes específicos, como se ha señalado previamente. Los clínicos que sospechan la presencia de una enfermedad tienden a equivocarse en el lado del tratamiento, siempre y cuando los riesgos y los efectos adversos sean menores que los riesgos asociados a la falta de tratamiento de la enfermedad que se sospecha. Por desgracia, en los hospitales y en las farmacias no es fácil que exista azul de Prusia de grado farmacológico debido a que este producto carece de otras indicaciones médicas aparte de la eliminación del cesio o del talio del interior del cuerpo, una circunstancia poco frecuente. A consecuencia de ello, los clínicos no tienen generalmente un acceso inmediato al azul de Prusia, ni siquiera para su uso en indicaciones aprobadas por la FDA. En la actualidad, este medicamento se puede obtener en cualquier punto de Estados Unidos a partir del Strategic National Stockpile o del Oak Ridge Institute for Science and Education, pero no necesariamente debe ser adquirido y administrado a discreción del médico que atiende al paciente. El Armed Forces Radiobiological Research Institute propone un diagrama de flujo sencillo y directo para guiar al clínico en el uso del azul de Prusia en las situaciones de explosión con Cs-137⁴⁷.

La necesidad de un medicamento que debe ser administrado con toda rapidez pero que no se puede conseguir con facilidad representa una difícil cuestión de política pública en relación con la forma con la que se debe almacenar y dispensar⁴⁸. Por una parte, la adquisición del medicamento no debería ser tan difícil que los clínicos no pudieran prescribirlo con facilidad a los pacientes en los que sospechan fuertemente la existencia de una contaminación interna que se debería tratar con un compuesto de «descorporación», especialmente cuando sus efectos adversos son escasos. Por otra parte, en el contexto de un ataque con una bomba sucia es fácil imaginar a una multitud de personas en busca de un tratamiento que no necesitan, lo que agotaría las provisiones respecto a las personas que sí lo necesitan.

Lo que es evidente es que es necesario el desarrollo de métodos para que los clínicos puedan conseguir con rapidez el azul de Prusia y para que la escala de disponibilidad permita el tratamiento de cientos o miles de pacientes potenciales afectados por el ataque con una bomba sucia.

RESUMEN

La bomba sucia representa un nivel de complejidad superior en el contexto de los escenarios de explosiones importantes. La presencia de radiación puede no ser evidente para los profesionales de primera respuesta. Cualquier explosión en la que se provoca polvo y restos obliga a que los profesionales de primera respuesta utilicen medidas de protección sobre la piel, los ojos y el sistema respiratorio. Si cualquier profesional de primera respuesta equipado con detectores demuestra la presencia de radiación, es necesario avisar a todos los demás profesionales para que adopten las precauciones apropiadas, aunque ello no debe interrumpir las actividades de respuesta.

No hay ninguna justificación para retrasar el tratamiento de las víctimas con lesiones debido a la presencia de material radiológico. Los funcionarios de las agencias de seguridad deben estar presentes para cuantificar la exposición a la radiación que presentan los profesionales de primera respuesta y para dirigirlos hacia la zona de exposición baja cuando se alcanzan los umbrales. El control del perímetro respecto a la entrada y la salida debe tener en cuenta la necesidad de la asistencia médica, del traslado de personas y dispositivos, de la descontaminación y de la información a las víctimas.

Todos los profesionales de primera respuesta deben estar familiarizados con las contramedidas para reducir la exposición. Es necesario quitar la ropa externa a todas las personas que han permanecido en la zona de riesgo máximo o que han estado expuestas al polvo y los restos, y dicha ropa debe quedar en la zona en la que fue retirada a la persona. La reubicación de las víctimas de puntos alejados de la zona de riesgo máximo representa una prioridad, tanto en lo que se refiere a las víctimas como a los profesionales de primera respuesta. La descontaminación de la cabeza, el cuello y los hombros se debe llevar a cabo en cualquier persona con una contaminación obvia. En las personas en las que hay una sospecha importante de que hayan sufrido contaminación interna es necesario el tratamiento con hexacianoferrato (azul de Prusia) lo antes posible, con objeto de reducir su exposición global.

Bibliografía

1. Sacra J, Medical Director, Emergency Medical Services Agency, Tulsa/Oklahoma City, OK. Personal communication, October 2008.
2. McLaughlin A. Easy theft: radioactive bomb parts. *Christian Science Monitor*. April 10, 2002. Available at: <http://www.csmonitor.com/2002/0410/p01s01-usju.html>. Accessed April 8, 2009.
3. Upadhyay D. Containers of nuclear material stolen in Russia. May 26, 1998. Available at: <http://www.indianexpress.com/res/web/pIe/ie/daily/19980526/14650764.html>. Accessed April 8, 2009.
4. National Academy of Sciences. Government should spur replacement of radioactive cesium chloride in medical and research equipment. *National Academies News*. February 20, 2008.
5. Committee on Radiation Source Use and Replacement. *Radiation Source Use and Replacement: Abbreviated Version*. s. 1. | Washington, DC: National Research Council, 2008.
6. Federal Emergency Management Agency. National Incident Management System. NIMS Integration Center. Available at: <http://www.fema.gov/emergency/nims/>. Accessed April 8, 2009.
7. Center for Injury Prevention and Control, Centers for Disease Control and Prevention. *Bombings: Injury Patterns and Care*. 2003. Available at: <http://www.bt.cdc.gov/masscasualties/bombingsinjurycare.asp>. Accessed April 8, 2009.
8. Mettler FA, Voelz GL. Major radiation exposure—what to expect and how to respond. *N Engl J Med*. 2002;346:1554–61.
9. Smith JM, Ansari A, Harper FT. Hospital management of mass radiological casualties—reassessing exposures from contaminated victims of an exploded radiological dispersion device. *Health Phys*. 2005;89:513–20.
10. International Commission on Radiological Protection. *Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack—ICRP Report 96*. Ottawa, ON, Canada: ICRP, 2006.
11. Health Physics Society. *Guidance for protective actions following a radiological terrorist event [position statement]*. 2004. Available at: http://hps.org/documents/rddpages_ps019-0.pdf. Accessed April 8, 2009.
12. Health Physics Society. *Background information on "Guidance for protective actions following a radiological terrorist event."* 2004. Available at: http://hps.org/documents/rddpages_background_bi019-0.pdf. Accessed April 8, 2009.
13. Conference of Radiation Control Program Directors. *Radiological Dispersion Device (RDD) [Dirty Bomb] First Responder's Guide—The First 12 Hours*. 2007. Available at: <http://www.crcpd.org/RDD.htm>. Accessed April 8, 2009.
14. Musolino SV, Harper FT. Emergency response guidance for the first 48 hours after the outdoor detonation of an explosive radiological dispersion device. *Health Phys*. 2006;90:377–85.
15. Bailey MR. Update and insights on the Po-210 incident. Presented at: 52nd Annual Meeting of the Health Physics Society, Portland, OR, July 2007.
16. International Atomic Energy Agency. *The radiological accident in Goiânia, Brazil*. Vienna: Austria, IAEA, 1988. Available at: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub815web.pdf>. Accessed April 8, 2009.
17. National Council on Radiation Protection and Measurements. *Key Elements of Preparing First Responders for Nuclear and Radiological Terrorism*, NRCP Commentary No. 19. Bethesda, MD: NRCP, 2005.
18. American Society for Testing and Materials. *Standard Practice for Radiological Emergency—Standard E 2601-08*. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2008.
19. *Protective Action Guides for Radiological Dispersion Device (RDD) and Improvised Nuclear Device (IND) Incidents*. U.S. Department of Homeland Security. *Fed Regist*. 2006;71:184.
20. National Academy of Sciences. *Biological Effects of Ionizing Radiation VII: Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation*. Washington, DC: National Academies Press, 2005.
21. U.S. Environmental Protection Agency. *Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents*. Washington, DC: US EPA, 1992.

22. Radiation Emergency Assistance Center–Oak Ridge Institute for Science and Education. Emergency Management of Radiation Accident Victims [course]. Oak Ridge, TN: REAC-ORISE, 2007.
23. Lakstein D, Blumenfeld A. Israeli army casualties in the second Palestinian uprising. *Mil Med.* 2005;170:427–30.
24. Cooke MW. How much to do at the accident scene? *BMJ.* 1999;319:1150.
25. Federal Emergency Management Agency. Background information on FEMA-REP-22: Contamination monitoring guidance for portable instruments used for radiological emergency response of nuclear power plant accidents. Washington, DC: FEMA.
26. Hunt R. Director, Division of Injury Response, Centers for Disease Control and Prevention. Personal communication, November 2008.
27. Lerner, EB, O'Connor RE, Schwartz R, et al. Blast-related injuries from terrorism: an international perspective. *Prehosp Emerg Care.* 2007;11:137–53.
28. Emery RJ, Sprau DD, Morecook R. Risk communication considerations to facilitate the screening of mass populations for potential contamination with radioactive material. *Health Phys.* 2008;95(5 suppl):S168–S174.
29. U.S. Department of Energy, National Nuclear Security Administration. Radiological Assistance Program fact sheet. Available at: <http://www.nv.doe.gov/library/factsheets/RAP.pdf>. Accessed April 8, 2009.
30. U.S. Department of Energy, Oak Ridge Institute for Science and Education. Radiation Emergency Assistance Training Site. Available at: <http://orise.orau.gov/reacts/>. Accessed April 8, 2009.
31. Center for Injury Prevention and Control, Centers for Disease Control and Prevention. Managing surge needs for injuries: emergency medical services response. Available at: http://emergency.cdc.gov/masscasualties/pdf/Surge_Emergency-Medical-Service.pdf. Accessed April 8, 2009.
32. American College of Radiology; American Society for Therapeutic Radiology and Oncology; American Association of Physicists in Medicine. Disaster preparedness for radiology professionals: response to radiological terrorism. Government version 3.0, 2006. Available at: http://www.astro.org/GovernmentRelations/RadiationDisasterManagement/documents/prepbroch_001.pdf. Accessed April 8, 2009.
33. Armed Forces Radiobiological Research Institute. Medical Management of Radiological Casualties: A Handbook, second edition. April 2003. Available at: <http://www.afrrri.usuhs.mil/outreach/pdf/2edmmrhandbook.pdf>. Accessed April 8, 2009.
34. Centers for Disease Control and Prevention. Radiation Emergency for Clinicians and Hospitals. [online] 2005. [cited: June 19, 2009] <http://www.bt.cdc.gov/radiation/clinicians.asp>
35. U.S. Department of Health and Human Services. Radiation Event Medical Management: Guidance on Diagnosis and Treatment for Health Care Providers. Available at: <http://www.remm.nim.gov>. Accessed April 8, 2009.
36. U.S. Department of Energy, Oak Ridge Institute for Science and Education. Cytogenetic Biodosimetry Laboratory. Available at: <http://orise.orau.gov/reacts/cytogenetics-lab.htm>. Accessed April 7, 2009.
37. Alexander G, Schwartz H, Amundson, et al. Acute Dosimetry Consensus Committee recommendations on biodosimetry applications in events involving uses of radiation by terrorists and radiation accidents. In: Proceedings of the 7th International Symposium on EPR Dosimetry and Applications and the 2nd International Conference on Biodosimetry. Vol. 42. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2007, pp 972–96.
38. Marcus CS. Administration of decorporation drugs to treat internal radionuclide contamination. *RSO Magazine.* 2004;9(5):1–9.
39. National Council on Radiation Protection and Measurements. Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides—NCRP Report No. 65. Bethesda, MD: NCRP, 1980.
40. Oak Ridge Institute for Science and Education. Radiogardase-Cs, Insoluble Prussian Blue—Informational material [package insert]. November 9, 2007. Available at: <http://orise.orau.gov/reacts/files/prussian-blue-pkginsert.pdf>. Accessed February 17, 2009.
41. Farina R, Brandao-Mello C, Oliveira A. Medical aspects of 137Cs decorporation: the Goiania radiological accident. *Health Phys.* 1991;60:63–6.
42. Melo D, Lipsztein JL, de Oliveira CA, Bertelli L. 137Cs internal contamination involving a Brazilian accident, and the efficacy of Prussian blue treatment. *Health Phys.* 1994;66:245–52.
43. Centers for Disease Control and Prevention. Fact Sheet: Prussian Blue. August 17, 2005. Available at: <http://emergency.cdc.gov/radiation/prussianblue.asp>. Accessed February 17, 2009.
44. Marcus C, Siegel J, Sparks R. Medical Management of Internally Contaminated Patients. June 2006. Available at: http://www.webpal.org/a_reconstruction/immediate/medical/nuclear/ir-manual.pdf. Accessed February 17, 2009.
45. Centers for Disease Control and Prevention. Use of Radiation Detection, Measuring, and Imaging Instruments to Assess Internal Contamination from Inhaled Radionuclides. 2007. Available at: <http://www.bt.cdc.gov/radiation/clinicians/evaluation/index.asp>. Accessed February 17, 2009.
46. U.S. Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research. Questions and Answers on Prussian Blue. June 30, 2004. Available at: <http://www.fda.gov/cder/drug/infopage/prussianblue/Q&A.htm#2>. Accessed February 17, 2009.
47. Armed Forces Radiobiological Research Institute. Radiocesium Radiological Dispersion Device Patient Initial Contact Work Sheet. June 2005. Available at: <http://www.afrrri.usuhs.mil/outreach/pdf/afrriform335.pdf>. Accessed April 8, 2009.
48. Koenig K, Goans RE, Hatchett RA, et al. Medical treatment of radiological casualties: current concepts. *Ann Emerg Med.* 2005;45:643–52.