



Revisión

Actuación sanitaria en atentados terroristas con agentes químicos de guerra: más de diez años después de los atentados con sarín en Japón (1ª parte)

R. Pita¹, S. Ishimatsu², R. Robles³

¹ESCUELA MILITAR DE DEFENSA NBQ. MINISTERIO DE DEFENSA. HOYO DE MANZANARES. MADRID. ²SERVICIO DE URGENCIAS. ST. LUKE'S INTERNATIONAL HOSPITAL. TOKIO. JAPÓN. ³RESPONSABLE DE CATÁSTROFES DEL SUMMA 112. MADRID.

RESUMEN

Tras los atentados del 11 de septiembre de 2001 en EE.UU. y, sobre todo, desde los envíos de sobres con esporas de carbunco, existe una alta percepción del riesgo sobre posibles atentados con armas de destrucción masiva por grupos asociados a la red terrorista Al Qaeda. Esto ha llevado a que el personal sanitario extra-hospitalario y hospitalario se interese sobre cómo debería ser su actuación en este tipo de incidentes. En el caso particular de los agentes químicos de guerra la base de la actuación sanitaria son las lecciones aprendidas por el personal sanitario que participó en los atentados terroristas con sarín que tuvieron lugar en Japón en 1994 y 1995. El presente trabajo intenta profundizar en estas lecciones aprendidas hace ya más de diez años, teniendo en cuenta que será cada servicio y organización sanitaria el que deberá adaptarlas a su situación y características particulares.

Palabras clave: Terrorismo químico. Agentes químicos de guerra. Medicina de emergencias. Descontaminación.

INTRODUCCIÓN

El primer atentado terrorista con un agente químico de guerra tuvo lugar en la ciudad japonesa de Matsumoto el 27 de junio de 1994. Ese día una organización religiosa legal, Aum Shinrikyo, dispersó el agente neurotóxico sarín causando 7 víctimas mortales y unos 600 intoxicados¹. El 20 de marzo de 1995 un segundo ataque con sarín en el metro de Tokio provocó 12 víctimas mortales y llevó a que más de 5.000 personas buscaran asistencia sanitaria en los hospitales de la ciu-

ABSTRACT

Medical support in terrorist attacks with chemical warfare agents: over ten years since the sarin terrorist attacks in Japan (Part 1)

After the September 11 (2001) terrorist attacks in the USA and the subsequent mailing of letters contaminated with *B. anthracis* spores, a high perception of risk has become noticeable regarding the possibility of attacks with weapons of mass destruction, particularly by groups associated to the Al Qaeda terror network. For this reason, the medical personnel –both extra- and intrahospitalary– has become concerned about how to act and perform in this type of events. In the case of chemical warfare agents, the guiding principles of medical support are based on the experiences and on the lessons learned by the personnel that dealt with the sarin terrorist attacks in Japan in 1994 and 1995. The present paper aims at delving deeper into these lessons and findings of over ten years ago, bearing in mind that any and every medical service and organisation should adapt them to their particular environment, situation and characteristics.

Key Words: Chemical terrorism. Chemical warfare agents. Emergency medicine. Decontamination.

dad. Además, entre ambos atentados, Aum Shinrikyo llevó a cabo cuatro intentos de asesinato con otro agente neurotóxico, el VX, dirigidos a particulares considerados enemigos de la organización. Sólo uno de estos 4 intentos causó la muerte de la persona atacada². Con estos atentados los temores de la comunidad de defensa nuclear, biológica y química (NBQ) sobre el uso no militar de armas químicas se cumplieron. Tiempo atrás los intentos de algunas organizaciones terroristas por acceder a este tipo de armamento ya habían puesto en alerta a los especialistas en este campo^{3,4}, hasta entonces orientado a la

Correspondencia: René Pita
Escuela Militar de Defensa NBQ.
28240 Hoyo de Manzanares (Madrid)
E-mail: renepita@arrakis.es

Fecha de recepción: 12-6-2006
Fecha de aceptación: 6-6-2007

protección de combatientes del uso militar de estos agentes. Sin embargo, esta preocupación no tuvo un impacto importante en la opinión pública ni en el ámbito gubernamental, quizás porque el uso de armas químicas por una organización religiosa en Japón parecía algo lejano a la realidad del resto del mundo. Todo cambió tras los atentados del 11 de septiembre de 2001 en EE.UU. (11S) y, sobre todo, tras los envíos de sobres con esporas de carbunco en este país. A pesar de que el número de víctimas por carbunco fue bajo, en comparación con los atentados en Japón, el supuesto carácter militar del carbunco empleado y su posible relación con los responsables de los atentados del 11S dio lugar a una sensación de miedo y pánico mundial por la posible utilización de armas de destrucción masiva por parte de grupos relacionados con la red terrorista Al Qaeda.

A partir de entonces se ha suscitado un interés en el ámbito sanitario por los agentes químicos de guerra, lo que ha llevado a un aumento en el número de trabajos en publicaciones biomédicas y de cursos sanitarios que describen estos agentes, sus mecanismos de acción y cómo tratar las intoxicaciones (Tabla 1). En su mayoría, se basan en manuales y publicaciones militares de EE.UU. y de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) adaptados a escenarios civiles. También, en su mayoría, se hace referencia a las lecciones aprendidas en los atentados de Japón. Estas lecciones

aprendidas se puede decir que tienen aspectos similares a las que han surgido en distintos incidentes en los que el personal sanitario se ha enfrentado con productos químicos industriales. En cada incidente surgen nuevas lecciones aprendidas pero, desgraciadamente, se pone de manifiesto la necesidad de aplicar las aprendidas en incidentes previos. De hecho, a pesar de la alta percepción del riesgo sobre el posible uso de armas de destrucción masiva en atentados terroristas, las imágenes de los atentados del 7 de julio de 2005 en Londres mostraban a los primeros intervinientes entrar en las estaciones de metro sin ningún tipo de protección individual, cuando todavía no estaba claro que únicamente se habían utilizado explosivos convencionales.

Al contrario que en un atentado con armas convencionales, en un atentado con agentes químicos de guerra es muy probable que inicialmente no se sepa la naturaleza del agente que ha sido utilizado, el manejo de las víctimas requerirá medidas especiales de protección para evitar que el propio personal sanitario se convierta en víctimas y, en algunos casos, el tratamiento de la intoxicación puede requerir el uso de antidotos específicos. En España, tras los atentados del 11S, un estudio publicado en el año 2002 mostraba problemas en la disponibilidad de antidotos frente a intoxicaciones por agentes químicos de guerra⁵, mientras que otro publicado en el año 2003 mostraba una baja percepción del nivel de preparación

TABLA 1. Principales agentes químicos de guerra "clásicos" y otras sustancias químicas susceptibles de ser utilizadas en atentados terroristas

Grupo de agentes	Principales representantes	Mecanismo de acción	Tratamiento antidótico
Neurotóxicos	Sarín, somán, tabún y VX	Inhibición de la acetilcolinesterasa	Atropina, oxima ^a y benzodiazepina ^b
Vesicantes	Mostazas de azufre (p. ej. iperita) y de nitrógeno, lewisitas y oxima de fosgeno	Alquilación de distintas moléculas ^c	Frente a las lewisitas: BAL, DMPS o DMSA
Neumotóxicos	Cloro, cloropicrina, fosgeno, difosgeno y perfluoroisobutileno	Irritación de vías respiratorias y/o acilación de proteínas que regulan la permeabilidad de la membrana alveolar	No disponible
Cianurados	Ácido cianhídrico y halogenuros de cianógeno	Inhibición de la citocromo oxidasa mitocondrial	Hidroxocobalamina o nitrito sódico y tiosulfato sódico
Otros agentes: incapacitantes ^d , antidisturbios, biorreguladores, toxinas y productos químicos industriales			

^aPralidoxima, obidoxima y HI-6 son las principales oximas comercializadas.

^bPuesto que el mecanismo de acción a medio y largo plazo de los agentes neurotóxicos incluye el sistema GABAérgico, está indicada su administración incluso en ausencia de crisis convulsivas.

^cSe desconoce el mecanismo de acción de la oxima de fosgeno.

^dDurante la época de la Guerra Fría distintos países estudiaron la posibilidad de utilizar como armas sustancias con actividad en el sistema nervioso central y periférico. El principal representante es el BZ, un anticolinérgico de acción central.

BAL: dimercaprol. DMPS: ácido 2,3-dimercapto-1-propanosulfónico. DMSA: ácido meso-2,3-dimercaptosuccínico.



por parte del personal de los servicios de Urgencias de los hospitales catalanes para hacer frente a un ataque con armas de destrucción masiva⁶.

Este trabajo profundiza en las lecciones aprendidas en la intervención sanitaria de los atentados de Japón y de otros incidentes con productos químicos con el fin de que, en el caso de que se produzca un atentado con agentes químicos de guerra, sus consecuencias se vean minimizadas por una mejor actuación del personal sanitario.

COORDINACIÓN OPERATIVA

En cualquier atentado terrorista la gestión de la crisis debe permitir la coordinación de todos los organismos intervinientes con el fin de optimizar los recursos disponibles^{7,9}, lo que incluye un Centro de Coordinación Operativa (CECOP) y su prolongación en el Puesto de Mando Avanzado (PMA) con sus grupos de acción. Una buena coordinación evitará que se produzcan situaciones de sobretriage, es decir, víctimas que no requieren tratamiento inmediato y que son trasladadas a los hospitales, con el riesgo de saturarlos y poner en peligro el tratamiento de las víctimas más graves. El traslado de las víctimas a los hospitales debería estar perfectamente coordinado con los hospitales, teniendo en cuenta no sólo la proximidad del hospital y la gravedad de las víctimas, sino la capacidad de atención del hospital, buscando así una distribución equilibrada¹⁰. En el atentado con sarín en el metro de Tokio el hospital que atendió a un mayor número de víctimas fue el Hospital Internacional St. Luke, situado a unos 500 metros de la estación de Tsukiji, una de las más afectadas¹¹. El 20 de marzo de 1995, día del atentado, atendieron a 641 pacientes y a 349 más durante los 7 días siguientes. Sólo un 7% de las víctimas llegó al hospital en ambulancias, pero no provenían de la estación de Tsukiji, sino de la estación de Kodanma-cho, situada a unos 3 kilómetros del hospital, ya que no existió coordinación en el traslado de las víctimas^{12,13}.

Durante la guerra Irán-Iraq el ataque iraquí con agentes neurotóxicos a la ciudad de Hosseiniyeh en 1987 llevó a que unas 300 víctimas graves llegaran a la unidad sanitaria militar iraní más próxima durante los primeros 5 minutos, seguidas de 1.700 víctimas menos graves que colapsaron la unidad, sin que existiese un plan de distribución de víctimas entre unidades sanitarias¹⁴. Más recientemente, en septiembre de 2001, una explosión en una planta química de fertilizantes a base de nitrato amónico en la ciudad francesa de Toulouse provocó 30 muertos, más de 2.200 heridos por el efecto mecánico y térmico de la explosión, más de 5.000 personas tratadas por estrés y el colapso de los servicios de urgencias de algunos hos-

pitales por víctimas con lesiones mínimas que se presentaron de forma espontánea por sus propios medios^{15,16}. Igualmente en los atentados terroristas del 11 de marzo de 2004 en Madrid (11M) se observó sobretriage en el traslado de las víctimas al Hospital General Universitario Gregorio Marañón^{17,18}.

La coordinación operativa debe facilitar también la movilización adecuada de los recursos sanitarios que puedan ser necesarios, así como la coordinación de todos los organismos implicados a nivel táctico. De hecho, la descoordinación observada entre los organismos intervinientes en el 11S y en los incidentes con sobres con esporas de carbunco en EE.UU. han aportado esta necesidad como una de las principales lecciones aprendidas¹⁹.

Como se explicará más adelante la detección o identificación del agente por los primeros intervinientes es problemática y puede ser necesario enviar muestras a los laboratorios de referencia. Una vez realizada la identificación del agente por los laboratorios, el personal sanitario debería ser informado con el fin de que pueda iniciar o continuar el tratamiento antidótico adecuado. El Hospital St. Luke supo 3 horas después del atentado que la policía había identificado sarín como el agente causal, pero no por comunicación del centro de coordinación ni de la propia policía, sino a través de la televisión¹². La coordinación operativa debe evitar este tipo de situaciones.

Finalmente, se deberían realizar ejercicios y simulacros serios para comprobar la existencia de la coordinación necesaria para gestionar un atentado con agentes químicos y para obtener lecciones aprendidas^{20,21}.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

Una de las principales lecciones aprendidas de los atentados con sarín en Japón es la necesidad de que todo el personal que entre en la zona afectada por el agente químico o que esté en contacto con las víctimas sin descontaminar debe llevar la protección individual adecuada²². La Directiva 89/656/CEE de 30 de noviembre del Consejo de las Comunidades Europeas (transpuesta al Derecho español por el Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo) establece las “disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la elección, utilización por los trabajadores en el trabajo y mantenimiento de los EPI”, pero excluye los EPI de los servicios de socorro y salvamento, militares, policías y servicios de mantenimiento del orden. Por otro lado, la Directiva 89/686/CEE de 21 de diciembre (transpuesta al Derecho español mediante el Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre y posteriores modificaciones) establece las exigencias mínimas esenciales que deben cumplir los EPI, regulando así las condiciones para su comer-

cialización y libre circulación intracomunitaria. Además, establece las exigencias esenciales de sanidad y seguridad que deben cumplir todos los EPI. En su anexo I indica que “los EPI concebidos y fabricados específicamente para las Fuerzas Armadas, fuerzas de orden público y de autodefensa contra agresores (p. ej. generadores de aerosol y armas individuales de disuasión)” quedan fuera del campo de aplicación de la directiva. Aún así, estas exigencias darán lugar a una serie de Normas Europeas (NE) del Comité Europeo de Normalización (CEN), así como a las equivalentes nacionales (UNE), sobre equipos de protección respiratoria y sobre ropa, guantes y calzado de protección contra productos químicos que pueden ser aplicables a los equipos de protección NBQ o, en su caso, a los equipos de protección contra agentes químicos de guerra. De hecho, si bien no existe una clasificación europea de EPI frente a agresiones o accidentes químicos, la Directiva 89/686/CEE los considera EPI de categoría 3, que son aquellos de “diseño complejo, destinados a proteger al usuario de todo peligro mortal o que pueda dañar gravemente y de forma irreversible la salud”.

Los EPI utilizados en ambiente NBQ se suelen clasificar en los 4 niveles de protección que establece la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EE.UU. (*Environmental Protection Agency*, EPA)^{23,24} (Tabla 2) (Figura 1). Esta clasificación es la que utiliza también el Instituto Nacional de Toxicología en España²⁵. No se debe confundir la clasificación de la EPA con la clasificación de la ropa de protección para incidentes de terrorismo químico o biológico de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de EE.UU. (*National Fire Protection Association*, NFPA), muy utilizada pero que no incluye protección respiratoria²⁶ (Tabla 2). El nivel A de la clasificación de la EPA es el de mayor protección del sistema respiratorio, piel, ojos y mucosas. Consiste en un traje totalmente encapsulado, hermético a gases, resistente a sustancias químicas y con un equipo de respiración autónomo de máscara completa. El equipo de respiración autónomo lleva una conexión a una fuente de aire comprimido y pueden ser de circuito abierto, si el aire exhalado sale a la atmósfera, o de circuito cerrado, si el aire exhalado es reciclado gracias a un filtro de regeneración, que fija el dióxido de carbono, y a un suministro autónomo de oxígeno. En intervenciones en incidentes químicos los más utilizados y adecuados son los de circuito abierto con presión positiva, es decir, en los que el aire entra en la máscara creando una presión positiva (mayor que en el exterior), aportando una protección adicional en caso de producirse alguna fuga. Además, se recomiendan equipos de circuito abierto de tipo demanda con presión positiva, también conocidos como “presión a demanda”, en los que el flujo del aire hacia la máscara aumenta con la inhalación. Los

inconvenientes de los equipos de respiración autónomos son su elevado peso, las interferencias al movimiento en espacios pequeños y el que la estancia en la zona afectada esté limitada a la duración de la fuente de aire comprimido. El nivel B es similar al nivel A, excepto que el traje no es encapsulado ni hermético a gases. El personal interviniente que entra por primera vez en la zona afectada por el agente químico debe llevar la máxima protección posible, a poder ser un nivel A, pero nunca menor protección que un nivel B^{23,24}.

En el nivel C la protección de la piel es semejante a la del nivel B pero la protección del sistema respiratorio es menor ya que utiliza una máscara completa con filtro de gases, que evita el paso de determinadas sustancias químicas por reacción química, adsorción o absorción. Los filtros comerciales se presentan en distintas clases y tipos, y las NE establecen un código de colores para indicar la sustancia o las sustancias químicas para las que son eficaces^{27,28} (Tabla 3). Los filtros son específicos para determinadas sustancias químicas y en determinadas concentraciones, normalmente por debajo de su concentración inmediatamente peligrosa para la vida y la salud (*Immediately Dangerous to Life or Health*, IDLH), es decir, concentraciones que, en caso de exposición, no producirían efectos o síntomas en el individuo que le impidiesen escapar, sin existir tampoco riesgo de muerte inmediata, efectos a largo plazo o irreversibles. Este nivel de protección no se debe utilizar si no se conoce la identidad de la sustancia química o su concentración, ni tampoco si el nivel de oxígeno es inferior al 17-19,5%^{24,29}. Existen equipos filtrantes asistidos (o de ventilación asistida) en los que un ventilador con motor hace pasar el aire por el filtro y lo empuja hacia la pieza facial de la máscara, facilitando así la respiración por la baja resistencia a la inhalación y aumentando el nivel de protección de la máscara^{30,31}. Es importante indicar que las baterías de estos equipos pueden ver reducido su tiempo de funcionamiento a bajas temperaturas. Las NE establecen que una batería con carga plena debe durar un mínimo de 4 horas²⁹. La vida útil de un filtro contra gases dependerá de la capacidad de filtración del filtro, concentración del agente, humedad y temperatura ambiental, y ritmo de respiración del usuario. Actualmente se estudian dispositivos basados en reacciones colorimétricas como indicadores del nivel de saturación del filtro.

Es importante tener en cuenta que los filtros de las máscaras NBQ de tipo militar están pensados únicamente para evitar el paso de agentes químicos de guerra “clásicos” (neurotóxicos, vesicantes, neumotóxicos y cianurados) (Figura 2). De hecho, el carbón activado de estos filtros no sería capaz de adsorber los agentes cianurados si no fuese por un tratamiento especial con sales de cobre o cromo, que forman cianuro cú-

**TABLA 2. Clasificaciones de equipos de protección individual (EPI) frente a agentes químicos**

Clasificación de los niveles de protección individual frente a sustancias químicas peligrosas de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EE.UU. (<i>Environmental Protection Agency, EPA</i>) ^{23,24}			
Nivel de protección	Protección respiratoria recomendada	Protección cutánea recomendada	Se debe utilizar cuando
A	Equipo aislante autónomo provisto de máscara completa y tipo demanda con presión positiva ^a	Equipos encapsulados herméticos a agentes químicos en forma de gas/vapor y resistentes a agentes químicos en forma líquida. Los guantes internos y externos, así como el calzado también deben ser resistentes a agentes químicos	-se requiere la máxima protección frente a agentes químicos en forma de gas/vapor y en forma líquida
B	Equipo aislante autónomo provisto de máscara completa y tipo demanda con presión positiva ^a	Equipos resistentes a agentes químicos en forma líquida. Los guantes internos y externos, así como el calzado también deben ser resistentes a agentes químicos	-se desconoce la identidad y/o concentración del agente químico. En estos casos este nivel se considera la protección mínima. Si se sospecha que puede haber un elevado riesgo de exposición a altas concentraciones de vapor o gas que podrían tener efectos nocivos sobre la piel se debe utilizar un nivel de protección A -las características físico-químicas del agente no permiten el uso de un equipo de protección respiratoria con dispositivo filtrante (nivel C) -la concentración del agente es superior o igual a la concentración IDHL y no se puede utilizar un equipo de protección respiratoria con dispositivo filtrante (nivel C) -la atmósfera contiene menos del 19,5% ^b de oxígeno y no se puede utilizar un equipo de protección respiratoria con dispositivo filtrante (nivel C)
C	Equipo con dispositivo filtrante de máscara completa	Equipos resistentes a agentes químicos en forma líquida. Los guantes internos y externos, así como el calzado también deben ser resistentes a agentes químicos	-la identidad y concentración del agente son conocidas; no se sobrepasa la concentración IDLH; y la atmósfera contiene al menos un 19,5% ^b de oxígeno
D	Ninguna	Ropa normal de trabajo (protección mínima de la piel)	No se debe utilizar en incidentes químicos
Clasificación de la ropa de protección para incidentes de terrorismo químico o biológico de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego de EE.UU. (<i>National Fire Protection Association, NFPA</i>) ²⁵			
Clase ^c	Ropa de protección ^d	Se debe utilizar cuando el análisis del riesgo indica que:	
1	Frente a agentes en forma de gas/vapor (traje hermético a gases) y líquida	-se desconoce la identidad del agente o la concentración del gas/vapor o del líquido -se espera contacto con el agente en forma líquida en la zona caliente. La ausencia de protección supondría una alta posibilidad de muerte inmediata, incapacitación grave inmediata o la incapacidad para escapar	
2	Frente a agentes en forma líquida y menor protección frente a agentes en forma de gas/vapor que la clase 1	-las víctimas en la zona caliente muestran síntomas y no son ambulatorias -hay probabilidad de contacto directo con el agente en forma líquida	
3	Frente a agentes en forma líquida	-las víctimas en la zona caliente muestran síntomas y son ambulatorias -hay posibilidad de contacto con el agente en forma líquida	

TABLA 2. Clasificaciones de equipos de protección individual (EPI) frente a agentes químicos (cont.)

Tipos de ropa de protección contra productos químicos según las Normas Europeas (NE) ⁴⁰⁻⁴⁴	
Tipo	Características de protección
1	Trajes herméticos a gases con suministro de aire respirable ^a
2	Trajes no herméticos a gases con suministro de aire respirable
3	Ropa con uniones herméticas a los líquidos
4	Ropa con uniones herméticas a las pulverizaciones
5	Ropa de protección frente a partículas sólidas
6	Ropa que ofrece protección limitada contra productos químicos líquidos

^aLa EPA recomienda, como alternativa, un equipo de protección respiratoria aislante con línea de aire comprimido tipo demanda con presión positiva, pero incluyendo un equipo de protección respiratoria aislante autónomo de escape. Todo ello lo hace muy engorroso y poco práctico para una intervención en incidentes de terrorismo químico.

^bLa EPA establece una concentración de oxígeno de 19,5% como el límite para utilizar o no un equipo de protección respiratoria con dispositivo filtrante, mientras que la normativa europea establece este límite en el 17%.

^cPara cada clase se establecen distintos requerimientos en los ensayos de permeación y penetración con agentes químicos de guerra, como el sarín, VX, iperita destilada y lewisita, y con distintos productos químicos industriales.

^dNo se establecen requerimientos de protección respiratoria para ninguna de las tres clases.

^eA su vez pueden llevar el equipo de protección respiratoria dentro del traje (tipo 1a), en el exterior del traje (tipo 1b) o una conexión a una línea de aire respirable (tipo 1c). Existen trajes de protección de tipo 1a y 1b de emergencia, 1a-ET y 1b-ET, respectivamente, con requisitos especiales⁴⁵.

prico o crómico, evitando así la inhalación por el usuario. Estos filtros NBQ militares son combinados ya que antes del filtro de carbón activado incorporan un filtro HEPA (*High Efficiency Particulate Air*), con una eficacia de al menos 99,997% frente a aerosoles de partículas de 0,3-0,4 μm , si bien la eficacia aumenta drásticamente con partículas de mayor tamaño.

Por lo tanto, la eficacia filtrante de estos filtros HEPA³²⁻³⁶ es mayor que la exigida por las NE a los filtros de partículas de alta eficacia en máscaras completas (P3), que es del 99,95% con aerosoles de cloruro sódico de diámetro aerodinámico de masa media de 0,6 μm y de parafina líquida de diámetro medio de Stokes de 0,4 μm ³⁷⁻³⁹. Los filtros HEPA se suelen colo-

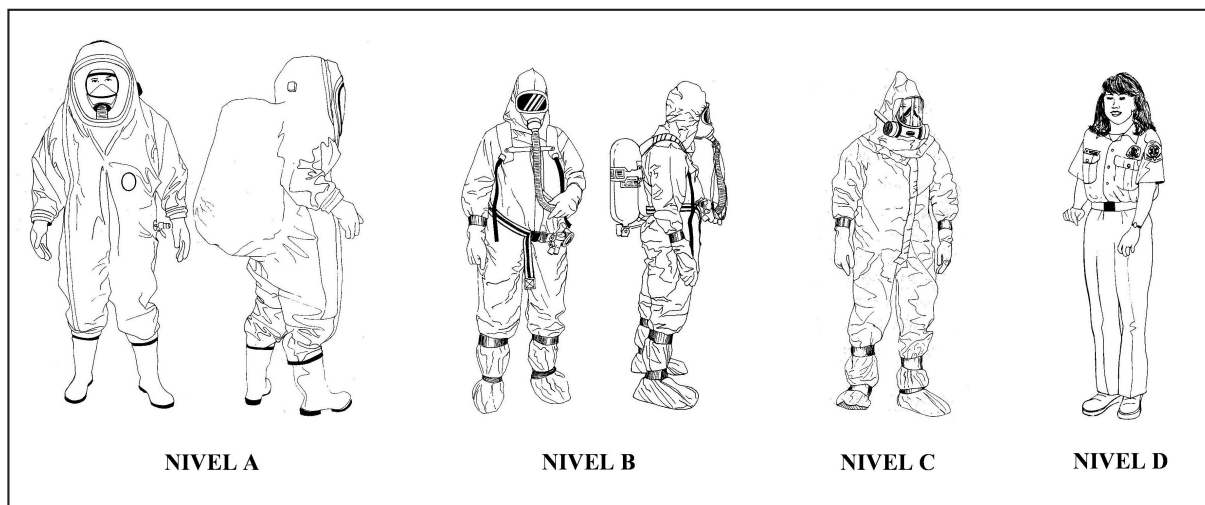


Figura 1. Niveles de protección individual frente a sustancias químicas peligrosas según la clasificación de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EE.UU. (Environmental Protection Agency, EPA)^{23,24}.

**TABLA 3. Tipos de filtros para gases según las Normas Europeas (NE)^{27,28}**

Tipo ^{a,b,c}	Uso	Código de color (marcado)	Características especiales
A	Frente a ciertos gases y vapores orgánicos con punto de ebullición >65°C	Marrón	
B	Frente a ciertos gases y vapores inorgánicos	Gris	
E	Frente a dióxido de azufre y otros gases y vapores ácidos	Amarillo	
K	Frente a amoníaco y derivados orgánicos del amoníaco	Verde	
AX	Frente a ciertos gases y vapores orgánicos con punto de ebullición ≤65°C	Marrón	Filtros no reutilizables o de uso único
SX	Frente a gases y vapores específicos	Violeta	El marcado debe indicar el nombre de los productos químicos y concentraciones máximas frente a las cuales el filtro ofrece protección
Filtros especiales:			
NO-P3	Frente a óxidos de nitrógeno	Azul-blanco	Incluye un filtro de partículas de alta eficacia (P3) Filtros no reutilizables o de uso único
Hg-P3	Frente a mercurio	Rojo-blanco	Duración máxima de uso de 50 horas

^aLos filtros de tipo A, B, E y K se clasifican según su capacidad en clase 1 (capacidad baja), clase 2 (capacidad media) y clase 3 (capacidad alta). El ensayo de capacidad según las NE utiliza distintas concentraciones de saturación según la clase de filtro.

^bSe denominan filtros múltiples las combinaciones de dos o más tipos (excluyendo el tipo SX).

^cSe denominan filtros combinados aquellos que incorporan también un filtro de partículas (p. ej. ABEK 1-P3). El aire siempre pasa primero por el filtro de partículas. El código de color debe incluir el color blanco correspondiente a los filtros de partículas (P).



Figura 2. El primer personal interviniente que entra en la zona donde se ha producido el incidente químico debe llevar la máxima protección posible, incluidos equipos de respiración autónomos. Una vez conocida la identidad y concentración del agente, así como la concentración de oxígeno, podrá reducirse el nivel de protección individual. En la imagen, una unidad de defensa NBQ realiza una misión de reconocimiento en Iraq. Afortunadamente llevaban un nivel A de protección con equipo de respiración autónomo cuando se produjo el escape de ácido nítrico, utilizado como propulsor en algunos misiles iraquíes. Si el personal hubiese llevado máscaras NBQ militares habrían podido resultar intoxicados, ya que el ácido nítrico no es adsorbido por el carbón activado de los filtros de las máscaras NBQ.

car en pliegues, con el fin de aumentar la superficie de filtración y reducir la resistencia a la inhalación.

La ropa de protección contra agentes químicos según las NE se clasifica en 6 tipos⁴⁰⁻⁴⁵ (Tabla 2). Es importante que al realizar la elección, el fabricante aporte información sobre la resistencia mecánica y la resistencia a la permeación y penetración de distintas sustancias químicas según las NE^{46,47}, si bien algunos fabricantes también aportan esta información según la normativa de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (*American Society for Testing and Materials*, ASTM). Sin embargo, en la evaluación del riesgo hay que tener en cuenta que las condiciones reales de trabajo son muy diferentes a los valores que se obtienen en los ensayos de laboratorio⁴⁸. Estos valores pueden servir para comparar los materiales, sin olvidar que están obtenidos en unas condiciones de ensayo controladas y fijadas por las NE o las normas de la ASTM. La realidad es que los trajes, guantes y calzado pierden propiedades por su uso. Así, el roce con el suelo, la flexión y la extensión de los guantes y calzado reducen el grosor en las zonas afectadas, disminuyendo la capacidad de protección⁴⁸⁻⁵¹. También la temperatura puede afectar las propiedades del EPI. Por ejemplo, la temperatura de ensayo normalizada para la determinación de la resistencia a la permeación (tiempo de paso o *breakthrough time*) por productos químicos de los guantes de protección es de 23°C⁵² y se ha observado que la temperatura en el interior del guante aumenta por el efecto de la temperatura corporal⁵³. Pues bien, cambios en las temperaturas externa e interna del guante provocan cambios importantes en los tiempos de penetración y de permeación de guantes de distintos materiales y frente a distintas sustancias químicas⁵³. Un ejemplo muy conocido en el campo de la toxicología sobre la importancia de la interpretación experta de las propiedades de los materiales de protección es la muerte de la Dra. Karen E. Wetterhahn en 1997 cuando “varias gotas” de dimetilmercurio cayeron en uno de sus guantes⁵⁴. La mala evaluación del riesgo y la mala información sobre protección que ofrecían los fabricantes de guantes para esta sustancia llevaron a este desenlace fatal. Los guantes y cubrebotas de butilo ofrecen mejor protección que los de nitrilo frente a agentes químicos de guerra “clásicos”⁵⁵, pero con el fin de obtener un mayor espectro de protección frente a un agente químico desconocido el Centro para la Promoción de la Salud y la Medicina Preventiva del Ejército de EE.UU. (*U.S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine*, USACHPPM) recomienda unos guantes externos de butilo de 14 milipulgadas y unos internos de nitrilo de 4-5 milipulgadas⁵⁶.

El uso del EPI supone problemas importantes para el usuario. El uso de protección respiratoria puede tener repercusiones pulmonares [aumento del espacio muerto anatómico,

aumento de la resistencia respiratoria (inhalación y exhalación) y alteración de los parámetros respiratorios], cardiovasculares (aumento de la frecuencia cardíaca, elevación de la presión arterial y disminución de la capacidad de resistencia al esfuerzo), psicológicas, cutáneas (en zonas de contacto o puntos de presión), posturales (por el peso de los equipos autónomos), oftalmológicas (disminución del campo visual) y disminuye la percepción auditiva, dificultando la comunicación^{31,57-72}.

Los tejidos de los EPI impiden el buen funcionamiento de los mecanismos de pérdida de calor a través de la conducción, convección, radiación y, sobre todo, la evaporación del sudor⁷³⁻⁷⁵. En un estudio realizado con el EPI NBQ del Ejército de EE.UU. se observó que su utilización se equivale con un aumento de 5,5°C del índice WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*)⁷⁶, utilizado en la valoración del estrés térmico⁷⁷. Aumenta, por tanto, el riesgo de golpe de calor, con alteraciones a nivel del sistema nervioso central debidas a un fallo en el sistema termorregulador, con riesgo de que se produzca la muerte por fallo multiorgánico⁷⁸. Existen en el mercado EPI de menor peso, que permiten la transpiración y que son resistentes a un determinado espectro de sustancias químicas. También se han desarrollado EPI con sistemas de refrigeración que, cuando se les compara con equipos convencionales sin estos sistemas, disminuyen la temperatura corporal periférica y disminuyen la velocidad de aumento de la temperatura corporal central^{73,74}. Las máscaras NBQ militares disponen de un sistema de ingestión de líquidos que permite al combatiente rehidratarse⁷⁹. En cuanto a los guantes, el incremento del grosor aumenta la protección pero reduce la operatividad y la destreza del individuo, en el caso del personal sanitario, por ejemplo, a la hora de tomar el pulso, coger una vía o intubar⁸⁰⁻⁸³. En estos casos el USACHPPM recomienda usar guantes de butilo de 7 milipulgadas sobre los de nitrilo, o únicamente guantes de butilo de 14 milipulgadas⁵⁶.

Por los problemas expuestos sobre el uso del EPI se entiende que sólo el personal en buen estado de salud y que ha realizado una instrucción adecuada debería intervenir en incidentes que requieran su uso^{58,84-86}, sobre todo en el caso de ser necesario el empleo de equipos de respiración autónomos³¹. En EE.UU. la Administración para la Seguridad y Salud Ocupacional (*Occupational Safety and Health Administration*, OSHA) exige unos niveles mínimos de instrucción sobre EPI para el personal interviniente en incidentes con sustancias peligrosas²³. Además, se ha demostrado que los programas de instrucción de EPI aumentan la eficacia de su utilización⁸⁷. El correcto uso y funcionamiento de un EPI dependen también de un buen ajuste con el usuario y de un correcto mantenimiento⁴⁸. Las casas comerciales pueden, en algunos casos, ofrecer distin-



tas tallas pero el ajuste particular es imprescindible, ya que un pequeño espacio sin ajustar puede ser suficiente para permitir la entrada del aire contaminado. Existen distintos ensayos para comprobar el ajuste y la estanqueidad de las máscaras^{31,88,89}. El vello facial puede reducir el nivel de protección ya que se incrementa la fuga al introducirse en la zona del borde de estanqueidad, es decir, entre la cara y la pieza facial⁸⁴. Las gafas graduadas deberían ser compatibles con los equipos de protección respiratoria pero es necesario comprobar que no suponen una fuente de fugas, es decir, falta de estanqueidad^{31,86}.

Lo ideal sería elegir el EPI adecuado en función de la identidad y concentración del agente químico con el fin de obtener una buena protección pero que permita el mayor grado de operatividad y destreza del usuario. Sin embargo, en el caso de un atentado terrorista puede que esto no sea posible y, por motivos logísticos y prácticos, sería inviable tener almacenados distintos EPI para un mismo usuario, con el fin de que elija el adecuado en una situación dada⁹⁰.

EQUIPOS DE DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE AGENTES QUÍMICOS

Los principales sistemas comercializados para la detección e identificación de agentes químicos se basan en reac-

ciones enzimáticas, reacciones colorimétricas, espectrometría de movilidad iónica (IMS), fotoionización (PI), fotometría de llama (FP), cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS), espectroscopia infrarroja (IR) y ondas acústicas superficiales (SAW)⁹¹. Todos estos sistemas, sin importar la tecnología que utilicen, producen un cierto número de falsos positivos y/o falsos negativos debido a su sensibilidad y selectividad⁹². Es necesario que el personal que utiliza los equipos de detección e identificación conozca su funcionamiento y la posibilidad de que se produzcan estas falsas respuestas. Las propiedades físico-químicas y la meteorología pueden afectar la respuesta, de manera que sólo un buen conocimiento de los equipos y de los agentes químicos permitirá interpretar los resultados. Las alarmas por falsos positivos tienen lugar cuando el equipo indica la presencia del agente químico, cuando en realidad no está presente. Un falso positivo puede ser producido por diferentes factores, dependiendo del fundamento de la técnica utilizada. Por ejemplo, los compuestos que contienen fósforo y azufre, como algunos insecticidas, darán falsos positivos con detectores de agentes químicos de guerra basados en técnicas de FP, ya que los detectores FP dan respuesta a todos los compuestos que contienen fósforo y azufre (Figura 3a). Los falsos negativos tienen lugar cuando el equipo no responde en presencia del agente químico

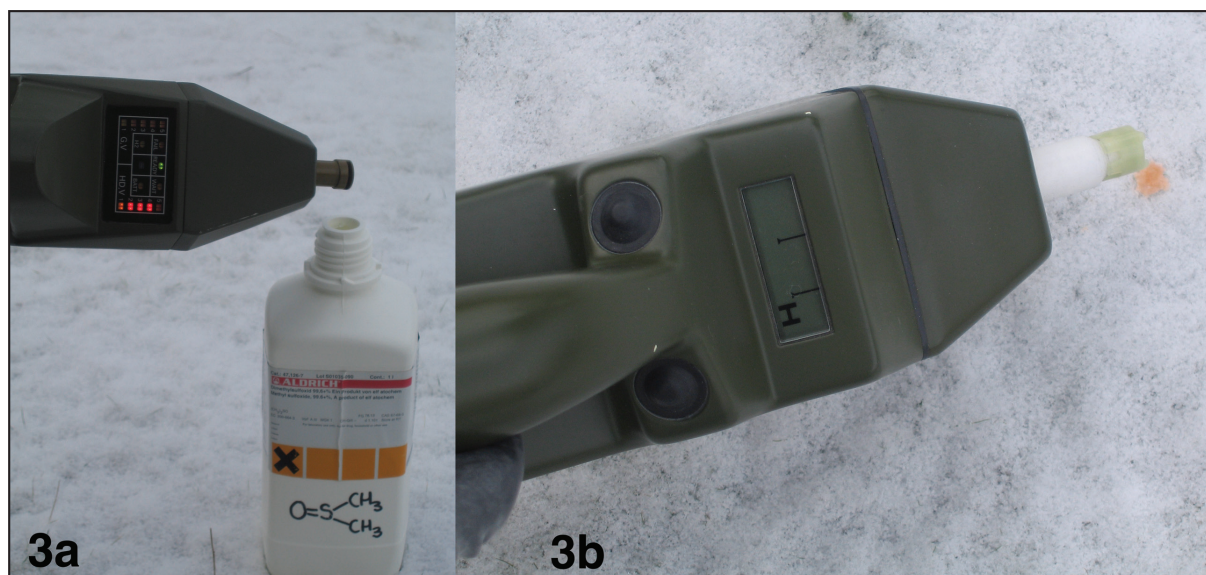


Figura 3a. Ejemplo de un falso positivo. El dimetilsulfóxido (DMSO) es un disolvente orgánico de uso común. En su estructura presenta, al igual que la iperita, un átomo de azufre. El equipo de detección de la imagen funciona por fotometría de llama y da respuesta a cualquier sustancia que contenga azufre o fósforo en su estructura, dando un falso positivo a agente vesicante de guerra en presencia de DMSO. Figura 3b. Ejemplo de falso negativo. A baja temperatura la presión de vapor de la iperita disminuye y el detector de la imagen, basado en espectrometría de movilidad iónica, no es capaz de detectarla, dando un falso negativo.

(Figura 3b). Al igual que en los falsos positivos, un falso negativo puede ser producido por distintos factores dependiendo de la técnica utilizada: una baja sensibilidad, cambios en las condiciones medioambientales, efectos de la humedad, interferencias por sustancias químicas, un número limitado de sustancias químicas en las librerías o desviaciones algorítmicas. Normalmente todos los equipos están diseñados llegando a un compromiso entre falsos positivos y falsos negativos, tratando de reducir los errores al mínimo, aunque esto tiene algunas limitaciones en la práctica. En un atentado terrorista los falsos positivos llevan al uso innecesario del EPI que disminuye la operatividad del personal interviniente. Sin embargo, los falsos negativos son más peligrosos porque pueden permitir la exposición del personal al agente. Por estas razones, en los detectores utilizados por primeros intervinientes los falsos positivos son menos problemáticos que los falsos negativos^{92,93}.

Las lecciones aprendidas de los ataques terroristas de Aum Shinrikyo en Japón incluyen la importancia de los falsos positivos en un escenario real. Inicialmente los bomberos de Tokio indicaron que se había producido una explosión convencional en el metro, para una hora después comunicar que se había producido un incidente con acetónitrilo, que finalmente resultó ser un falso positivo de sus equipos de detección^{11,12}. No sería hasta 3 horas después del atentado cuando la policía mediante GC/MS identificaría sarín. Afortunadamente el personal sanitario ya había iniciado el tratamiento antidotico adecuado basándose en signos clínicos de la intoxicación como miosis, rinorrea y bajos niveles de colinesterasas sanguíneas.

En 1986 unos 48 intoxicados por iperita iraníes fueron trasladados a Londres para ser tratados. A su llegada fueron monitorizados en el aeropuerto con un equipo de IMS y 5 de ellos, que habían estado expuestos a iperita 6-8 días antes, dieron positivo a iperita. El motivo fue un falso positivo del equipo⁹⁴, ya que la iperita, por su rápida absorción y reactividad, no se detecta 30 minutos después del contacto con la piel⁹⁵.

La detección juega también un papel importante incluso en los procesos de descontaminación, ya que los sistemas de detección suelen emplearse para verificar la eficacia del proceso de descontaminación. Un falso negativo puede hacer que un mal proceso de descontaminación parezca que está bien hecho.

Además del esfuerzo económico que supone la adquisición de los equipos de detección e identificación, estos también necesitan un mantenimiento periódico, en algunos casos incluso semanal. Un mal mantenimiento hará que sean ineficaces, comprometiendo toda la intervención.

DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL Y TRIAGE

El diagnóstico diferencial debe permitir al personal sanitario identificar el posible agente causal del síndrome tóxico en función de una serie de signos clínicos fáciles de reconocer, sobre todo en el caso de un elevado número de víctimas, teniendo en cuenta que hay muchas sustancias que pueden producir síntomas y signos clínicos semejantes a los de algunos agentes químicos de guerra "clásicos"^{93,96}. Por ejemplo, en 1997 una unidad del Ejército de EE.UU. pensó que había estado expuesta a agentes vesicantes de guerra por la aparición de ampollas en la piel que recordaban a las que producen estos agentes. Finalmente, y pasadas unas semanas, el servicio de medicina preventiva de la Marina de EE.UU. llegó a la conclusión de que las responsables de las lesiones dérmicas eran toxinas producidas por escarabajos de la zona en la que había desplegado la unidad⁹³.

En los atentados con sarín en Japón el signo clínico más característico y común fue la presencia de miosis^{11,97-110}, que podría ser útil para diferenciar de forma rápida y sencilla una intoxicación real por agentes neurotóxicos de una falsa, y resultar también útil en el diagnóstico diferencial entre intoxicaciones por agentes neurotóxicos y agentes cianurados¹¹¹. En el caso de contacto con un agente neurotóxico en forma líquida la presencia de fasciculaciones y diaforesis en la zona de contacto puede ser de utilidad en el diagnóstico diferencial. En este caso la presencia de miosis no será un signo temprano, sino que será debida a la absorción dérmica del agente que da lugar a efectos sistémicos. Es más, puede que ni siquiera se observe miosis o que tarde más de 3 horas en manifestarse, como ocurrió en el único caso descrito de los cuatro atentados con VX que llevó a cabo Aum Shinrikyo en Japón^{112,113}. La aparición de convulsiones indicará que ya se ha producido la absorción del agente por vía inhalatoria o por vía dérmica y que se está viendo afectado el sistema nervioso central. La experiencia de los médicos iraníes con víctimas de agentes neurotóxicos durante la guerra Irán-Iraq muestra que en ciertas ocasiones es difícil diferenciar en los primeros momentos entre una intoxicación por neurotóxicos y por cianurados, sobre todo si no se observa miosis ni aumento de secreciones. No fueron raras las ocasiones en que, confundidos, pasaban del tratamiento antidotico de cianurados al de neurotóxicos, y viceversa¹⁴. Por este motivo, algunas unidades sanitarias militares disponen de equipos de campaña portátiles para la determinación de niveles de colinesterasas en sangre, con el fin de ayudar al personal sanitario en el diagnóstico diferencial. En las víctimas tratadas por intoxicación de sarín en el Hospital St. Luke se observó que la reducción en los niveles de colinesterasa plasmática estaba normalmente correlacionada

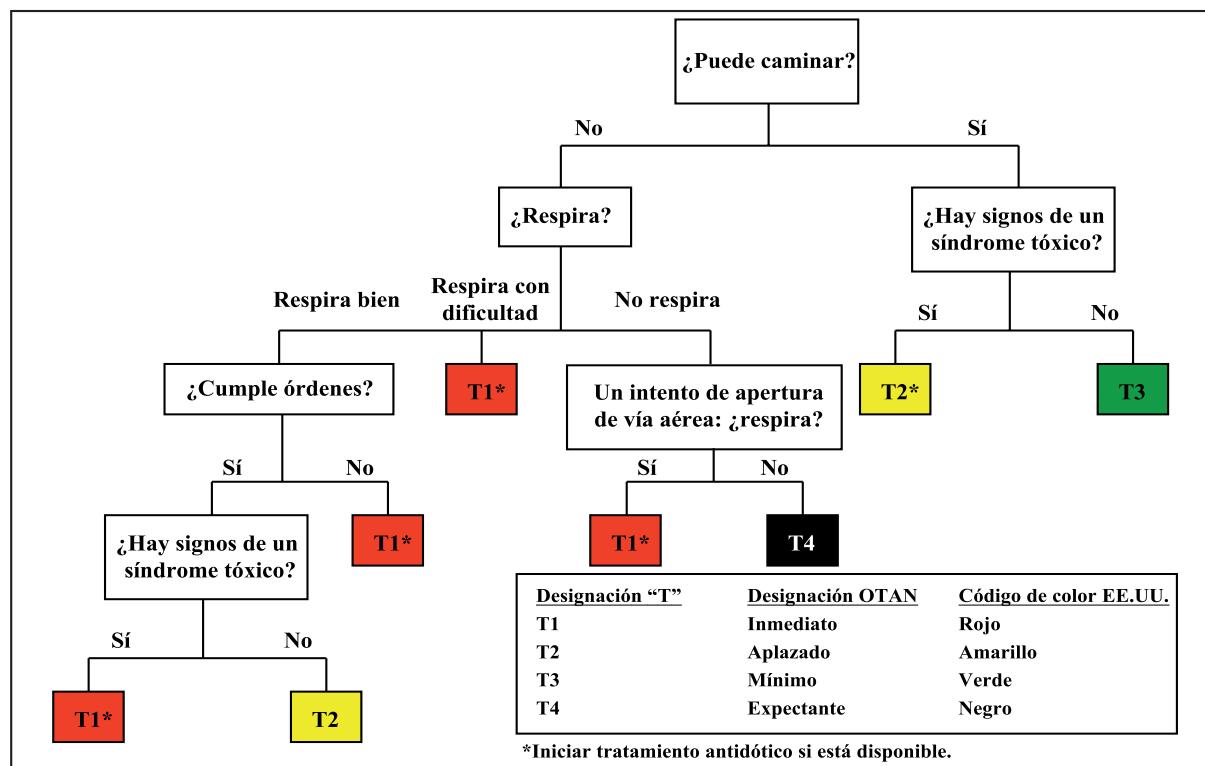


Figura 4. Propuesta de algoritmo de triage para víctimas por agentes químicos según Cone y Koenig¹²¹.

con la gravedad de los signos clínicos observados^{100,105}. En el caso de los agentes vesicantes, y en concreto las mostazas de azufre y nitrógeno, uno de los principales problemas del diagnóstico diferencial es la existencia de un período de latencia de 2-48 horas, hasta que aparecen los primeros síntomas y signos clínicos¹¹⁴. La figura de Brund-Lowdy o la regla de los nueve son de poca utilidad en este tipo de intoxicaciones. Durante la guerra Irán-Iraq se observó también que grupos especiales de población, sobre todo los niños, son más susceptibles a los efectos de los agentes neurotóxicos de guerra y a la ivermectina^{115,116}.

El olor característico de algunos agentes se suele citar como una propiedad organoléptica que puede ser útil para su identificación, pero la experiencia iraní durante la guerra Irán-Iraq indica que estas propiedades son muy subjetivas, que dependen de la pureza del agente y, en definitiva, que resultan de poca utilidad para realizar un diagnóstico diferencial¹¹⁴.

El triage o clasificación de víctimas permitirá priorizar la atención, descontaminación y evacuación de las víctimas en función de los recursos disponibles. El triage es un proceso dinámico y se debe llevar a cabo a todos los niveles, extrahospitalario y hospitalario^{117,118}. Su correcta aplicación dará lugar a una respuesta más eficaz de la actuación sanitaria, tal y como sucedió en los atentados terroristas del 11M¹¹⁹. La experiencia de los atentados en Japón y la guerra Irán-Iraq muestra que los clásicos sistemas de triage frente a múltiples víctimas

por armas químicas descritos en algunos manuales militares resultan bastante complejos y poco prácticos¹²⁰, sobre todo si no es posible identificar un síndrome tóxico por diagnóstico diferencial, de ahí que se necesite complementarlos con sistemas más simples. Por poner un ejemplo, el triage clásico de víctimas por agentes vesicantes de guerra se basa en el porcentaje de la superficie corporal afectada¹²⁰ pero, si en el caso de las mostazas hay un período de latencia de 2-48 horas, ¿cómo hacer la clasificación si no se puede determinar la extensión de la superficie afectada? Efectivamente, la experiencia de los médicos iraníes durante los ataques iraquíes con ivermectina indica que era prácticamente imposible hasta que no había pasado ese período de latencia y que, incluso, las primeras lesiones en la piel no eran representativas de la gravedad final de la intoxicación¹¹⁴.

Un método de triage en caso de múltiples víctimas por agentes químicos debería ser fácil de memorizar, rápido de aplicar, reproducible y fiable. Siguiendo estos criterios Cone y Koenig¹²¹ proponen un modelo de triage para víctimas por agentes químicos de guerra basado en el método START (*Simple Triage And Rapid Treatment*)^{122,123} pero con tres modificaciones del algoritmo: se hace una evaluación subjetiva de la respiración de la víctima, se elimina la valoración del pulso radial y se incluye la posible identificación de un síndrome tóxico mediante diagnóstico diferencial (Figura 4).

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Tu AT. Overview of sarin terrorist incidents in Japan in 1994 and 1995. En: *Proceedings of the Sixth International Symposium on Protection Against Chemical and Biological Warfare Agents*; 1998 May 10-15; Stockholm, Sweden; 1998. p. 13-8.
- 2- Tsuchihashi H, Katagi M, Tatsuno M, Miki A, Nishikawa M. Identification of VX metabolites and proof of VX use in the victim's serum. *International Symposium on NBC Terrorism Defense in Commemoration of the 10th Anniversary of the Tokyo Subway Attack*; 2005 June 16-19; Chiba Institute of Science, Choshi City, Chiba, Japan.
- 3- Franse M, Westbroek H, Hielkema W, Jahromi S, Bonn D, Stunnenberg F. Chemical weapons: chaos and misunderstanding. En: Heyndrickx B, editor. *Proceedings of the Second World Congress on New Compounds in Biological and Chemical Warfare: Toxicological Evaluation, Industrial Chemical Disasters, Civil Protection and Treatment*; 1986 August 24-27; Ghent, Belgium. Ghent: University of Ghent; 1986. p. 631-5.
- 4- Moore D. Low-level nerve agent exposure: objectives of future research for military and civilian populations. En: Monov A, Dishovsky C, editores. *Medical aspects of chemical and biological terrorism: chemical terrorism and traumatism*. Sofia: Publishing House of the Union of Scientists in Bulgaria; 2005. p. 121-7.
- 5- Nogué S, Dueñas A, Nigorra M, García S. Disponibilidad de antídotos en caso de accidentes o atentados con armas químicas. *Med Clin (Barc)* 2002;118:650-2.
- 6- Miró O, Trejo O, Queralt C, Sánchez M. Preparación de los servicios de urgencias ante un eventual ataque terrorista con armas de destrucción masiva. *Med Clin (Barc)* 2003;121:596-7.
- 7- Olson D, Leitheiser A, Atchison C, Larson S, Homzik C. Public health and terrorism preparedness: cross-border issues. *Public Health Rep* 2005; 120(Suppl 1):76-83.
- 8- San Jaime A, Aguilar F, Miguel F, Sirgado L, López JC, Parra P. Gestión de la Central de Comunicaciones SAMUR-PC ante situaciones extraordinarias. *Puesta al Día en Urgencias, Emergencias y Catástrofes* 2005;6:109-17.
- 9- Schwenk M, Kluge S, Jaroni H. Toxicological aspects of preparedness and aftercare for chemical-incidents. *Toxicology* 2005;214:232-48.
- 10- Rodríguez P, Serra JA. Coordinación general de las actuaciones en el hospital. *Med Clin (Barc)* 2005;124(Suppl 1):3-7.
- 11- Okumura T, Suzuki K, Fukuda A, Kohama A, Takasu N, Ishimatsu S, et al. The Tokyo subway sarin attack: disaster management, part 2: hospital response. *Acad Emerg Med* 1998;5:618-24.
- 12- Okumura T, Suzuki K, Fukuda A, Kohama A, Takasu N, Ishimatsu S, et al. The Tokyo subway sarin attack: disaster management, part 1: community emergency response. *Acad Emerg Med* 1998;5:613-7.
- 13- Tokuda Y, Kikuchi M, Takahashi O, Stein GH. Prehospital management of sarin nerve gas terrorism in urban settings: 10 years of progress after the Tokyo subway sarin attack. *Resuscitation* 2006;68:193-202.
- 14- Newmark J. The birth of nerve agent warfare: lessons from Syed Abbas Foroutan. *Neurology* 2004;62:1590-6.
- 15- Carli P, Telion C, Baker D. Terrorism in France. *Prehospital Disaster Med* 2003;18:92-9.
- 16- Dechy N, Bourdeaux T, Ayrault N, Kordek MA, Le Coze JC. First lessons of the Toulouse ammonium nitrate disaster, 21st September 2001, AZF plant, France. *J Hazard Mater* 2004;111:131-8.
- 17- Gargallo MT, Muñío A, Ortiz FJ. Departamento de urgencias médico-quirúrgicas. *Med Clin (Barc)* 2005;124(Suppl 1):8-12.
- 18- Peral J, Turégano F, Pérez D, Sanz M, Martín C, Guerrero JE. Casualties treated at the closest hospital in the Madrid, March 11, terrorist bombings. *Crit Care Med* 2005;33(Suppl 1):S107-12.
- 19- Renden RW, Welch NM, Kaplowitz LG. Leveraging bioterrorism preparedness for nonbioterrorism events: a public health example. *Biosecure Bi-terror* 2005;3:309-15.
- 20- Cragin CL. The role of the Department of Defense in domestic weapons of mass destruction consequence management. *Mil Med* 2001;166(Suppl 2):1-3.
- 21- Socher MM, Leap ED. Exercises and educational courses in terrorism preparedness. En: Burstein JL, Schwartz RB, Swienton RE, editores. *Medical response to terrorism: preparedness and clinical practice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p. 329-41.
- 22- Okumura T, Ninomiya N, Ohta M. The chemical disaster response system in Japan. *Prehospital Disaster Med* 2003;18:189-92.
- 23- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). *Managing hazardous materials incidents. Vol. I. Emergency medical services: a planning guide for the management of contaminated patients*. Atlanta (GA): U.S. Department of Health and Human Services; 2000.
- 24- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Occupational Safety and Health Administration (OSHA), U.S. Coast Guard (USCG), U.S. Environmental Protection Agency (EPA). *Occupational safety and health guidance manual for hazardous waste site activities*. Washington, D.C.: U.S. Department of Health and Human Services; 1985.
- 25- Ramón MF, Ballesteros S, Martínez-Arrieta R, Cabrera J. *Armas químicas-Q-NBQ-Toxicidad y tratamiento*. Madrid: Servicio de Información Toxicológica; 2003.
- 26- National Fire Protection Association (NFPA). NFPA 1994: Standard on protective ensembles for chemical/biological terrorism incidents. 2001 edition. Quincy (MA): NFPA; 2001.
- 27- UNE-EN 14387:2004/AC (junio 2005). Equipos de protección respiratoria. Filtros contra gases y filtros combinados. Requisitos, ensayos, marcado. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2005.
- 28- UNE-EN 14387 (julio 2004). Equipos de protección respiratoria. Filtros contra gases y filtros combinados. Requisitos, ensayos, marcado. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2004.
- 29- UNE-EN 12942 (mayo 1999). Equipos de protección respiratoria. Equipos filtrantes de ventilación asistida provistos de máscaras o mascarillas. Requisitos, ensayos, marcado. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 1999.
- 30- UNE-EN 12942/A1 (abril 2003). Equipos de protección respiratoria. Equipos filtrantes de ventilación asistida provistos de máscaras o mascarillas. Requisitos, ensayos, marcado. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2003.
- 31- De la Iglesia A, Gómez J, Ledesma MJ, Ledesma J, Pacheco L, Sáenz R, et al. La vigilancia de la salud en usuarios de equipos de protección individual respiratoria (1ª parte). *Prevención, Trabajo y Salud* 2002;(22):4-12.
- 32- UNE-EN 1822-1 (mayo 1999). Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 1: Clasificación, principios generales del ensayo, marcado. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 1999.
- 33- UNE-EN 1822-2 (mayo 1999). Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 2: Producción de aerosol, aparatos de medición, estadísticas de conteo de partículas. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 1999.
- 34- UNE-EN 1822-3 (mayo 1999). Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 3: Ensayo de medio filtrante plano. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 1999.
- 35- UNE-EN 1822-4 (septiembre 2001). Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 4: Ensayo de estanquidad de la célula filtrante (método de exploración). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2001.
- 36- UNE-EN 1822-5 (junio 2001). Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 5: Medida de la eficacia de la célula filtrante. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2001.
- 37- UNE-EN 13274-7 (septiembre 2003). Equipos de protección respiratoria. Métodos de ensayo. Parte 7: determinación de la penetración de filtros de partículas. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2003.
- 38- UNE-EN 143/AC (diciembre 2002). Equipos de protección respiratoria. Filtros contra partículas. Requisitos, ensayos, marcado. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2002.
- 39- UNE-EN 143 (junio 2001). Equipos de protección respiratoria. Filtros contra partículas. Requisitos, ensayos, marcado. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2001.
- 40- UNE-EN ISO 943-1 (abril 2003). Ropa de protección contra productos químicos, líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas. Parte 1: Requisitos de prestaciones de los trajes de protección química, ventilados y no ventilados, herméticos a gases (Tipo 1) y no herméticos a gases (Tipo 2). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2003.
- 41- UNE-EN 14605 (noviembre 2005). Ropas de protección contra productos químicos líquidos. Requisitos de prestaciones para la ropa con uniones



- herméticas a los líquidos (Tipo 3) o con uniones herméticas a las pulverizaciones (Tipo 4), incluyendo las prendas que ofrecen protección únicamente a ciertas partes del cuerpo (Tipos PB [3] y PB [4]). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2005.
- 42- UNE-EN 13982-1 (mayo 2005). Ropa de protección para uso contra partículas sólidas. Parte 1: Requisitos de prestaciones para la ropa de protección química que ofrece protección al cuerpo completo contra partículas sólidas suspendidas en el aire (ropa de tipo 5). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2005.
- 43- UNE-EN 13034 (noviembre 2005). Ropa de protección contra productos químicos líquidos. Requisitos de prestaciones para la ropa de protección química que ofrece protección limitada contra productos químicos líquidos (equipos del tipo 6 y de tipo PB [6]). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2005.
- 44- UNE-EN 14325 (septiembre 2004). Ropa de protección contra productos químicos. Métodos de ensayo y clasificación de las prestaciones de los materiales, costuras, uniones y ensamblajes de la ropa de protección contra productos químicos. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2004.
- 45- UNE-EN 943-2 (septiembre 2002). Ropa de protección contra productos químicos, líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas. Parte 2: Requisitos de prestaciones de los trajes de protección química, herméticos a gases (Tipo 1), destinados a equipos de emergencia (ET). Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2002.
- 46- UNE-EN ISO 6529 (mayo 2002). Ropas de protección. Protección contra productos químicos. Determinación de la resistencia de los materiales de las ropas de protección a la permeación de líquidos y gases. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2002.
- 47- UNE-EN ISO 6530 (junio 2005). Ropa de protección. Protección contra productos químicos líquidos. Método de ensayo para la resistencia de los materiales a la penetración por líquidos. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2005.
- 48- Brouwer DH, Marquart H, Van Hemmen JJ. Proposal for an approach with default values for the protection offered by PPE, under European new or existing substance regulations. *Ann Occup Hyg* 2001;45:543-53.
- 49- Perkins JL, Rainey KC. The effect of glove flexure on permeation parameters. *Appl Occup Environ Hyg* 1997;12:206-10.
- 50- Raheel M. Pesticide transmission in fabrics: effect of perspiration. *Bull Environ Contam Toxicol* 1991;46:837-44.
- 51- Yang Y, Li S. Frictional transition of pesticides from protective clothing. *Arch Environ Contam Toxicol* 1993;25:279-84.
- 52- UNE-EN 374-3 (abril 2004). Guantes de protección contra los productos químicos y los microorganismos. Parte 3: determinación de la resistencia a la permeación por productos químicos. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2004.
- 53- Evans PG, McAlinden JJ, Griffin P. Personal protective equipment and dermal exposure. *Appl Occup Environ Hyg* 2001;16:334-7.
- 54- Blayney MB. The need for empirically derived permeation data for personal protective equipment: the death of Dr. Karen E. Wetterhahn. *Appl Occup Environ Hyg* 2001;16:233-6.
- 55- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). OSHA best practices for hospital-based first receivers of victims from mass casualty incidents involving the release of hazardous substances. Washington, D.C.: OSHA; 2005.
- 56- U.S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine (USACHPPM). Technical Guide 275: Personal protective equipment guide for military medical treatment facility personnel handling casualties from weapons of mass destruction and terrorism events. Aberdeen Proving Ground (MD); USACHPPM; 2003.
- 57- Arad M, Epstein Y, Krasner E, Danon YL, Atsmon J. Principles of respiratory protection. En: Danon YL, Shemer J, editores. *Chemical warfare medicine: aspects and perspectives from the Persian Gulf War*. Jerusalem: Gefen Publishing House Ltd.; 1994. p. 65-74.
- 58- Golan E, Arad M, Atsmon J, Shemer J, Nehama H. Medical limitations of gas mask for civilian populations: the 1991 experience. *Mil Med* 1992; 157:444-6.
- 59- Harber P, Shimoizaki S, Barrett T, Losides P, Fine G. Effects of respiratory dead space, inspiratory resistance, and expiratory resistance ventilatory loads. *Am J Ind Med* 1989;16:189-98.
- 60- Harber P, SooHoo K, Lew M. Effects of industrial respirators on respiratory timing and psychophysiologic load sensitivity. *J Occup Environ Med* 1988;30:256-62.
- 61- Johnson AT, Scott WH, Lausted CG, Benjamin MB, Coyne KM, Sahota MS, et al. Effect of respirator inspiratory resistance level on constant load treadmill work performance. *Am Ind Hyg Assoc J* 1999;60:474-9.
- 62- Johnson RF, Kobrick JL. Psychological aspects of military performance in hot environments. En: Lounsbury DE, Bellamy RF, Zajtcuk R, Pandolf KB, Burr RE, Wenger CB, editores. *Textbook of military medicine – Medical aspects of harsh environments*. Volume 1. Section 1: Hot environments. Washington, D.C.: Office of The Surgeon General, Department of the Army; 2002. p. 135-59.
- 63- Krueger GP. Psychological and performance effects of chemical-biological protective clothing and equipment. *Mil Med* 2001;166(Suppl 2):41-3.
- 64- Louhevaara V. Physiological effects associated with the use of respiratory protective devices: a review. *Scand J Work Environ Health* 1984;10: 275-81.
- 65- Raven PB, Dodson AT, Davis TO. The physiological consequences of wearing industrial respirators: a review. *Am Ind Hyg Assoc J* 1979;40:517-34.
- 66- Ritchie EC. Psychological problems associated with mission-oriented protective gear. *Mil Med* 2001;166(Suppl 2):83-4.
- 67- Ritchie EC. Psychological problems associated with wearing mission-oriented protective posture gear. En: Zajtcuk R, Bellamy RF, editores. *Textbook of military medicine – warfare, weaponry and the casualty (part 1): medical aspects of chemical and biological warfare*. Washington, D.C.: Office of The Surgeon General, Department of the Army; 1997. p. 393-6.
- 68- Ritchie EC. Treatment of gas mask phobia. *Mil Med* 1992;157:104-6.
- 69- Schier JG, Hoffman RS. Personal protective equipment. En: Burstien JL, Schwartz RB, Swienton RE, editores. *Medical response to terrorism: preparedness and clinical practice*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p. 284-9.
- 70- UNE-EN 136/AC (octubre 2004). Equipos de protección respiratoria. Máscaras completas. Requisitos, ensayos, marcado. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 2004.
- 71- UNE-EN 136 (julio 1998). Equipos de protección respiratoria. Máscaras completas. Requisitos, ensayos, marcado. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 1998.
- 72- Yellin A, Eilon S, Simansky DA, Shiner R, Epstein Y, Lieberman Y. Pneumothorax and the nuclear, biological, and chemical protective mask. En: Danon YL, Shemer J, editores. *Chemical warfare medicine: aspects and perspectives from the Persian Gulf War*. Jerusalem: Gefen Publishing House Ltd.; 1994. p. 109-12.
- 73- Cadarette BS, Cheuvront SN, Kolka MA, Stephenson LA, Mountain SJ, Sawka MN. Intermittent microclimate cooling during exercise-heat stress in US army chemical protective clothing. *Ergonomics* 2006;49:209-19.
- 74- Cadarette BS, Levine L, Staab JE, Kolka MA, Correa MM, Whipple M, et al. Upper body cooling during exercise-heat stress wearing the improved toxicological agent protective system for HAZMAT operations. *AIHA J* 2003;64:510-5.
- 75- Kobrick JL, Johnson RF, McMenemy DJ. Subjective reactions to atropine/2-PAM chloride and heat while in battle dress uniform and in chemical protective clothing. *Mil Psychol* 1990;2:95-111.
- 76- Goldman RF. Introduction to heat-related problems in military operations. En: Lounsbury DE, Bellamy RF, Zajtcuk R, Pandolf KB, Burr RE, Wenger CB, editores. *Textbook of military medicine – Medical aspects of harsh environments*. Volume 1. Section 1: Hot environments. Washington, D.C.: Office of The Surgeon General, Department of the Army; 2002. p. 3-49.
- 77- Parsons KC. International standards for the assessment of the risk of thermal strain on clothed workers in hot environments. *Ann Occup Hyg* 1999;43:297-308.
- 78- Piñeiro N, Martínez JL, Alemparte E, Rodríguez JC. Golpe de calor. *Emergencias* 2004;16:116-25.
- 79- Mudambo SM, Reynolds N. Body fluid shifts in soldiers after a jogging/walking exercise in the heat: effects of water and electrolyte solution on rehydration. *Cent Afr J Med* 2001;47:220-5.
- 80- Flaishon R, Sotman A, Ben-Abraham R, Rudick V, Varssano D, Weibroum AA. Antichemical protective gear prolongs time to successful airway management: a randomized crossover study in humans. *Anesthesiology* 2004;100:260-6.

- 81- Garner A, Laurence H, Lee A. Practicality of performing medical procedures in chemical protective ensembles. *Emerg Med Australas* 2004;16:108-13.
- 82- Hendler I, Nahtomi O, Segal E, Perel A, Wiener M, Meyerovitch J. The effect of full protective gear on intubation performance by hospital medical personnel. *Mil Med* 2000;165:272-4.
- 83- Kadivar H, Adams SC. Treatment of chemical and biological warfare injuries: insights derived from the 1984 Iraqi attack on Majnoon Island. *Mil Med* 1991;4:171-7.
- 84- Comité Técnico 79 del Comité Europeo de Normalización (CEN/TC 79). Informe CR 529:1993. Recomendaciones para la selección y uso de equipos de protección respiratoria. Versión en español elaborada por el comité técnico AEN/CTN 81. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR); 1998.
- 85- De la Iglesia A, Gómez J, Ledesma MJ, Ledesma J, Pacheco L, Sáenz R, et al. La vigilancia de la salud en usuarios de equipos de protección individual respiratoria (2ª parte). *Prevención, Trabajo y Salud* 2003;(23):16-28.
- 86- Martyny J, Glazer CS, Newman LS. Respiratory protection. *N Engl J Med* 2002;347:824-30.
- 87- Van der Jagt K, Tielemans E, Links I, Brouwer D, van Hemmen J. Effectiveness of personal protective equipment: relevance of dermal and inhalation exposure to chlorpyrifos among pest control operators. *J Occup Environ Hyg* 2004;1:355-62.
- 88- Coffey CC, Campbell DL, Myers WR, Zhuang Z, Sam S. Comparison of six respirator fit-test methods with an actual measurement of exposure in a simulated health care environment. Part II. Method comparison testing. *Am Ind Hyg Assoc J* 1998;59:862-70.
- 89- Mullins HE, Danisch SG, Johnston AR. Development of new qualitative test for fit testing respirators. *Am Ind Hyg Assoc J* 1995;56:1068-73.
- 90- Garrod ANI, Rajan-Sithamparanadarajah R. Developing COSHH essentials: dermal exposure, personal protective equipment and first aid. *Ann Occup Hyg* 2003;47:577-88.
- 91- Murray GM, Lawrence DS. Hazardous environment monitoring. En: Mesilaakso M, editor. *Chemical weapons convention chemicals analysis: sample collection, preparation, and analytical methods*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd; 2005. p. 65-88.
- 92- Domingo J, Pita R. To be or not to be: the need to be sure in chemical detection. *NBC International*. En prensa 2006.
- 93- Claborn DM. Environmental mimics of chemical warfare agents. *Mil Med* 2004;12:958-61.
- 94- Willems JL. Clinical management of mustard gas casualties. *Ann Med Mil Belg* 1989;3(Suppl 1):1-61.
- 95- Somani SM. Toxicokinetics and toxicodynamics of mustard. En: Somani SM, editor. *Chemical warfare agents*. San Diego (CA): Academic Press, Inc.; 1992. p. 13-50.
- 96- Pita R, Anadón A, Martínez-Larrañaga MR. Neurotoxinas con actividad anticolinesterásica y su posible uso como agentes de guerra. *Med Clin (Barc)* 2003;121:511-7.
- 97- Kato T, Hamanaka T. Ocular signs and symptoms caused by exposure to sarin gas. *Am J Ophthalmol* 1996;121:209-10.
- 98- Masuda N, Takatsu M, Morinari H, Ozawa T. Sarin poisoning in Tokyo subway. *Lancet* 1995;345:1446.
- 99- Morita H, Yanagisawa N, Nakajima T, Shimizu M, Hirabayashi H, Okudera H, et al. Sarin poisoning in Matsumoto, Japan. *Lancet* 1995;346:290-3.
- 100- Nozaki H, Hori S, Shinozawa Y, Fujishima S, Takuma K, Kimura H, et al. Relationship between pupil size and acetylcholinesterase activity in patients exposed to sarin vapor. *Intensive Care Med* 1997;23:1005-7.
- 101- Nozaki H, Hori S, Shinozawa Y, Fujishima S, Takuma K, Sagoh M, et al. Secondary exposure of medical staff to sarin vapor in the emergency room. *Intensive Care Med* 1995;21:1032-5.
- 102- Ohbu S, Yamashina A, Takasu N, Yamaguchi T, Murai T, Nakano K, et al. Sarin poisoning on Tokyo subway. *South Med J* 1997;90:587-93.
- 103- Okudera H. Clinical features on nerve gas terrorism in Matsumoto. *J Clin Neurosci* 2002;9:17-21.
- 104- Okudera H, Morita H, Iwashita T, Shibata T, Otagiri T, Kobayashi S, et al. Unexpected nerve gas exposure in the city of Matsumoto: report of rescue activity in the first sarin gas terrorism. *Am J Emerg Med* 1997;15:527-8.
- 105- Okumura T, Hisaoka T, Naito T, Isonuma H, Okumura S, Miura K, et al. Acute and chronic effects of sarin exposure from the Tokyo subway incident. *Environ Toxicol Pharmacol* 2005;19:447-50.
- 106- Okumura T, Takasu N, Ishimatsu S, Miyano S, Mitsuhashi A, Kumada K, et al. Report on 640 victims of the Tokyo subway sarin attack. *Ann Emerg Med* 1996;28:129-35.
- 107- Suzuki J, Kohno T, Tsukagoshi M, Furuhashi T, Yamazaki K. Eighteen cases exposed to sarin in Matsumoto, Japan. *Intern Med* 1997;36:466-70.
- 108- Suzuki T, Morita H, Ono K, Maekawa K, Nagai R, Yazaki Y. Sarin poisoning in Tokyo subway. *Lancet* 1995;345:980.
- 109- Yokoyama K, Yamada A, Mimura N. Clinical profiles of patients with sarin poisoning after the Tokyo subway attack. *Am J Med* 1996;100:586.
- 110- Yokoyama K, Ogura Y, Kishimoto M, Hinoshita F, Hara S, Yamada A, et al. Blood purification for severe sarin poisoning after the Tokyo subway attack. *JAMA* 1995;274:379.
- 111- World MJ. Toxic gas trauma. *Lancet* 1995;346:260-1.
- 112- Kaplan DE. Aum Shinrikyo (1995). En: Tucker JB, editor. *Toxic terror: assessing terrorist use of chemical and biological weapons*. Cambridge (MA): Belfer Center for Science and International Affairs; 2000. p. 207-26.
- 113- Nozaki H, Aikawa N, Fujishima S, Suzuki M, Shinozawa Y, Hori S, et al. A case of VX poisoning and the difference from sarin. *Lancet* 1995;346:698-9.
- 114- Pita R. Armas químicas: agentes vesicantes de guerra. En: Ministerio de Justicia, editor. *Curso de armas químicas y biológicas*. Madrid: Centro de Estudios Jurídicos. En prensa 2006.
- 115- Balali-Mood M, Balali-Mood K. Nerve agents. En: Brent J, Wallace K, Burkhardt KK, Phillips S, Donovan JW, editores. *Critical care toxicology: diagnosis and management of the critically poisoned patient*. Pennsylvania: Elsevier Mosby; 2005. p. 1379-93.
- 116- Khateri S, Ghanei M, Soroush MR, Haines D. Effects of mustard gas exposure in pediatric patients: long-term health status of mustard-exposed children, 14 years after chemical bombardment of Sardasht. *The Journal of Burns and Wounds [revista electrónica]* 2003;2. Disponible en <http://journalofburnsandwounds.com> (consultado el 19-02-06).
- 117- Gómez J. Clasificación de pacientes en los servicios de urgencias y emergencias: hacia un modelo de triaje estructurado de urgencias y emergencias. *Emergencias* 2003;15:165-74.
- 118- Peláez MN, Alonso J, Gil FJ, Larrea A, Buzón C, Castelo I. Método SHORT. Primer triaje extrahospitalario ante múltiples víctimas. *Emergencias* 2005;17:169-75.
- 119- Ortega IM. "Triage" en los atentados del 11-M. *Análisis ético y legal. REMI [revista electrónica]* 2004;4. Disponible en <http://remi.uninet.edu> (consultado el 13 de abril de 2005).
- 120- Sidell FR. Triage of chemical casualties. En: Zajchuk R, Bellamy RF, editores. *Textbook of military medicine - warfare, weaponry and the casualty (part 1): medical aspects of chemical and biological warfare*. Washington, D.C.: Office of The Surgeon General, Department of the Army; 1997. p. 197-228.
- 121- Cone DC, Koenig KL. Mass casualty triage in the chemical, biological, radiological, or nuclear environment. *Eur J Emerg Med* 2005;12:287-302.
- 122- Cone DC, MacMillan DS. Mass-casualty triage systems: a hint of science. *Acad Emerg Med* 2005;12:739-41.
- 123- Garner A, Lee A, Harrison K, Schultz CH. Comparative analysis of multiple-casualty incident triage algorithms. *Ann Emerg Med* 2001;38:541-8.