

Lesiones por explosivos

LUIS ALBERTO MARIN G.
Médico, Cirujano general y vascular
periférico.
Profesor Facultad de Medicina UTP

Resumen

Los atentados terroristas con bombas han comenzado a hacer parte de nuestra cotidianidad, y se han convertido en uno de los mayores riesgos para la población civil en estos tiempos violentos. Los cirujanos de trauma y todas aquellas personas vinculadas a los servicios médicos de emergencia deben conocer los principios básicos de las explosiones y los principales mecanismos fisiopatológicos de las lesiones que ellas causan, así como los principios básicos de manejo. PALABRAS CLAVES: lesión por explosivo blast injury.

Introducción

La historia de la humanidad ha estado permanentemente vinculada al trauma. Desde sus orígenes, el hombre ha sostenido un enfrentamiento con su propio medio y ha conocido el trauma en su lucha

por sobrevivir. Además, la historia nos ha mostrado cómo la resolución de los conflictos entre los hombres se ha hecho, en la mayoría de las veces, de manera violenta. Las guerras, con sus secuelas de destrucción y muerte, han permitido el nacimiento de nuevas relaciones en un ciclo repetitivo. El descubrimiento de la pólvora aportó un elemento especial en este campo, y dio génesis a las armas de fuego y al uso de artefactos explosivos. Durante la Primera Guerra Mundial, un buen número de combatientes perdió la vida, o vio sus cuerpos mutilados, por estar en cercanía a las explosiones de bombas o minas. Con la Segunda Guerra Mundial, la tecnología mejoró las armas, y el poder de las explosiones permitió demostrar supremacías entre los combatientes, hasta llegar al mayor genocidio de la historia, las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki; luego vino Vietnam, el conflicto árabe-israelí, la guerra del golfo pérsico y muchas más.

Envuelto en un manto de violencia, aparece el terrorismo como una forma de combate en la raza humana. Las acciones terroristas asumen numerosas modalidades, pero su común denominador es el uso premeditado y calculado de la

violencia o de sus efectos, para lograr objetivos políticos, religiosos, económicos o ideológicos (1).

Las bombas son armas de primera línea, y en sus explosiones causan caos e histeria colectiva y una sobrecarga severa de los servicios médicos de emergencia, no preparados para atender lesionados en masa.

Los médicos, paramédicos y todos los demás componentes de los servicios de atención de emergencia, deben conocer algunos elementos básicos sobre cómo funcionan las bombas, la fisiopatología de las lesiones que su explosión causa y los principios generales de su manejo tanto en lo que se refiere a la atención de las lesiones de las poblaciones en masa, como de las lesiones específicas de órganos y sistemas individuales.

Otro aspecto, casi siempre descuidado, pero igualmente importante, es el enfoque de las lesiones y secuelas mentales que estos actos causan al individuo que los sufre, o a quienes tienen pérdidas de familiares, amigos o relacionados de cualquier modo; además de las pérdidas materiales, con sus consecuencias económicas y sociales.

El propósito de este artículo es ofrecer una visión fácil y entendible para quienes, dadas las circunstancias de guerra que vive el país, más temprano que tarde, se verán involucrados en el manejo de las lesiones causadas por explosivos.

Nociones básicas sobre explosiones

Los explosivos son compuestos que, cuando son detonados, se convierten muy rápidamente en grandes volúmenes de gases. Cuando la explosión se encuentra confinada a un espacio, contenida en un recipiente cerrado, las presiones que se generan lo rompen en numerosos fragmentos y les imprimen gran velocidad. La energía restante, produce una onda explosiva de choque, fuego y una onda que afecta todo el campo circundante (figura 1). En el aire, puede descomponerse el efecto de la explosión en tres fases:

Fase Positiva

Se inicia con un incremento súbito de la presión, instantáneo, que puede durar sólo unos pocos milisegundos, y que cae rápidamente a una presión usualmente menor que la atmosférica previa. La duración de este pulso depende del tipo de explosivo y de la distancia del punto de detonación. Para uno de los explosivos más conocidos como el TNT (trinitrotolueno) una carga de 25 kg que genera una sobrepresión de 100 libras/pulgada², puede estar asociada con una duración de 2 mseg, y de 10 mseg para una de 2000 kg. La duración de este pulso es muy importante, dado que representa la sobrepresión a la que está sometido un objeto que esté al alcance de la onda de choque. Esta onda, entonces, se mueve alejándose de su origen en forma de una esfera de gas comprimido, que se expande muy rápidamente. La velocidad de esta onda puede ser de 3000 m/seg., pero pronto cae hasta la velocidad del sonido (340m/seg.), en un tiempo

que está relacionado con la cantidad y composición del explosivo (2).

La máxima presión, por tanto, se ejerce adyacente al origen de la explosión, y ésta va cayendo a medida que la onda se aleja. Se denomina **presión incidente** a la presión que cae a 90° en la dirección de viaje de la onda de choque. Al igual que las ondas de sonido, las ondas de choque de la explosión pueden pasar sobre o alrededor de un obstáculo, como por ejemplo un muro, afectando a quien se encuentre detrás de él (figura 2).

Se denomina **presión reflejada** aquella que aparece cuando el frente de una onda choca contra una superficie en su trayecto de viaje. Por esta razón, una persona situada contra un muro en el momento de la explosión, podría estar afectada tanto por la presión incidente, como por la reflejada (figura 2).

Fase negativa

La fase negativa, o componente de succión, es mucho menor que la fase de presión positiva, y casi nunca excede 15 lb/p². Esta fase aparece inmediatamente después de la positiva, pero puede durar hasta 10 veces más.

Movimiento masivo de aire

La expansión rápida de los gases por la explosión desplaza un volumen igual de aire a una gran velocidad. Cualquier superficie expuesta a una explosión estará sujeta no sólo a un exceso de presión hidrostática, sino también a la presión ejercida por ese "ventarrón" que viaja a gran velocidad inmediatamente detrás del frente de la onda de choque explosiva. Esto es

llamado presión dinámica, y puede ser tan grande como la presión hidrostática de la onda de choque, pero cae rápidamente al alejarse de su origen. A manera ilustrativa, podemos decir que un huracán que viaja a 125 millas por hora, sólo ejerce una presión de 0.25 lb/p², mientras que un ventarrón post explosión que viaja a 1500 millas por hora, ejerce una sobrepresión de 100 lb/p². En la tabla 1, publicada por el centro nacional de datos sobre bombas de los Estados Unidos en 1974 (2), se dan ejemplos de los daños causados a algunas estructuras.

Explosiones debajo del agua

Debido a la mayor densidad del agua y a su poca compresibilidad, la onda de choque viaja mucho más rápido y más lejos en ella que en el aire (1500 m/seg), lo cual explica que las lesiones por explosión en el agua sean más severas y que ocurran a mayores distancias. Allí no hay fase negativa, ni movimiento masivo de aire.

Efecto de fragmentación

Cuando una onda de choque que está viajando por un medio intenta pasar a otro de menor densidad, se presenta un reflejo negativo en la interfaz, lo que produce una tensión local muy grande en el primero, dando como resultado una fragmentación del medio más denso, como ocurre al pasar de un medio sólido o líquido a uno gaseoso.

Efecto de implosión

Cuando una onda de choque, producto de una explosión, viaja a través de un medio líquido, o tejidos corporales, y entra en contacto con

pequeñas burbujas de gas, las comprime violentamente con producción de una muy severa presión local, haciendo que las burbujas “implosionen”, causando otras ondas de choque y aumentando así la destrucción tisular local.

Efectos de las explosiones en el hombre

Para comprender mejor los efectos de las explosiones en el ser humano es necesario revisar los mecanismos de lesión que ellas producen. Las lesiones pueden deberse al efecto directo de la onda de choque (mecanismo primario), a materiales impulsados por la explosión (secundario), a desplazamiento del cuerpo con impacto sobre otra superficie (terciario), o a las lesiones variadas, como quemaduras, efectos de tóxicos y otros (misceláneos) (3).

Lesiones por mecanismo primario

Estas ocurren casi exclusivamente en los órganos que contienen aire, como el oído y los tractos respiratorio y gastrointestinal, y son causadas básicamente por los efectos de fragmentación y de implosión, como ya lo habíamos dicho, al pasar las ondas de choque de un medio tisular a uno aéreo.

Lesiones por mecanismo secundario

Estas lesiones son causadas por el impacto sobre el cuerpo de fragmentos del contenedor de la bomba, proyectiles de ella (metralla) y otros materiales residuales que son, quizás, el origen de las lesiones sobre mayor número de personas, aun las alejadas del sitio de la explosión.

Lesiones por mecanismo terciario

El movimiento masivo de aire (ventarrón causado por la explosión) puede causar al cuerpo humano una aceleración muy importante. Dado que éste es relativamente resistente a la aceleración, es más lógico pensar que las lesiones se produzcan en la fase de desaceleración brusca. Al chocar el cuerpo contra otra superficie pueden causarse traumas cerrados severos, fracturas múltiples y trauma encéfalo-craneano (figura 2).

Lesiones por mecanismos misceláneos

Es muy difícil crear una categoría que abarque lesiones de mecanismos múltiples. Aquí caben las quemaduras por el destello de la explosión, llamas, inhalación de gases tóxicos y también lesiones por aplastamiento al colapsar estructuras donde se encuentre la víctima.

Es importante anotar que las lesiones están relacionadas con el tipo de bomba y su carga. La proximidad al sitio de la explosión es quizás uno de los factores de riesgo más importantes, especialmente para las lesiones por mecanismo primario, pero también tiene especial importancia el hecho de que la explosión sea en campo abierto o en recinto cerrado. Cuando la explosión ocurre muy cerca del individuo, se aumenta el riesgo de amputaciones traumáticas de las extremidades como sucede en los casos de las llamadas minas antipersonales (4).

Tabla 1: presiones originadas por explosiones y capacidad de daño (tomado de ref.2).

PRESION (lb/p²)	ESTRUTURA Y EFECTO DE LA EXPLOSIÓN
0.5-1	Ruptura de vidrios Delgados (ventanas)
1-2	Fractura de revoques de los muros. Ruptura de materiales de asbesto. Fallas en muros de madera.
2-3	Fractura de muros de concreto.
2-8	Fractura de muros de ladrillo.
5-10	Ruptura de vidrios de seguridad.

Se han realizado numerosos informes sobre los efectos de atentados con bombas en áreas urbanas, en diferentes partes del mundo. Desde un punto de vista general, pueden adelantarse algunas conclusiones sobre estos eventos:

1. La mayoría de los pacientes sufren lesiones menores y pueden ser tratados de una manera ambulatoria;
2. Las lesiones que se han registrado son sobretodo en cabeza y cuello y en la periferia, lo cual sugiere que de alguna manera los vestidos tienen algún afecto protector especialmente contra las lesiones por mecanismo secundario;
3. Las lesiones en tórax y abdomen son poco frecuentes, pero

revisten una alta morbi- mortalidad, sobretodo cuando se asocian a trauma encéfalo-craneano; 4. Las lesiones por mecanismo primario se ven poco en el área hospitalaria, debido a que muchas de las víctimas mueren en el acto (5).

Características de las lesiones Causadas por mecanismo primario

De acuerdo con los principios enunciados anteriormente, las lesiones causadas por una explosión dependerán básicamente del tamaño de la carga explosiva, de sus características físico químicas, del medio en el cual haya ocurrido la explosión (aire, agua, espacio cerrado o abierto, por ejemplo) y de la distancia a la cual se encuentre la victima.

Ya habíamos dicho que este tipo de mecanismo afecta principalmente a aquellos órganos contenedores de aire en razón de la gran sobrepresión generada.

Sistema auditivo

Se han encontrado fundamentalmente tres tipos de lesiones en el sistema auditivo: ruptura timpánica, luxación de los huecesillos y daño al oído interno con sordera que puede ser temporal o permanente.

Las victimas de explosiones deben ser evaluadas otoscópicamente al ingreso, y si se diagnostica ruptura de la membrana timpánica, pasarán a observación por lo menos por 36 horas; durante ella deberá obtenerse radiografía del tórax, en razón de que

esta ruptura podría ser indicativa de una lesión en sistema respiratorio. Las perforaciones timpánicas suelen sanar espontáneamente y su manejo deberá ser conservador. El manejo específico de las lesiones descritas se hará por el especialista (2,6).

Lesiones a la vía aérea, lesiones pulmonares

Estas lesiones son la mayor causa de mortalidad inicial secundaria a una explosión, y ocurren debido a la sobrepresión generada. Pueden ocurrir estallidos pulmonares, micro y macro hemorragias, neumotórax por barotrauma y desgarros venenosos con embolismos aéreos fatales. La presencia de estas lesiones se convierte en un reto para el adecuado manejo ventilatorio en los pacientes con falla respiratoria, pues el uso de presión positiva podría agravar el cuadro. Se recomienda la colocación de tubos de toracostomía de manera profiláctica en quienes requieran anestesia general o ventilación asistida. La recomendación general para la asistencia ventilatoria es disminuir los picos de presión inspiratoria, controlar volúmenes y ser permisivos con la hipercapnia. Debe anotarse que eventualmente un neumotórax podría filtrar aire al peritoneo, haciendo difícil descartar una ruptura de víscera hueca abdominal (7).

Lesiones en el sistema gastrointestinal

Estas lesiones son poco comunes en las explosiones en campo abierto cuando se evalúan sólo desde el punto de vista de lesión por mecanismo primario, pero son más comunes en explosiones debajo del agua y en espacios cerrados (1,2). Algunas víctimas muy cercanas al foco de origen pueden presentar pérdidas extensas de la pared abdominal y casi siempre mueren instantáneamente por efectos cardiovasculares y respiratorios atribuibles al mecanismo primario de lesión. Se han encontrado lesiones en la pared de todo el tubo digestivo manifiestas por hemorragias murales y estallidos de estómago y colon. También se han reportado perforaciones de intestino delgado, sobre todo de íleon terminal inmediatas y tardías (8). La presentación clínica incluye cuadros de dolor abdominal, melenas, irritación peritoneal y neumoperitoneo. Obviamente el manejo de la lesión es quirúrgico.

Lesiones en vísceras sólidas

Aun cuando el mecanismo primario de lesión puede afectar las vísceras sólidas, el principal mecanismo de su lesión es el terciario dado que los órganos sólidos se afectan principalmente por los efectos de las fuerzas de aceleración y desaceleración que pueden estrellar violentamente a la víctima contra el suelo, muros y otros objetos sólidos. El hígado y el bazo son los más afectados.

Lesiones al sistema nervioso

Además de las lesiones por trauma cerrado debidas a mecanismo terciario de lesión en cabeza y tronco (trauma cráneo encefálico y trauma

raquimedular), causantes de alta mortalidad en población infantil principalmente (9), el sistema nervioso central puede verse lesionado por mecanismo secundario, con lesiones penetrantes debido a fragmentos de la bomba o proyectiles derivados de ella.

El embolismo aéreo cerebral, originado por la onda de choque en pulmón, juega también un importante papel etiopatogénico en las lesiones neurológicas.

Amputaciones traumáticas y lesiones esqueléticas

Las lesiones a las extremidades pueden ser causadas por diferentes mecanismos. La cercanía inmediata a la explosión puede causar atomización (desintegración) completa de una extremidad. A medida que la distancia se aumente, pueden ocurrir lesiones de diferente intensidad por este mecanismo; pero son quizás el mecanismo trasnacional y el efecto de la explosión sobre muros y edificaciones, el causante del mayor número de lesiones esqueléticas. Muchas de las víctimas pueden quedar atrapadas por ruinas de una edificación, con daños severos de una extremidad y morir posteriormente por un síndrome de repercusión, o por falla renal secundaria a mioglobinuria dentro del cuadro de un síndrome de aplastamiento.

El trauma vascular de extremidades se enmarca en este mismo contexto y debemos llamar la atención especialmente sobre las lesiones penetrantes (mecanismo secundario), el trauma cerrado y las lesiones por aplastamiento. Finalmente queremos

insistir en que el pronóstico de la extremidad está dado más por la lesión de los tejidos blandos que por el daño esquelético propiamente dicho.

Muerte súbita en la zona de explosión

Desde 1950, y a raíz de los estudios de Benzinger, citados por Owen-Smith (2), se aceptó que la probable causa de la muerte súbita en la escena de la explosión estaba en el embolismo aéreo coronario secundario al efecto de la onda de choque sobre el pulmón. Recientemente Irwin, Lerner y asociados (10) desarrollaron un estudio prospectivo, aleatorio y controlado en modelo animal (ratas) para evaluar la respuesta cardiopulmonar ante una explosión, motivados por las evidencias de que muchas víctimas pueden morir en la zona de desastre o ser encontrados en choque profundo e hipóxicos, sin signos evidentes de lesión interna, y concluyeron que el choque circulatorio inducido por explosión es secundario a una depresión miocárdica inmediata sin vasoconstricción compensatoria, y que la hipoxia puede ser el resultado del daño de la relación ventilación-perfusión causado por hemorragia pulmonar.

Tratamiento de las lesiones Causadas por explosivos

El tratamiento de lesiones orgánicas específicas deberá hacerse por parte del especialista, pero daremos a continuación algunas normas básicas para el manejo de las víctimas de una explosión que deben ser tenidas en cuenta por el personal que atiende la

emergencia en el campo o en los servicios de urgencia.

La atención de lesiones masivas a una población se escapa del objetivo de esta revisión, pero queremos insistir que, en situaciones de desastre, es necesario que los encargados de atención en el campo hagan en primera instancia una selección adecuada de la población lesionada, evalúen la magnitud de la lesión individual y procedan a su evacuación ordenada y lógica hacia los centros de atención, aplicando los principios internacionales para las prioridades y niveles de atención (triage)(11). En los servicios de urgencias se hace necesaria una segunda selección y ésta debe ser efectuada por un cirujano experimentado, con el ánimo de adecuar la atención a las necesidades reales del momento.

Una vez que la víctima ha ingresado se seguirá el ABCD del manejo del paciente traumatizado, tal como está normalizado en todos los servicios de urgencias (12). Lograda la atención y manejo inicial, y controladas las lesiones que pongan en peligro la vida de forma inmediata, las siguientes recomendaciones serán de gran utilidad.

- Mantenga una oxigenación adecuada y esté atento a signos de intoxicación por gases o humo.
- Si la víctima presenta quemaduras faciales, revise los orificios nasales y esté atento a signos de dificultad respiratoria tardía secundaria a quemaduras de la vía aérea.
- No olvide la otoscopia; una ruptura timpánica puede alertar sobre otras lesiones de órganos contenedores de aire.
- Sea cauteloso con la administración de líquidos intravenosos.
- Si la víctima está estable y hay sospecha de lesiones por mecanismo primario obtenga estudio radiológico del tórax para observación y seguimiento.
- Las lesiones oculares penetrantes pueden pasarse por alto. Revise los globos oculares en su busca.
- En el caso de lesiones penetrantes (mecanismo secundario) deberá hacerse desbridamiento y, en lo posible, manejarlas como heridas abiertas.
- En las amputaciones traumáticas, igualmente deberá preferirse el cierre tardío al cuarto o quinto día.
- Las lesiones penetrantes torácicas y abdominales, lesiones del SNC y de otros órganos específicos serán manejadas por cada uno de los especialistas en el área, de acuerdo con los principios generales para su manejo.
- Las lesiones vasculares en paciente estable deberán evaluarse con arteriografía, de acuerdo con los principios de manejo de lesiones vasculares por proyectiles de carga múltiple.
- Las lesiones de más difícil diagnóstico por su manifestación tardía son aquellas de víscera hueca abdominal. La observación cuidadosa con estricta dedicación a buscar manifestaciones precoces será de gran ayuda. Para este efecto sugerimos evaluar permanentemente la presencia de dolor abdominal,

deposiciones frecuentes o melenas, defensa, distensión abdominal y aire subdiafragmático manifiesto por pérdida de la matidez hepática y corroborando por estudios radiológicos de tórax..

- Finalmente, es importante anotar que las víctimas de lesiones por explosiones deben ser evaluadas y recibir apoyo psicológico como parte del manejo inicial para ayudar a superar la fase aguda y para evitar secuelas mentales a largo plazo.

ABSTRACT

Terrorists bombings became a common problem in our country. Bomb blast injuries are one of the most important risks for the civilian population during war time.

It is very important for trauma surgeons and for everybody who works at the emergency medical services, to know the bases of the bomb explosions and the pathogenesis of bomb blast injuries, as well as their principles of management.

Referencias Bibliográficas

.....

1. Stein M, Hirshberg A. Medical consequences of terrorism. The conventional weapon threat. *Surg Clin North Am.* 79(6):1537-52, 1999.
2. Owen-Smith M.S. Explosive blast injuries. In *High velocity missile wounds.* Edward Arnold Ltd, 1981.

3. Phillip yy. Primary blast injuries, *Ann Emerg Med,* 15(12):1446-50, 1986.
4. Cooper GJ, Maynard RL, Cross NL, Hill JF. Casualties from terrorist bombings. *J trauma.* 23(11):955-67, 1983.
5. Boffar KD, MacFarlane C. Urban bomb blast injuries: patterns of injuries and treatment. *Surg Annu.* 1:29-47,1993.
6. Leibovici D, Grofit ON, Shapira SC. Eardrum perforation in explosion survivors: is it marker of pulmonary blast injurie? *Ann Emerg Med* 34(2): 188-72, 1999.
7. Katz E, Ofek Bet al. Primary blast injury after a bom explosion in a civilian bus. *Ann Surg.* 209(4):484-8, 1989.
8. Paran H, Neufeld D et al. Perforation of the terminal ileum induced by blast injury: delayed diagnosis or delayed perforation? *J trauma*40 (3):472-5, 1996.
9. Quintana DA et al. The spectrum of pediatric injuries after a bomb blast. *J pediater Surg* 32(2):307-10, 1997.
10. Irwin RJ et al. Cardiopulmonary physiology of primary blast injury. *J trauma* 43(4):650-55, 1997.
11. Eastman LB. Field triage. In Feliciano DU, Moore EE, Mattox KL(ed): *trauma* 3 edition. Appleton & Lange, 1996.
12. Krantz BE. Initial assessment. In Feliciano DU, Moore EE, Mattox KL(ed): *Trauma.* 3 edition Appleton & Lange, 1996.