

## SINDROME POR EXPLOSION (BLAST INJURY)

### Dr. Gerardo Esteban Bernal.

Médico de Asistencia Médica del Servicio contra Incendios de Salvamento y Protección Civil del Ayuntamiento de Zaragoza

*El objetivo de la presente comunicación es revisar de que tipo son, y como se producen, las lesiones por explosión. A través de su conocimiento emplearemos pautas y medidas para la aplicación de tratamiento prehospitalario*

Se conoce como blast injury, al conjunto de lesiones producidas como consecuencia de la propagación de la onda explosiva a través del organismo. Como ejemplos de mecanismos productores de este cuadro tenemos los atentados con bomba y las explosiones por accidentes domésticos (como las explosiones de gas) o industriales.

La onda explosiva, que depende de la velocidad de la *detonación* (un proceso químico-físico mucho más rápido que la combustión), es una esfera de inmediato crecimiento conformada por materiales gaseosos de alta presión y de elevada temperatura que se propagan en forma radial a la manera de las ondas sonoras y con la misma o mayor velocidad que la del sonido.

La alta presión, que es de generación instantánea y que alcanza su máximo nivel casi de inmediato, es de muy corta duración. La onda de choque es similar a las ondas de choque de un litotritor, sólo que las del litotritor son de tan corta duración, 0.002 ms, que no hacen daño a los tejidos. En comparación, la duración de la hiperpresión generada por la detonación de una carga de 1.500 kg de TNT es de 10 ms.

La onda explosiva produce un gran choque sobre el suelo (el cual absorbe buena parte de la energía), genera fuego y da lugar a fragmentos voladores, verdaderos misiles que causan impactos a distancia.

Los efectos de una explosión pueden ser modificados por factores ambientales aledaños. El trauma que causa la hiperpresión es menor cuando la víctima se encuentra en un espacio abierto y su gravedad es inversamente proporcional a la distancia. La presencia, por ejemplo de una pared, amplifica la hiperpresión y causa mayor daño. En recintos cerrados el daño es particularmente grave y en tales circunstancias la distancia relativa en relación al centro de la explosión no tiene mayor significado, por cuanto la presión de la onda explosiva se aumenta en forma geométrica por el reflejo sobre paredes, techo y suelo.

Los órganos que contienen aire, o aire y líquido, tales como el oído, el pulmón o el intestino, son más vulnerables a las explosiones que los órganos sólidos. Esto se debe a que la onda explosiva es reflejada por la interfaz aire-líquido dando lugar a otras fuerzas destructivas sobre la superficie del líquido, así como al posible efecto de las diferencias en las densidades tisulares y a la reexpansión de burbujas de gas (implosión).

### **FISIOPATOLOGIA**

El trauma es causado por el súbito y violento aumento en la presión del aire ambiente por la detonación de una carga de alta energía.

Las víctimas también son afectadas por otro tipo de agentes y mecanismos traumatizantes:

- a. Fragmentos y objetos convertidos en verdaderos proyectiles que causan heridas penetrantes.
- b. Impacto contra objetos sólidos cuando la persona es lanzada por la onda explosiva, lo cual causa trauma cerrado.
- c. Quemaduras.
- d. Inhalación de humo y materiales tóxicos.
- e. Aplastamiento por estructuras que se derrumban.

Las lesiones más comunes son las abrasiones y laceraciones de la piel.

Las lesiones severas se clasifican así:

- a. **Lesión primaria.** Es la que resulta del paso directo de la onda explosiva a través del cuerpo, con efectos disruptivos sobre los tejidos a nivel de la interfaz aerolíquida: estallidos e implosiones celulares y tisulares. En general ocurren destrucciones corporales mayores, trauma cerebral, fracturas y amputaciones.
- b. **Lesión secundaria.** La causan los fragmentos y objetos propulsados a distancia por la explosión; actúan como proyectiles que producen lesiones penetrantes, laceraciones y fracturas, generalmente no de carácter letal.
- c. **Lesión terciaria.** Sobreviene por la propulsión o lanzamiento del cuerpo por la onda explosiva, lo cual resulta en lesiones de desaceleración o sea trauma cerrado.
- d. **Quemaduras "flash".** Son lesiones térmicas resultantes de las altas temperaturas de carácter instantáneo que genera la explosión. Tienden a ser superficiales y usualmente no requieren atención en un centro de quemaduras.
- e. **Aplastamiento.** Este tipo de lesiones resultan del desplome de estructuras vecinas al lugar de la explosión.
- f. **Inhalación de humo y gases tóxicos.** El fenómeno puede dar lugar a cuadros de insuficiencia respiratoria que agravan una concomitante contusión pulmonar.
- g. **Choque emocional.** Es una de las lesiones mayores y posee un alto potencial de desarrollar prolongada incapacidad psicológica.

Las **lesiones primarias** son lesiones originadas por la propia onda expansiva: conjunto de lesiones producidas como consecuencia de la propagación a través del organismo de la onda expansiva generada por un foco de explosión. Genéricamente se denominan lesiones por soplo (blast injury) y resultan de una agresión contusionante del aire (blast aéreo); agua (blast en inmersión), y, de materiales sólidos (blast sólido).

#### Blast aéreo

Producido por el desplazamiento de una masa central de aire y/o gases desde el centro de la explosión, a través del aire, generando una onda de presión positiva y otra posterior de succión. La fuerza explosiva ronda los 500 Km/h y los mayores daños se producen en una distancia crítica estimada en 6-7 metros.

La onda de hiperpresión, la más dañina, suele durar 5 segundos, y la de succión 2 segundos con explosivos convencionales. En las explosiones atómicas la duración estimada de la onda de hiperpresión 1 minuto, y la de succión 10-15 minutos.

Las lesiones en este tipo de blast se deben a tres mecanismos:

- Fenómeno de explosión en vísceras huecas (intestino y pulmón).
- Fenómeno mecánico por el choque de la onda contra el organismo.
- Fenómenos de pulverización, especialmente dañinos para los alvéolos pulmonares (interfase líquido-gas).

### Blast acuático

Es el producido por el desplazamiento de una masa de agua con una onda de presión positiva, cuya velocidad aproximada es de 1500 m/seg, y otra de reflexión que se forma cuando la onda alcanza la superficie exterior del agua. El movimiento de la masa de agua es más lento, pero el radio de acción es mayor (distancia crítica de 24 metros), destacando que el efecto sólo se produce sobre las partes inmersas, no sobre los objetos que flotan (los cuales serían proyectados).

### Blast sólido

Es el producido por el desplazamiento de cualquier objeto sólido a consecuencia de la explosión, predominando en este caso las lesiones óseas (del hueso calcáneo si la persona está de pie, y de columna si se halla sentado), y las vasculares.

Los órganos que contienen aire o aire y líquido, como el oído, el pulmón o el intestino, son más vulnerables a las explosiones que los órganos sólidos. De hecho, a nivel físico, los efectos principales de las explosiones son las lesiones pulmonares y las auditivas.

En el traumatismo se producen alternancias de fenómenos de hiperpresión e hipopresión y la gravedad de las lesiones depende del lugar dónde se produce la explosión (espacios abiertos o zonas más o menos cerradas); de la distancia que separa la víctima del foco de explosión (a mayor distancia menor gravedad); de la posición de la víctima con respecto a la onda expansiva, perpendicular o en paralelo; de la potencia de la onda expansiva y velocidad de propagación; de las protecciones mecánicas que puedan existir y de la resistencia individual.

Las **lesiones primarias** a su vez se pueden dividir en:

#### 1.- FRAGMENTACIÓN Y PROYECCIÓN DEL CUERPO.

El cuerpo se fragmenta, pudiendo recogerse trozos en incluso trazas de cabello, piel, esqueleto óseo, extremidades, cráneo u órganos internos hasta una distancia aproximada de 200 metros desde el foco de explosión.

#### 2.- BLAST GENERALIZADO.

Es debido a la violencia de la explosión y tiene efectos mortales. Puede que no ocasione lesiones externas, pero normalmente se encuentran afectados la totalidad de los órganos internos: el cuerpo puede aparecer íntegro y, en ocasiones, con graves lesiones en extremidades, estructuras cráneo-faciales, tórax y abdomen. Existe tatuaje en las zonas del cuerpo expuestas al foco de explosión. Hay autores que consideran que el blast generalizado se origina cuando el cuerpo se encuentra cerca del foco explosivo o las explosiones son muy violentas y se caracteriza por: inexistencia de lesiones externas; hemorragias capilares generalizadas, especialmente tóraco-abdominales, pulmonares y pleurales; rotura de aorta; embolias aéreas y grasas y puede existir carboxihemoglobina en concentraciones hasta un 75%.

#### 3.- BLAST TORÁCICO (PULMONAR, CARDÍACO Y ESOFÁGICO).

Las lesiones pulmonares están presentes en casi todos los tipos de blast. La localización más frecuente es en el lóbulo inferior y borde anterior de los pulmones, así como en la superficie externa convexa. Las costillas hacen impacto sobre la superficie pulmonar: se puede evidenciar la impresión costal, a veces rodeada de una zona enfisematosa. La rotura

de alvéolos causa neumotórax y hemotórax, así como hemorragias subpleurales, del hilio y del parénquima. Si el lesionado sobrevive, al principio las lesiones pulmonares no son muy evidentes: el paciente está pálido, algo cianótico y con intenso dolor. Más tarde pueden aparecer esputos sanguinolentos y tos. Las lesiones originan un pulmón húmedo y, posteriormente, se establecen focos neumómicos. Se caracteriza clínicamente por la triada:

- Apnea
- Bradicardia
- Hipotensión

Debe sospecharse en cualquier sujeto con disnea, tos, hemoptisis o dolor torácico después de una explosión.

El blast pulmonar es la principal causa de muerte entre los supervivientes iniciales.

Las lesiones cardíacas pueden manifestarse como hemorragias miocárdicas, rupturas cardíacas y lesiones de infarto por obstrucción coronaria.

Las lesiones esofágicas son muy poco frecuentes y asientan fundamentalmente en el tercio inferior del esófago.

#### 4.- BLAST ABDOMINAL.

No suele aparecer de manera aislada y con frecuencia se asocia al blast torácico. La fuerza explosiva se transmite a través de la pared hacia las distintas vísceras, moviliza el aire intestinal a una presión muy elevada y ocasiona fenómenos mecánicos que afectan a las vísceras huecas. Se pueden encontrar hemorragias gástricas o intestinales, ya sean subserosas o submucoas; estallidos y perforaciones de las vísceras abdominales huecas; estallidos y desgarros de vísceras macizas que presentan el mismo aspecto que las ocasionadas en las lesiones por precipitación. Tampoco se debe olvidar que todos los pacientes que han sufrido un barotrauma [lesión producida por la onda expansiva] pueden presentar perforaciones tardías intestinales

Clínica:

- Perforación intestinal.
- Hemorragia (desde pequeñas petequias a grandes hematomas).
- Lesiones del mesenterio por cizallamiento.
- Lesiones de órganos sólidos
- Rotura testicular

Clínicamente se observa dolor abdominal difuso, contractura generalizada y en ocasiones hematemesis y melenas.

La contractura abdominal no debe establecer la indicación quirúrgica, ya que puede presentarse aún en ausencia de perforaciones.

El principal signo de perforaciones es la existencia de neumoperitoneo, pero esto ya se tendrá que valorar en la radiografía.

En algunos casos puede haber ausencia de síntomas hasta la aparición de las complicaciones.

#### 5.- BLAST CEREBRAL.

Las lesiones cerebrales del blast están producidas por la acción de la onda de presión u onda expansiva sobre la presión venosa, que se transmite a través de los capilares hasta la red venosa encefálica causando hipertensión. Se pueden producir desplazamientos

rotatorios y laterales del encéfalo que, a su vez, ocasionan hemorragias meníngeas, intraparenquimatosas, y edema cerebral. También lesiones directas cuando la víctima sufre un traumatismo craneoencefálico al ser despedido por la onda expansiva.

Clínica: coma inicial seguido de un intervalo libre y posterior aparición de cefalalgias, estupor progresivo, edema papilar y coma profundo.

- Conmoción cerebral.
- Hematoma subdural.

La vigilancia de estos heridos debe prolongarse durante un tiempo ante la posibilidad de aparición del hematoma, y debe procederse al drenaje del mismo en caso de que se instaure.

#### 6.- BLAST AUDITIVO

Las lesiones auditivas se establecen en dos tiempos: de hiperpresión y de hipopresión por aspiración. La más común entre las lesiones que exhiben los sobrevivientes de una explosión es la rotura timpánica. Las lesiones de la cadena de huesecillos y las alteraciones cocleares, con rotura o dislocación del órgano de Corti, son menos frecuentes.

No obstante, ante una explosión, es mejor que la membrana se rompa, ya que evita la gran movilización de la cadena osicular y, por lo tanto, el temido daño coclear (sordera), que es irreversible.

Otro tipo de traumatismo al que se ve enfrentado el personal sanitario es el arrancamiento del pabellón auricular.

#### 7.- BLAST OCULAR.

Caracterizado por hemorragia de vítreo, conjuntival y rotura del globo ocular.

Las **lesiones secundarias** se pueden dividir según su mecanismo de producción:

##### 1.- LESIONES MECÁNICAS.

Constituidas por heridas, fracturas y amputaciones diversas producidas por el efecto propulsivo de la explosión, que lanza múltiples objetos procedentes del agente explosivo, de su continente o del lugar de la explosión (trauma directo). En otras ocasiones las lesiones se producen porque la víctima es proyectada contra planos resistentes (trauma indirecto). A estas se le conocen como **lesiones terciarias**.

Muchas de estas heridas pueden ser muy lacerantes y algunas de ellas pueden llegar a ser tan severas que son capaces de ocasionar la amputación total o parcial de miembros y aún la apertura de cavidades, provocando la evisceración de órganos abdominales o torácicos. Dentro de las lesiones mecánicas se pueden considerar las lesiones por metralla. Esta se puede definir como cualquier tipo de objeto perteneciente o no al artefacto explosivo (proyectiles que se derivan del propio artefacto explosivo u objetos que se encuentran alrededor o cerca del mismo) y que es proyectado gracias a la energía desprendida por la explosión.

##### 2.- LESIONES TÉRMICAS.

Se manifiestan por quemaduras, que pueden ser consecuencia de la llama originada en la explosión, el calentamiento de los gases o incendio sobreañadido. Se producen únicamente

en el lado del organismo orientado al foco de explosión, salvo en explosiones de gases, en las que las quemaduras aparecerán por todo el organismo.

### 3.- LESIONES QUÍMICAS.

Menos frecuentes, se generan lesiones de este tipo debido a la irritación por contacto producida por los residuos del explosivo o productos de descomposición que, proyectados, se ponen en contacto con la víctima. Junto a las lesiones locales pueden darse acciones generales como las intoxicaciones por CO en las explosiones de grisú en las minas o por vapores mercuriales, nitrosos o clorados.

4.- LESIONES NERVIOSAS POR ACCIÓN NEUROPSÍQUICA: SHOCK, EMOCIÓN, PSICOSIS (CONFUSIÓN, DELIRIO, DEMENCIA). Es una de las lesiones mayores y posee un alto potencial de desarrollar una incapacidad psicológica prolongada.

Lesiones producidas por la explosión	
Sistema	Lesión
Auditivo	Rotura timpánica, afectación osicular, daño coclear, cuerpos extraños.
Cara	Estallido ocular, perforación del globo, cuerpos extraños, embolismo aéreo, fracturas.
Respiratorio	Blast pulmonar, hemotórax, neumotórax, contusión pulmonar, hemorragia, rotura alveolar con embolismo aéreo, neumonitis por aspiración, fracturas costales, volet costal, sepsis.
Digestivo	Perforación intestinal, hemorragia, rotura de hígado o bazo, sepsis, isquemia mesentérica por embolismo aéreo.
Circulatorio	Contusión cardiaca, infarto de miocardio por embolismo aéreo, shock, hipotensión vasovagal, lesiones vasculares periféricas, hemorragia.
SNC	Conmoción, trauma cerebral abierto o cerrado, embolias, lesiones espinales, embolismo aéreo
Renal	Contusiones renales, laceraciones, insuficiencia renal aguda por rabiomilosis, hipotensión e hipovolemia
Extremidades	Amputación traumática, fracturas, aplastamiento, sind. Compartimentales, quemaduras, heridas, obstrucciones arteriales, embolismo aéreo

En resumen las lesiones por onda explosiva pueden ser lesiones comunes (laceraciones y abrasiones), o severas subdividiéndose estas en:

- 1.- Lesión primaria, que resulta del paso directo de la onda explosiva a través del cuerpo (lesiones por blast).
- 2.- Lesión secundaria, causada por los fragmentos y objetos propulsados a distancia por la explosión; actúan como proyectiles que producen lesiones penetrantes, laceraciones y fracturas (lesiones secundarias mecánicas, metralla).

3.- Lesión terciaria, que sobreviene al propulsarse el cuerpo por la onda explosiva, lo cual resulta en lesiones de desaceleración (lesiones secundarias mecánicas).

4.- Quemaduras "flash", lesiones térmicas resultantes de las altas temperaturas de carácter instantáneo que genera la explosión (lesiones secundarias térmicas).

5.- Aplastamiento, resultante del desplome de estructuras vecinas al lugar de la explosión (lesiones secundarias mecánicas).

6.- Inhalación de humo y gases tóxicos, que pueden dar lugar a cuadros de insuficiencia respiratoria que agravan una concomitante contusión pulmonar (lesiones secundarias químicas).

7.- Choque emocional.

Estas cuatro últimas se consideran **lesiones cuaternarias**

### **TRATAMIENTO**

La atención óptima de los pacientes que sufren lesiones complejas requiere entrenamiento y organización. La resucitación es la primera medida a tomar con ellos, que debe comenzar en la etapa prehospitalaria con mayor intensidad si las víctimas presentan pérdida hemática aguda. La hemorragia es la segunda causa de muerte prehospitalaria y la siguen las laceraciones extensas de partes blandas. Cuando se resucita con fluidos se debe estar seguro que la pérdida sanguínea no se incrementa, pues la sangre se diluye con deterioro de la condición del paciente, de ahí la importancia de lograr controlar el sangrado. En un paciente con sangrado no controlado se debe mantener un rango de presión sistólica entre 70 y 80 mmHg, con un pulso radial menor de 110 pulsaciones por minuto y no excederse con fluidos al intentar elevar la presión arterial. La calidad del líquido que se debe utilizar constituye una polémica en la actualidad pues autores consideran que el Dextro-ringer ha perdido su lugar, ya que permanece solo la tercera parte del volumen administrado en el espacio intravascular después de 4 h, por lo que para mejorar la hemodinámica se preconiza la solución salina hipertónica y los coloides.

Algunos pacientes con contusión pulmonar severa **requieren ventilación mecánica**, decisión que hace aconsejable la colocación de tubos de tórax "profilácticos" por el riesgo de fístulas broncopleurales y neumotórax a tensión.

La **contusión cardíaca** no es frecuente, a menos que exista evidencia de fractura o impacto sobre el esternón. De todas maneras, los pacientes deben ser monitorizados con electrocardiografía.

Muerte súbita puede resultar como consecuencia **de embolia aérea** por disrupción y fístula alvéolo-capilar, lo cual puede ser agravado por la ventilación mecánica.

Cuando el trauma es severo, pero especialmente en presencia de signos de contusión pulmonar, se debe sospechar la existencia de **una lesión grave del abdomen**, que usualmente es una **perforación intestinal**. Algunas hemorragias subserosas y submucosas de la pared intestinal pueden causar sangrado manifiesto como hematemesis o melena, o como dolor abdominal.

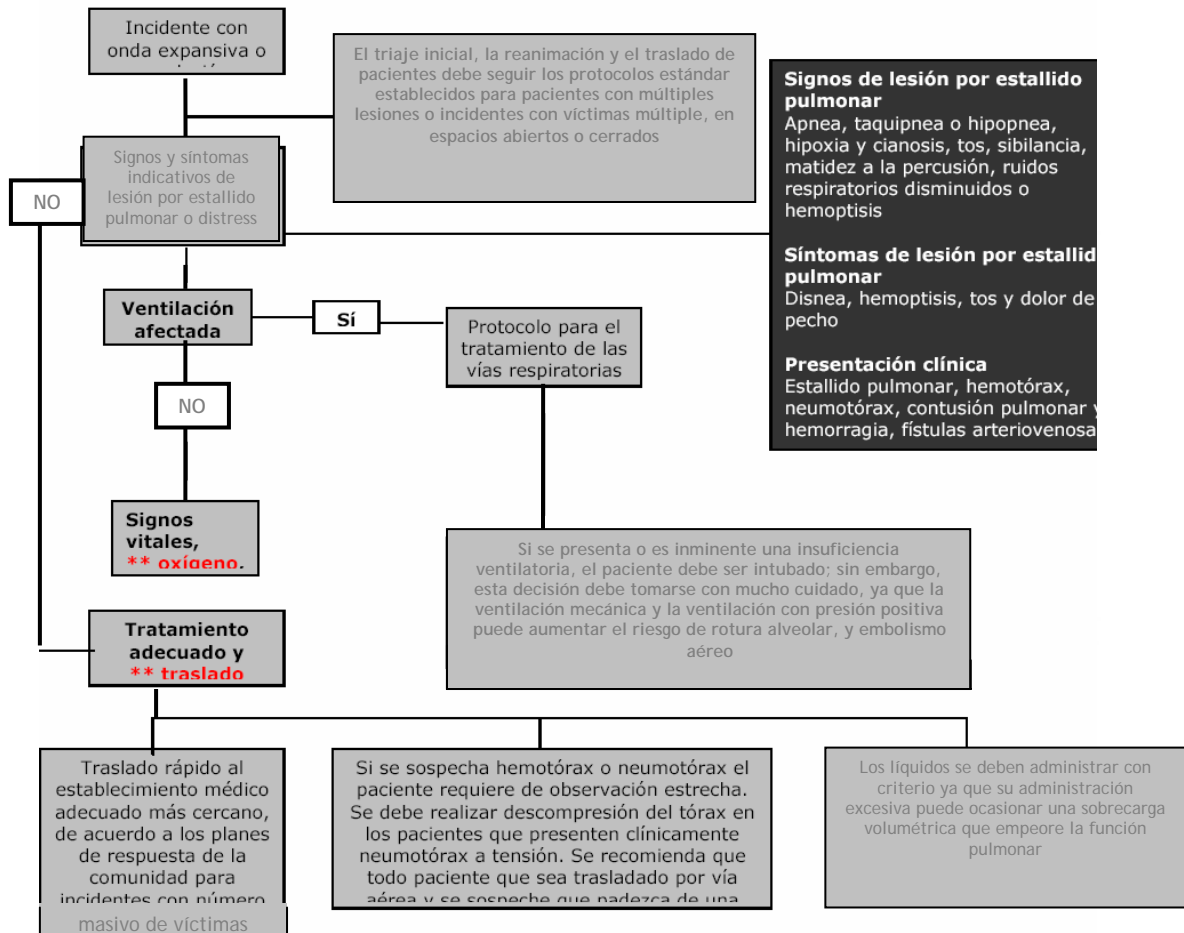
En todos los casos se debe colocar un **tubo nasogástrico** para descompresión y para análisis del aspirado gástrico.

En pacientes con alteraciones de la conciencia se debe considerar el **lavado peritoneal**.

Recordar que la mayoría de heridos por blast van a presentar perforación timpánica, con posible otorragia que nos obligue a despistar un TCE.

**Lesión por estallido pulmonar: Información general para proveedores de atención prehospitalaria**

Spanish translation of " Blast Lung Injury: Prehospital Care"



ASOCIACIÓN DE SANITARIOS DE BOMBEROS DE ESPAÑA