

# Capítulo 23

## Lesiones por explosión

J. Esteban Foianini

### Introducción

En las últimas décadas se ha visto un aumento en las lesiones por armas explosivas. Este fenómeno se debe al incremento del terrorismo y los conflictos militares a nivel mundial entre los que destacan en la última década el conflicto en Afganistán, Iraq y Siria. Entre los incidentes terroristas más recientes vale destacar los de Nueva York, Londres y Madrid.

En nuestro continente es relativamente común el uso de explosivos en actos terroristas o conflictos sociales. En Argentina hubo el ataque a la Embajada de Israel el 17 de marzo de 1992, donde fallecieron 29 personas y resultaron lesionados más de 250 personas. Posteriormente, el 18 de Julio de 1994, hubo una explosión en la Asociación Mutual Israelita Argentina donde fallecieron 86 personas y más de 200 personas fueron lesionadas. En Bolivia, en 2002 hubo un aumento dramático del uso de explosivos por los enfrentamientos entre militares y cocaleros en la región de producción de la hoja de coca en Chapare, Bolivia. Mientras que Colombia vive con la amenaza permanente de atentados terroristas con dispositivos explosivos y lesiones por minas por el conflicto entre el Gobierno y las FARC, que se remonta a 1964.

Se ha visto una disminución en la mortalidad de estas lesiones en los últimos años debido a la introducción y aplicación de las técnicas de cirugía de control de daño, mejoras en la atención prehospitalaria y tiempo de traslado más cortos. Desafortunadamente, ha habido un aumento de su prevalencia por los motivos previamente enunciados.

Dadas todas estas amenazas, es imprescindible que el cirujano de trauma deba entender la fisiopatología y los patrones de lesiones asociados al uso de estas armas. En una encuesta, realizado a cirujanos de trauma afiliados al *Eastern Association for the Surgery of Trauma* de EE. UU., únicamente el 73% de los encuestados entendían la fisiopatología y la clasificación de las lesiones por explosión.

### Física de la explosión

La explosión es causada por la transformación rápida de un sólido o líquido a un gas. Esta

reacción química libera una gran cantidad de energía que crea la fuerza destructiva de la explosión. El gas se expande y forma una onda expansiva de alta presión que supera la velocidad del sonido viajando a velocidades superiores a los 3.000 a 8.000 metros/segundo. Este incremento rápido de la presión por encima de la presión ambiental es responsable de su capacidad destructiva.

La sobrepresión causada por una explosión generalmente sigue una curva de presión/tiempo que se denomina la Curva de Freidlander. Hay un pico de presión instantáneo, cuya magnitud está determinada por la fuerza de la explosión. La explosión crea una onda expansiva y esta tiene al frente aire que está altamente comprimido y esto se conoce como *Blast front* (frente de la explosión). La ráfaga de aire creada por la onda expansiva y los escombros que acompañan esta ráfaga se conocen como *Blast wind* (viento de la explosión) (Figura 23-1).

El pico de presión positivo inicial es seguido por un periodo de presión subatmosférica o presión negativa. Al disminuir la presión se crea una presión negativa que succiona los escombros de nuevo hacia el epicentro del evento creando una implosión. Tanto la presión positiva que es generada como la presión negativa pueden causar lesiones en las víctimas.

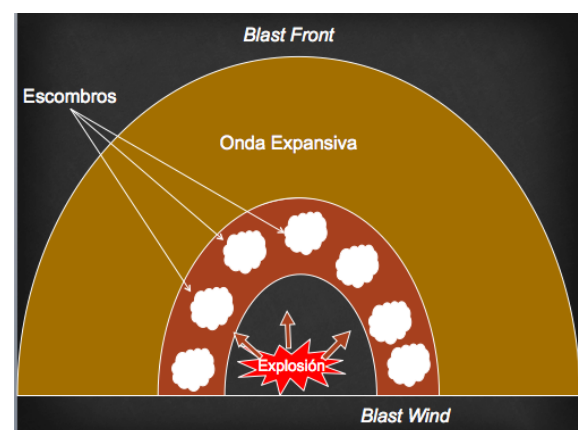


Fig. 23-1. Representación del blast front, onda expansiva y blast wind

La fuerzas mecánicas que determinan la magnitud de lesión a la víctima, está compuesta por la fuerza inicial de la explosión, la distancia de la víctima a la explosión y el ambiente físico.

El ambiente físico, describe si la explosión ocurrió en un ambiente interior versus exterior. Si ocurre en el exterior, hay que saber si ocurrió al aire libre o bajo agua.

El tamaño físico y el componente explosivo de la carga a ser detonada determinan la velocidad, la duración y la magnitud del pico de sobrepresión de la onda expansiva. Las explosiones se dividen entre las de alta energía versus las de baja energía. Los explosivos de alta energía, como ser la dinamita y nitroglicerina, son mucho más potentes que los explosivos de baja energía, como la pólvora o bomba de molotov. Pero, los explosivos de baja energía pueden producir incendios con una potencia térmica más alta, causando quemaduras graves mientras que los de alta energía tienden a causar quemaduras superficiales en la piel expuesta.

La fuerza de la explosión se va disipando a medida que se aleja del punto de explosión y su efecto disminuye mientras más se aleje de la misma. La disipación de las ondas de presión en el aire es proporcional al inverso del cubo de la distancia. Es decir, una víctima que está a tres veces la distancia de la explosión tiene una reducción de 27 veces en la magnitud de la fuerza de la explosión en relación a una víctima que está a una distancia referencial de uno.

Explosiones que ocurren en edificios, vehículos o espacios confinados (ambiente interior) son mucho más letales por el aumento de la energía y la disipación más lenta de las ondas refractivas. Las explosiones en interiores permiten que la energía se refleje contra las paredes creando un efecto multiplicador. Es por eso que los terroristas tienden a colocar dispositivos explosivos dentro de edificios en vez de ambientes de espacios abiertos. Otra ventaja macabra para los terroristas es que al colocar el dispositivo explosivo en un edificio aumenta su letalidad si llegara a colapsar el edificio. Un ejemplo claro es el ataque a las torres gemelas en Nueva York.

La densidad del agua en relación al aire, permite un aumento de aproximadamente tres veces en la propagación y la duración de la presión positiva. Esto causa un aumento de la severidad de las lesiones por explosiones bajo el agua. La fuerza de la onda expansiva es mayor cuando la explosión ocurre a mayor profundidad y comienza a disiparse al acercarse la onda expansiva a la superficie. Si la víctima está flotando en el agua cuando ocurre la explosión bajo el agua, con el abdomen sumergido y parte del tórax fuera del agua, es más probable que sufra una lesión gastrointestinal versus una lesión pulmonar.

## Fisiopatología de las lesiones

Las lesiones por explosiones se categorizan como primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias (Cuadro 23-1). Las lesiones primarias se refieren al efecto directo de la onda expansiva al pasar por el cuerpo. Las interfaces aire-agua son más propensas a lesión. Los órganos más susceptibles a las lesiones primarias son los oídos (membrana timpánica), los pulmones y el tracto gastrointestinal. Las membranas timpánicas y el pulmón están a mayor riesgo de ser afectados en explosiones cuando el medio es aire. Mientras que el trayecto gastrointestinal está más afectado en explosiones que ocurren bajo el agua. Desafortunadamente, un gran número de las víctimas de lesiones primarias mueren en el lugar del incidente a causa de embolias de aire al cerebro o a las arterias coronarias. Los que sobreviven, hasta llegar al hospital, habitualmente requieren tratamiento por contusiones pulmonares severas.

### Lesión primaria al sistema auditivo

El oído es el órgano más afectado en lesiones primarias. La pérdida de audición es producida por varios mecanismos; el más común es la ruptura de la membrana timpánica causado por la onda expansiva. Este órgano, requiere de 5 psi por encima de la presión atmosférica para ser lesionado. Pacientes con una lesión de oído pueden presentar con sordera, acúfenos y vértigo.

Al examinar a estos pacientes, se debe eliminar todos los residuos del conducto auditivo externo y este debe ser irrigado con soluciones antisépticas. La membrana timpánica generalmente se cura sin requerir reparo quirúrgico si su ruptura compromete menos del 33% de su superficie. Las víctimas deben evitar esfuerzos auditivos repetitivos, como exponerse a ambientes ruidosos, ya que disminuyen la posibilidad de recuperar la audición. El tratamiento de la ruptura de la membrana timpánica habitualmente es expectante. Los pacientes deben evitar irrigar el canal auditivo, nadar o sumergir la cabeza bajo agua. Se puede administrar antibióticos en gotas óticas. La mayoría de las lesiones pequeñas sanan en un par de semanas. Estos pacientes deben ser evaluados por un otorrinolaringólogo para control y posible trato posterior.

Históricamente, la presencia de una lesión en la membrana timpánica era considerada como un

Cuadro 23-1. Lesiones por explosión

Categoría de lesión	Características	Parte del cuerpo afectado	Tipo de lesión
Primaria	Se ven en explosiones de alta energía. Son lesiones causadas por barotrauma (alta o baja presión en relación a la atmósfera). Ocurren cuando impacta la onda expansiva sobre presurizada contra la víctima.	Tiende a hacer mayor daño a tejidos con aire y menos a tejidos sólidos o aquellos que contienen líquido (pulmones, intestino delgado, oído medio, etc.).	Lesión pulmonar (barotrauma pulmonar). Ruptura de la membrana timpánica. Lesión de víscera hueca (colon>intestino>estomago). Ruptura del globo ocular. Traumatismo cerrado de cráneo sin evidencia de lesión externa. Asociado con estrés postraumático. <b>Amputación traumática.</b>
Secundaria	Producido por el impacto de proyectiles generado como escombros y/o fragmentos de la bomba.	Cualquier parte del cuerpo puede estar afectado. Es la lesión más común entre los sobrevivientes.	Lesión penetrante o cerrada. El objeto puede ser inerte o biológico. Hay un caso en Israel en el cual un fragmento óseo de un terrorista suicida impactó y fue retirado de una víctima.
Terciaria	Se refiere al impacto con el suelo, paredes u objetos inanimados.	Cualquier parte del cuerpo puede estar afectado. Es la segunda causa de lesión más común entre los sobrevivientes.	Fractura de extremidades. Traumatismo cerrado de: cráneo, tórax, abdomen, pelvis
Cuaternaria	Cualquier lesión relacionada con la explosión que no está contemplada entre las lesiones primarias, secundarias y terciarias. Incluye exacerbación de enfermedades preexistentes	Cualquier parte del cuerpo puede estar afectado.	Quemaduras Aplastamiento por colapso del edificio u otra estructura Exposición a elementos: químicos radioactivos biológicos (Ántrax, Hepatitis B o HIV) Enfermedades preexistentes: Asma EPOC Angina Hipertensión

marcador para la presencia de otras lesiones primarias. Esta percepción ha entrado en duda basado en varios estudios. En un estudio, evaluando a 167 víctimas de bombas improvisadas en Iraq, vieron que el 50% de las víctimas con lesiones pulmonares tenían una perforación de la membrana timpánica. Los autores determinaron que la perforación de la membrana timpánica tiene una sensibilidad de 50% y especificidad de 87% para lesiones pulmonares primarias ocultas o severas. En otro estudio, evaluando a 647 sobrevivientes de explosiones, se encontró que 29,8% tenían lesiones primarias. De los pacientes con lesiones primarias, 73,6% tenían perforación timpánica aislada, 9,3% lesiones pulmonares aislados, 16% lesiones combinadas de oído y pulmón y menos del 0,01% tenían lesiones intestinales. Los autores concluyeron que la presencia de una lesión a la membrana timpánica no era un marcador fidedigno de una lesión pulmonar. Sobre la base de estos estudios, la ausencia de una perforación al miembro timpánico aparentemente no excluye una lesión pulmonar

primaria severa. A pesar de esto, se sigue utilizando la presencia de lesión a la membrana timpánica como un marcador de otras lesiones primarias ya que es poco invasivo. Hay que mantener el concepto que puede haber una lesión a otro órgano en ausencia de una lesión a la membrana timpánica.

Vale resaltar que el 50% de las membranas timpánicas se perforan cuando la presión de la explosión está entre 15-50 psi mientras que una lesión pulmonar es vista en un 50% de las víctimas con una presión entre 50-100 psi.

### Lesión primaria de pulmón

El pulmón es el segundo órgano más afectado por las lesiones primarias. La lesión ocurre en el interfaz alveolocapilar y no parece provenir de una compresión directa del tórax. Clínica y radiológicamente se asemeja a una contusión pulmonar con un patrón típico en forma de "mariposa" (Figura 23-2). También puede causar un neumotórax, hemotórax, neumomediastino o enfisema subcutáneo. El paciente habitualmente

presenta síntomas dentro de los primeros 90 minutos del evento pero puede presentar síntomas de forma tardía, hasta las 48 horas. Se debe sospechar en pacientes con presencia de apnea, bradicardia e hipotensión, o si los pacientes desarrollan disnea, tos o dolor de pecho.

Su manejo puede ser complejo porque estos pacientes presentan una gran destrucción alveolar. La presencia de embolia de aire en la circulación pulmonar y coronaria que es la causa principal de mortalidad temprana en estas víctimas. Por la gran destrucción alveolar y la posibilidad de embolia, el manejo ventilatorio puede ser más complejo ya que el aumento de la presión a las vías aéreas para mejorar la oxigenación aumenta el riesgo de desarrollo de embolia de aire. Históricamente, la lesión primaria de pulmón severa era vista en menos del 1% de los sobrevivientes de lesiones por explosión y de los que sobreviven hasta llegar al hospital, 11% fallecen en el hospital. Afortunadamente la sobrevivencia de estas lesiones ha mejorado. En el acto terrorista en Madrid en el 2004 la incidencia de lesiones pulmonares primarias entre los sobrevivientes era de 17%. Esta cifra elevada de sobrevivencia se atribuye al traslado rápido de las víctimas a centros de atención hospitalarios. Vale resaltar que la lesión pulmonar es 6 veces más común si la explosión ocurre en un ambiente cerrado.

El manejo de la lesión pulmonar primaria se asemeja al manejo de una contusión pulmonar. Se debe evitar la ventilación con presión positiva y la sobrehidratación. Si el paciente requiere ventilación mecánica se debe limitar la presión inspiratoria pico y considerar la hipercapnia permisiva. El uso juicioso de la ventilación con presión positiva es necesario debido al riesgo de inducir una embolia de aire a través de los deteriorados tejidos alveolares. Modos alternativos de ventilación de alta frecuencia o el óxido nítrico pueden ser empleados en algunos pacientes en un intento de minimizar la presión de las vías respiratorias. El riesgo de embolia gaseosa puede disminuir reduciendo al mínimo la ventilación con presión positiva, el tratamiento con oxígeno suplementario y al colocar al paciente en una posición de decúbito. El oxígeno suplementario es beneficioso para el intercambio de gases y permite una absorción más eficiente de aire arterial que se produce cuando los émbolos están compuestos predominantemente por oxígeno y no por nitrógeno.

La posición del cuerpo es relevante para estos pacientes ya que al mantenerlo en una posición vertical incrementa la posibilidad de embolia al sistema nervioso central, mientras que en la

*Fig. 23-2. Radiografía de lesión pulmonar primaria. Notar la contusión pulmonar en el hemitórax izquierdo. La lesión fue causada por una carga explosiva del lado derecho. Es el mismo paciente de la Figura 23-3.*



posición de Trendelenburg aumenta los riesgos de embolia coronaria. En el caso de una lesión pulmonar primaria, el paciente debe ser colocado en decúbito lateral sobre el lado lesionado. Esta posición se traducirá en menores presiones alveolares con mayores presiones vasculares, que pueden reducir las posibilidades de salida de aire forzado en el torrente sanguíneo. Algunos especialistas recomiendan la colocación de tubos de tórax profilácticos por el riesgo de barotrauma y neumotórax. El rol de corticoides y antibióticos no está definido en esta población.

### **Lesión primaria gastrointestinal**

Como el tracto gastrointestinal es un órgano lleno de gas, también es muy susceptible a la lesión primaria. Estas lesiones son pocas frecuentes con una incidencia de 0,1 a 1,2% y pueden aparecer de una forma tardía. En este grupo de pacientes los estudios radiológicos tempranos pueden ser normales. Este grupo de pacientes puede presentar con edema visceral, hemorragia o ruptura franca de víscera que puede dar lugar a un sangrado significativo que puede causar shock hemorrágico. Estas lesiones son más comunes en las explosiones que ocurren bajo el agua.

Se debe tener cuidado de no administrar cantidades excesivas de líquidos endovenosos, lo que puede empeorar la lesión pulmonar si estuviera presente. El abdomen puede ser evaluado por TAC, ecografía o lavado peritoneal diagnóstico (LPD). Al igual que con el pulmón lesionado, el tratamiento de la lesión primaria abdominal es de soporte, a menos que la gravedad o extensión de la lesión requiera una resección o reparo intestinal. Si el paciente requiere de una laparotomía y se evidencia que

el intestino presenta una contusión mayor a 15mm, o si esta afecta el borde mesentérico u ocupa >50% de la circunferencia hay un 16% riesgo de perforación tardía. En el colon, si la contusión es mayor a 20 mm, hay un 12% de riesgo de perforación tardía.

### Lesión primaria neurológica

Se ha demostrado que una explosión puede causar una lesión primaria al sistema nervioso central. Estas lesiones tienen características tomográficas parecidas a las lesiones axonales difusas. Aparentemente, hay una asociación entre la lesión primaria cerebral y el trastorno por estrés postraumático (TEPT). En soldados que regresaban de Iraq se encontró que el 43,9% sufrían de TEPT si habían sufrido una pérdida de conocimiento después de estar expuestos a una explosión, versus una incidencia de 9,1% en los soldados expuestos a una explosión pero sin pérdida de conocimiento.

### Amputaciones traumáticas

Las amputaciones traumáticas por lesión primaria tienen una mortalidad muy alta. En Israel, entre 1994 al 2004, hubo 130 víctimas civiles que sufrieron una amputación traumática de las cuales únicamente sobrevivió uno de ellos. En Irlanda 9 de 52 militares sobrevivieron a una amputación traumática. Esta sobrevivida fue atribuida al uso de chalecos antibalas. La mayoría de las víctimas con una amputación traumática, por la gran fuerza de la explosión, tienen lesiones pulmonares letales (Figura 23-3).

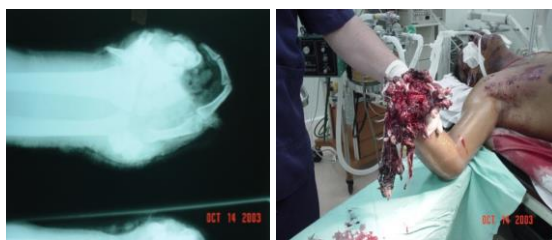


Fig. 23-3. Lesión primaria con amputación. La gran destrucción de los tejidos blandos obedece a la onda expansiva. La víctima recogió una piedra que obstruía una carretera en Bolivia y debajo de la piedra se encontraba una carga explosiva.

### Lesiones secundarias

Las lesiones secundarias son causadas por objetos o fragmentos que se ponen en movimiento por la explosión e impactan contra la víctima (Figura 23-4). Esta es la lesión más común entre los sobrevivientes.

La fragmentación primaria puede ser parte de la carcasa de la bomba o de la metralla que es intencionalmente incrustada en el explosivo para causar aún más daño. Muchas de las bombas caseras contienen clavos, pernos y otros objetos metálicos que sirven como esquirlas aumentando su letalidad y morbilidad. Se ha documentado casos con presencia de heces fecales con la intención de aumentar las complicaciones infecciosas. En el caso de actos terroristas, se han retirado fragmentos óseos de las víctimas pertenecientes a otras víctimas o al mismo terrorista, en casos de bombas suicidas. Incluso hay reportes de una víctima en Israel que tenía un fragmento óseo de un terrorista infectado con Hepatitis B.

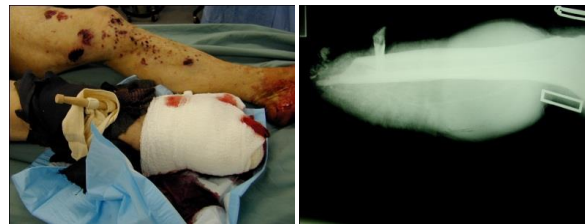


Fig. 23-4. Secuencia de víctima de lesión secundaria a la pierna derecha por mina antipersonal en Kosovo. Nótense las lesiones en la pierna contralateral, el uso de torniquete, el grado de edema en la radiografía y la destrucción masiva de los tejidos.

### Lesiones oculares

Las lesiones oculares son bastantes frecuentes y requieren de un examen detallado en busca de laceraciones del globo, panoftalmitis, úlceras corneales y atrofia traumática del nervio óptico. En una revisión evaluando víctimas en Afganistán se evidenció que el 60,7% de ellos sufrieron lesiones oculares de los cuales un 89% eran bilaterales y un 37% de los afectados perdió la vista. Se retiraron cuerpos extraños en la mayoría de las víctimas. Entre los soldados en Iraq con lesiones oculares se encontró que frecuentemente contenían un gran número de pequeños fragmentos o esquirlas en el globo ocular (Figura 23-5). El 31% de los lesionados requirieron la extirpación del globo ocular. Los objetos que han penetrado el globo ocular no deben ser retirados en la emergencia. El ojo puede ser cubierto con un vaso de papel u otro objeto limpio que no vaya a presionar el globo. De ahí, el paciente puede ser derivado para reparación quirúrgica en manos de un oftalmólogo con experiencia



*Fig. 23-5. Víctima de trauma ocular por lesión secundaria en Bolivia. Ambos ojos estaban destruidos. Ver la segunda imagen donde se evidencia los fragmentos de tierra y piedras (lesión secundaria) que fueron retirados del globo ocular.*

### Lesiones de extremidades

La mayoría de las lesiones a las extremidades son causadas por proyectiles impulsados por la explosión o lesiones secundarias. Habitualmente causan lesiones penetrantes pero pueden causar lesiones contusas o quemaduras a las extremidades. Estas lesiones deben ser consideradas como heridas contaminadas y tratadas con antibióticos, lo más antes posible, y la administración de toxoide tetánico.

Pequeñas heridas pueden ser el único signo de la penetración de un cuerpo extraño. Estas lesiones requieren de un examen físico y radiológico detallado. Los cirujanos deben mantener un umbral bajo para el desbridamiento exhaustivo, ya que la contaminación profunda y el tejido desvitalizado pueden producir infecciones severas. Estas heridas deben ser desbridadas y lavadas tan pronto sea posible. Vale resaltar que se debe evitar el uso de sistemas de lavado por presión. Ya que pueden hacer que los fragmentos y consecuentemente las infecciones afecten los tejidos más profundos. Si es posible se debe aplicar un torniquete neumático a la extremidad durante el procedimiento para disminuir la pérdida de sangre. Se debe retirar todo los fragmentos o cuerpos extraños que están fácilmente accesibles y que al intentar retirarlo no causen daño adicional. Habitualmente no está indicado el cierre primario de las lesiones en la etapa inicial a no ser que la herida sea relativamente pequeña.

Se debe volver a explorar la herida en 24 o 48 horas para volver a desbridar la herida y repetir este procedimiento hasta que el lecho está limpio, libre de infección y con buen tejido de granulación. En estas situaciones se han utilizados sistemas de aspiración negativa o aplicación de antibióticos tópicos.

En la fase de reconstrucción se pueden usar distintos colgajos para cubrir las heridas. La determinación de que colgajo utilizar está basado en la ubicación el tamaño del defecto. La restauración de la piel puede requerir de la colocación de injertos de piel si no se puede completar un cierre primario. Se puede considerar el uso de injertos biológicos o cultivados.

Vale resaltar, que en el ámbito militar las lesiones en las extremidades pueden representar el 50-70% de las lesiones de combate, debido a las mejoras en la protección de los soldados. La armadura moderna proporciona cierta protección a la cabeza, tórax y abdomen pero deja a las extremidades expuestas.

La integridad vascular debe ser cuidadosamente evaluada. El examen físico es menos confiable en la evaluación de la lesión vascular por explosiones de lo que se ve en el trauma civil. Por eso, se debe tener una política más liberal para realizar una angiografía en estos pacientes. Si se detecta una lesión arterial, rápidamente se debe proceder a controlar el sangrado, restaurar la perfusión distal y prevenir el síndrome compartimental. No se debe ligar la arteria proximal de una extremidad si la intención es preservar la extremidad a no ser que haya evidencia de flujo distal alternativo. Dependiendo de la experiencia del cirujano se puede reparar o colocar un shunt temporario a la arteria. El reparo de la vena afectada es motivo de controversia. En un estudio por Gifford et al. indicaba que ligar la vena estaba asociado con mayor incidencia de amputación y aconsejaba su reparo. Mientras que Sohn et al informó que ligar la vena no aumentaba la incidencia de amputaciones distales. Si se va a ligar la vena se debería realizar una fasciotomía del compartimento afectado.

En soldados lesionados y que fueron evacuados a *Walter Reed Army Medical Center* entre 2001 y 2004, se registraron 107 lesiones vasculares y un 64% de ellos el mecanismo de trauma fue por una explosión. La experiencia obtenida en *Walter Reed* ha dado lugar a varias recomendaciones. El manejo del reparo arterial se debe realizar con vena autóloga.

Es importante evitar injertos protésicos o reparaciones/reconstrucción dentro de las zonas contaminadas de la lesión. La mayoría de los procedimientos quirúrgicos tiene por objeto ligar vasos prescindibles y si hiciera falta utilizar injertos autólogos de vena para las reconstrucciones críticas. Las técnicas endovasculares y los dispositivos de cierre de heridas asistido por vacío o aspiración tienen un rol importante en el tratamiento de estos pacientes.

Las lesiones óseas o fracturas deben ser reducidas, inmovilizadas y fijadas ya que esto reduce el dolor, aumenta la perfusión y evita más daños como ser lesiones secundarias al paquete neurovascular. No es inusual que estos pacientes requieran cirugía reconstructiva por defectos óseos, destrucción de las articulaciones o pérdida de la funcionalidad.

La fasciotomía está indicada en pacientes con lesiones a las extremidades que conjuntamente tienen una lesión a una arteria o vena principal, tiempos prolongados de transporte previo a la revascularización, lesiones por aplastamiento y señales evidentes de síndrome compartimental previo al inicio del traslado.

La decisión de amputar una extremidad debe ser tomada en cada caso individual. La decisión debe ser tomada por el cirujano con mayor experiencia, después del desbridamiento inicial, evaluación radiológica y documentación fotográfica, con el principio de “vida por encima de la extremidad”. La amputación debe ser tan distal como posible y la herida debe ser dejada abierta. Después de unos días se debe inspeccionar la herida y si la condición es óptima proceder al cierre definitivo del muñón.

### Lesiones terciarias

Las lesiones terciarias ocurren cuando la víctima es lanzada o arrojada como un proyectil contra un objeto estacionario. Es la segunda causa de lesión más común entre los sobrevivientes. Por lo general las lesiones secundarias y terciarias causan patrones típicos de lesión de trauma contuso como ser fracturas de extremidades o trauma craneoencefálico, abdominal o torácico cerrado.

### Lesiones cuaternarias

Se refieren a los efectos indirectos de la explosión como ser material nocivo inhalado, quemaduras, colapso de edificio o estructuras, exposición química, radioactiva o biológica, o cualquier lesión que no sea causado por un mecanismo primario, secundario o terciario.

### Complicaciones infecciosas

Las complicaciones infecciosas son frecuentes en estos pacientes. La metralla o fragmentos del explosivo y los escombros causan contaminación al penetrar en espacios profundos. El nivel masivo de desvitalización del tejido blando en muchas de estas heridas aumenta aún más estos

riesgos. Por ejemplo, las víctimas de explosiones en mercados de carne y vegetales han sufrido un aumento en la incidencia de candidemia.

Además, las bombas suicidas han sido asociadas con la implantación traumática de material biológico alogénico en las víctimas, lo que introduce el riesgo de transmisión infecciosa significativa, como los empalados por fragmentos óseos que han tenido serología positiva para hepatitis B, hepatitis C o HIV. Se recomienda que todas las víctimas sean evaluadas para estas infecciones y la profilaxis apropiada sea administrada al personal de rescate y médicos que entren en contactos con estas víctimas.

### Efectos psicológicos

Se debe tomar en cuenta los efectos psicológicos de la explosión en las víctimas, las familias y el personal médico. Habitualmente, los recursos psicológicos se centran en las víctimas con lesiones graves y sus familiares. Pero, algunos sobrevivientes con lesiones menos evidentes pueden experimentar un sentido de culpabilidad por haber sobrevivido. De la misma forma familiares y el personal médico pueden sufrir daño psicológico que a veces no es aparente en un inicio. Es importante una evaluación psicológica a todos los pacientes y el personal médico involucrado en el cuidado de estos pacientes.

### Mortalidad

La tasa de mortalidad inmediata entre las víctimas de las explosiones significativas tiende a ser muy alta, entre un 50% a 99%, e incluye la preponderancia de las víctimas con lesiones críticas, ya que estos habitualmente mueren en el lugar del incidente. La mayoría de los sobrevivientes no tienen lesiones críticas. Todos los pacientes con evidencias de lesiones primarias en la cabeza, torso o amputaciones traumáticas requieren de una evaluación completa para excluir una lesión seria no identificada.

Entre los sobrevivientes, únicamente un 5% a 20% tienen lesiones graves. Este grupo es responsable por la mayoría de las muertes tardías. Entre los sobrevivientes los órganos más afectados son los tejidos blandos y el sistema musculoesquelético. La mayoría de las muertes entre los sobrevivientes iniciales son secundarias a traumatismos de cráneo, abdomen o tórax. El 19% de los sobrevivientes con trauma abdominal, el 14% con trauma torácico y el 10%

con amputación traumática o lesión pulmonar primaria finalmente mueren. Sin embargo, estas lesiones se encuentran en un pequeño porcentaje (2% a 5%) de los sobrevivientes, porque la mayoría de las víctimas con estas lesiones mueren en el lugar del incidente antes de recibir atención médica. Estos pacientes deben ser reconocidos y categorizados adecuadamente como pacientes con una alta tasa de mortalidad.

### Triage

El *triage* de las víctimas de una explosión se debe realizar en un lugar seguro alejado del lugar de la explosión. La escena de la explosión es un lugar que contiene muchos peligros, tanto por el riesgo de derrumbe de edificios o estructuras dañadas como por la caída de escombros. El incendio que acompaña una explosión puede liberar químicos tóxicos. Se debe mencionar el fenómeno de “segundo golpe”. Explosiones secundarias, que ocurren de forma intencional o no, que tienen el riesgo de lesionar a los rescatistas (bomberos, policías, paramédicos etc.). Un ejemplo claro, es el gran número de bomberos y policías que fallecieron en las torres gemelas cuando colapsaron los edificios el 11 de septiembre del 2001. Dentro de lo posible, se debe asegurar el lugar de incidente previo al ingreso del personal de rescate. Es importante restringir el acceso a la escena del desastre solo a las personas capacitadas para manejarlo, e impedir al personal médico ir corriendo a la escena arriesgando sus propias vidas, sin la capacitación necesaria y virtualmente sin la posibilidad de aportar alguna ayuda.

Se están realizando esfuerzos para desarrollar métodos para mejorar la precisión del *triage* en el lugar del incidente. Basado en la experiencia en Iraq con víctimas de explosión, se encontró que en víctimas con signos de vida y la presencia de hipotensión persistente su mortalidad era de 100% versus 0% en los pacientes que no presentaron hipotensión. No había un aumento en la mortalidad en los que presentaban únicamente fracturas de huesos largos, lesión penetrante craneoencefálica o la presencia de otras víctimas que fallecieron en la explosión. En las víctimas que tenían 2 o más de estos signos su mortalidad era de 86% versus 20% en las víctimas que presentaban un solo hallazgo.

### Tratamiento de las víctimas de explosiones

La identificación de los pacientes que sufren lesiones potencialmente mortales es uno de los primeros pasos más efectivos en el tratamiento de las víctimas de explosiones. El tratamiento debe comenzar con las medidas necesarias para proteger la vía aérea, la ventilación y la circulación. Los estudios de diagnóstico por imágenes iniciales deben incluir una radiografía de tórax. En muchos centros de atención, la tomografía está disponible y es el estudio de elección para evaluar rápidamente el cráneo, el tórax y el abdomen.

Se debe administrar líquidos intravenosos para mantener una presión sistólica de 100 mmHg, un pulso radial de 120 latidos por minuto y un nivel de consciencia apropiado. No se deben dar líquidos en bolo o de forma rápida previo al control quirúrgico ya que esta práctica puede exacerbar el sangrado. Una vez que las lesiones que ponen en peligro la vida de forma inmediata han sido evaluadas y se ha iniciado su tratamiento, el manejo de estos pacientes se basa en 2 principios. Primero, un examen otoscópico para determinar la ruptura de la membrana timpánica. Si la membrana timpánica está intacta, puede excluirse una lesión primaria grave en la ausencia de síntomas de disnea, distrés respiratorio y dolor abdominal (Figura 23-6). Los pacientes con ruptura de las membranas timpánicas deben ser evaluados con radiografías de tórax y ser observados por lo menos por 8 horas. Las lesiones primarias se caracterizan por su presentación tardía.

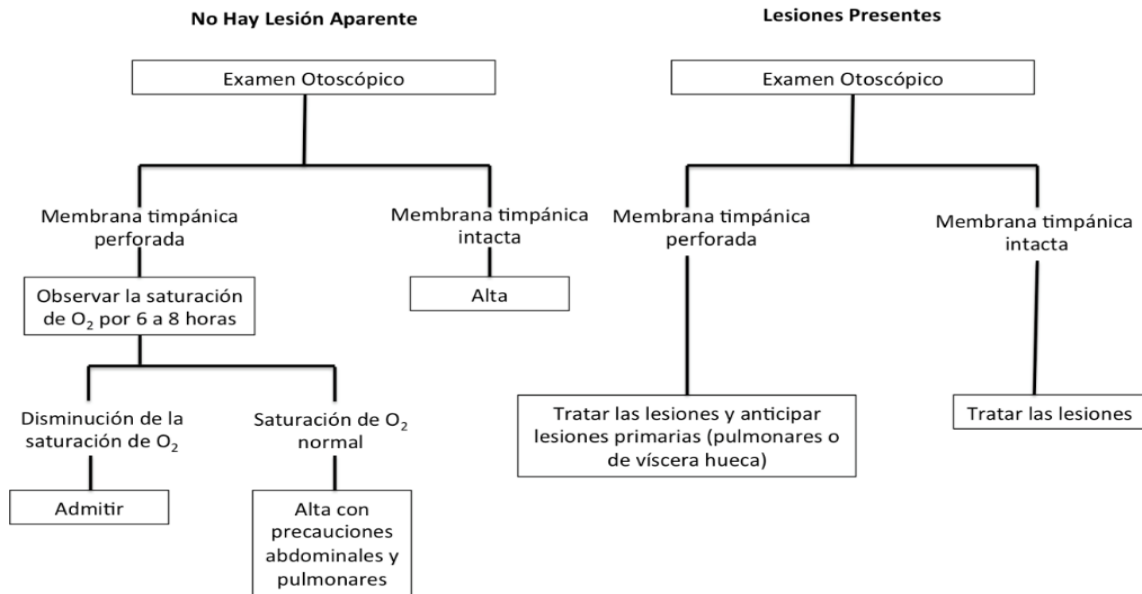
En segundo lugar, se les debe medir la saturación de oxígeno utilizando un oxímetro de pulso. Una disminución en la saturación de oxígeno puede indicar evidencias de lesión pulmonar primaria antes de que manifieste síntomas.

### Resumen y conclusiones

Las lesiones por explosiones son cada vez más comunes en las poblaciones no militares. Se ha visto un aumento en los ataques con motivación política en el sector civil o actos de terrorismo. Hay que reconocer que explosiones que no están relacionadas con el terrorismo pueden ocurrir en el entorno industrial (fuga de gas, accidente industrial etc.). Los médicos y los cirujanos



Fig. 23-6. Evaluación inicial basada en el examen otoscópico. Adaptado de N Engl J Med. 2005 Mar 31;352(13):1335-42



civiles deben comprender el mecanismo y la fisiopatología de la lesión causada por dispositivos explosivos y reconocer los marcadores de gravedad con el fin de aumentar la sobrevida y disminuir las complicaciones en sus pacientes. Estos pacientes tienen lesiones complejas y requieren de la atención de un cirujano capacitado en un centro hospitalario que pueden proporcionar la evaluación, apoyo, tratamiento y recuperación a largo plazo. Las víctimas de estas lesiones habitualmente sufren heridas complejas que no son vistas comúnmente en nuestra práctica cotidiana.

Debido a que las víctimas pueden ser transportadas rápidamente al hospital, la lesión de órganos que contienen gas o líquidos (en particular, los oídos, el intestino y los pulmones) puede pasar inadvertida ya que pueden manifestarse tardíamente. La información que rodea el entorno físico de la explosión (ya sea dentro o fuera, colapso bajo el agua, etc.) es de gran utilidad. La mayoría de las muertes inmediatas son causadas por una lesión primaria por la onda expansiva. Las lesiones secundarias, causada por los fragmentos que vuelan e impactan, también pueden ser letales. El uso de exámenes radiológicos complementarios en las zonas de penetración en la piel ayudará a identificar la necesidad de exploración y/o extracción de cuerpos extraños. La lesión terciaria, que ocurre cuando la víctima es lanzado por la onda expansiva, es una causa adicional de trauma de cráneo contuso, trauma toracoabdominal y fracturas. Las lesiones cuaternarias comprenden la exposición por inhalación térmica o polvo, exacerbación de condiciones preexistentes, así como los

síndromes de aplastamiento y por colapso de las construcciones. Cualquier explosión puede estar asociada con algún agente biológico o nuclear, o con contaminantes químicos, y esa posibilidad debe seguir siendo una consideración para los proveedores de la salud hasta que se demuestre lo contrario. Los factores pronósticos más importantes para las víctimas que padecen de trauma por explosión se pueden reconocer a partir del conocimiento de la biodinámica, fisiopatología, y los mecanismos de lesiones.

En mi experiencia, las víctimas de estas lesiones requieren de una buena evaluación primaria y secundaria basada en los principios del ATLS con un manejo quirúrgico meticuloso, siguiendo las pautas generales de la cirugía de trauma. Lo que los diferencia de los otros pacientes traumatizados es el mecanismo de lesión y el posible uso de armas químicas, biológicas o radioactivas. Para poder dar una atención óptima es fundamental comprender estos mecanismos y cómo impacta a nuestros pacientes.

### Lecturas recomendadas

Asensio JA, Trunkey DD. (2008) Current Therapy of Trauma and Surgical Critical Care. Philadelphia, PA: Mosby

Beiler D, Hentsch S, Franke A, Kollig E. Current Strategies for the Treatment of Blast Injuries to the Extremities. NATO ePublication 2011 Apr. Biancolini CA, Del Bosco CG, Jorge MA. J trauma. 1999 Oct;47(4):728-32

- Briggs SM, Brinsfield KH. Advanced disaster medical response. Boston: Harvard Medical International Trauma & Disaster Institute; 2003. Burris D, Rhee P, Kaufmann C, Pikoulis E, Austin B, Erer A, DeBraux S, Guzzi L, Leppaniemi A. Controlled resuscitation for uncontrolled hemorrhagic shock. *J Trauma*. 1999 Feb;46(2):216-23
- Ciraulo DL, Frykberg ER, Feliciano DV, Knuth TE, Westmoreland CD, Williams KA. A survey assessment of the level of preparedness for domestic terrorism and mass casualty incidents among Eastern Association for the Surgery of Trauma members. *J Trauma*. 2004 May; 56(5): 1033-9.
- Ciraulo DL, Frykberg ER. The surgeon and acts of civilian terrorism: blast injuries. *J Am Coll Surg*. 2006 Dec;203(6):942-50.
- DePalma RG, Burris DG, Champion HR, Hodgson MJ. Blast Injuries. *N Engl J Med*. 2005 Mar 31;352(13):1335-42
- Fox CJ, Gillespie DL, O'Donnell SD, Rasmussen TE, Goff JM, Johnson CA, Galgon RE, Sarac TP, Rich NM. Contemporary management of wartime vascular injury. *J. Vasc. Surg*. 2005 Apr;41(4):638-44
- Frykber ER, Tepas JJ. Terrorist bombings: lessons learned from Belfast to Beirut. *Ann Surg* 1988 208:569-576.
- Gifford SM, Aidinian G, Clouse WD, Fox CJ, Porras CA, Jones WT, Zarzabal LA, Michalek JE, Propper BW, Burkhardt GE, Rasmussen TE. Effects of temporary shunting on extremity vascular injury: an outcome analysis from the Global War on Terror vascular injury initiative. *J. Vasc. Surg*. 2009 Sep; 50(3); 549-555.
- Gutierrez de Ceballos JP, Turegano-Fuentes F, Perez-Diaz D, et al. 11 March, 2004: The terrorist bomb explosion in Madrid, Spain-an analysis of the
- Harrison CD, Bebartha VS, Grant GA. Tympanic membrane perforation after combat blast exposure in Iraq: a poor biomarker of primary blast injury. *J Trauma* 2009 Jul; 67(1): 210-1
- Hoge CW, McGurk D, Thomás JL, Cox AL, Engel CC, Castro CA. Mild traumatic brain injury in U.S. Soldiers returning from Iraq. *N Engl J Med*. 2008 Jan 31; 358(5): 453-63
- Jemsen JH, Bonding P. Experimental pressure induced rupture of the tympanic membrane in man. *Acta Otolaryngol* 1993 Jan;113:62-7
- Leiboviv D, Gofrit ON, Shapira SC. Eardrum perforation in explosion survivors: is it a marker of pulmonary blast injury? *Ann Emerg Med*. 1999 Aug; 34(2):168-72.
- Leppaniemi A, Soltero R, Burris D, Pikoulis E, Waasdrop C, Ratigan J, Hufnagel H, Malcolm D. Fluid resuscitation in a model of uncontrolled hemorrhage: too much too early, or too little too late? *J Surg Res*. 1996 Jul 1;63(2);413-8
- Muzaffar W, Khan MD, Akbar MK, Malik AM, Durrani OM. Mine blast injuries: ocular and social aspects. *Br J Ophthalmol*. 2000 Jun; 84(6): 626-30
- Nelson TJ, Wall DB, Stedje-Larsen ET, Clark RT, Chambers LW, Bohman HR. Predictors of mortality in close proximity blast injuries during Operation Iraqi Freedom. *J Am Coll Surg*. 2006 Mar, 202(3):418-22.
- Patel HD, Dryden S, Gupta A, Stewart N. Human body projectile implantation in victims of suicide bombings and implications for health and emergency care providers: the 7/7 experience. *Ann R Coll Surg Engl*. 2012 Jul;94(5):313-7
- Quan RW, Gillespie DL, Stuart RP, Chang AS, Whittaker DR, Fox CJ. The effect of vein repair on the risk of venous thromboembolic events: a review of more than 100 traumatic military venous injuries. *J Vasc Surg*. 2008 Mar; 47(3):571-7
- Radford P, Patel HD, Hamilton N, Collins M, Dryden S. Tympanic membrane rupture in the survivors of the July 7, 2005, London bombings. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2011 Nov; 145(5)806-812
- Sohn VY, Arthur ZM, Herbert GS, Beekley AC, Sebasta JA. Demographics, treatment, and early outcomes in penetrating vascular combat trauma. *Arch Surg*. 2008 Aug;143(8):783-7.