

TRAUMA

La urgencia médica de hoy

Volumen
Volume 4

Número
Number 3

Septiembre-Diciembre
September-December 2001

Artículo:

Fundamentos de balística en heridas ocasionadas por proyectiles de arma de fuego. Parte 1

Derechos reservados, Copyright © 2001:
Asociación Mexicana de Medicina y Cirugía de Trauma, AC

**Otras secciones de
este sitio:**

- 👉 [Índice de este número](#)
- 👉 [Más revistas](#)
- 👉 [Búsqueda](#)

***Others sections in
this web site:***

- 👉 [Contents of this number](#)
- 👉 [More journals](#)
- 👉 [Search](#)



www.medigraphic.com

Fundamentos de balística en heridas ocasionadas por proyectiles de arma de fuego. Parte 1

Raúl Cuauhtémoc Baptista Rosas*

Palabras clave: Balística, herida por proyectil de arma de fuego.

Key words: Ballistics, gunshot wound.

Resumen

Dentro de la práctica médica diaria, cada vez es más frecuente encontrarse con lesiones ocasionadas por proyectiles de arma de fuego, consecuencia de la violencia e inseguridad de nuestra sociedad actual. Así mismo, con mayor frecuencia se encuentran lesiones ocasionadas por armamento sofisticado que sólo se empleaba en campos de batalla, hoy en día, ese campo de batalla se desarrolla diariamente en nuestros grandes centros urbanos y áreas rurales. Es esencial que el médico de primer contacto posea nociones elementales sobre armas bélicas de uso actual y el tipo de heridas que pueden causar, para el tratamiento y prevención de complicaciones. Debido a la extensión de este tema tan importante en el ejercicio de la profesión, esta revisión se ha dividido en dos partes, la primera que trata los fundamentos de la balística de efectos sobre la producción de lesiones y la segunda, que enfatiza pautas clínicas para mejor diagnóstico y tratamiento de las heridas por arma de fuego.

Abstract

In diary medical practice, is more frequent to meet with lesions more caused by gunshot wounds, consequence to the violence and insecurity of our current society. Likewise, with more frequency they are lesions caused by sophisticated armament that alone it was used in battle fields, today in day, that battle field is developed daily in our big urban centers and rural areas. It is essential prescribe of first contact medical care it possesses elementary notions on warlike weapons of current use and the type of wounds that can cause, for the treatment and prevention of complications. Due to the extension of this topic so important in the exercise of the profession, it has been divided in two parts, the first one that treats the foundations of the ballistics of effects on the production of lesions and the second that it emphasizes clinical rules better diagnose and treatment of the gunshot wounds.

115

* Mayor Médico Cirujano.

Dirección para correspondencia:

Pelotón de Sanidad 16/a. Compañía de Infantería no encuadrada Campo Militar No. 40-C San Lucas, Municipio de Mulege, BCS. Apartado Postal No. 42 Santa Rosalía, Municipio de Mulege, BCS. C.P. 23920

La balística es la rama de la física que estudia el comportamiento y los efectos mecánicos producidos por los proyectiles. Se divide, para su estudio, en tres grandes grupos:

1. Balística interior, que estudia los fenómenos ocurridos dentro del arma de fuego hasta que el proyectil sale por el cañón.
2. Balística exterior, que estudia los fenómenos desde la punta del cañón hasta el objetivo.
3. Balística de efectos o terminal, que estudia los fenómenos producidos por el proyectil sobre el objetivo. Dentro de esta rama encontramos la balística de las lesiones, que explica los mecanismos de producción de las heridas por efecto de los proyectiles de armas de fuego sobre los tejidos del cuerpo humano.

Para su mejor comprensión, definamos como proyectil a cualquier cuerpo proyectado a través del espacio. De esta manera, los proyectiles pueden ser clasificados como:

1. Primarios, que incluyen las municiones de las armas de fuego:
 - a. Municiones de armamento personal como pistolas, revólveres, fusiles, rifles y ametralladoras.
 - b. Granadas en general (de mano, de fusil, de mortero, de artillería ligera y pesada).
 - c. Bombas.
 - d. Minas antipersonal y antitanque.
 - e. Armas autopropulsadas como torpedos, cohetes y bombas inteligentes.
2. Secundarios, que incluyen dos subtipos:
 - a) Externos, son todo objeto que se convierte en proyectil por efecto de los proyectiles primarios, como rocas, material de construcción, esquirlas metálicas producidas por explosivos de fragmentación como bombas o granadas.
 - b) Internos, después que algún proyectil ha penetrado el cuerpo, fractura y fragmenta estructuras óseas, convirtiendo a su vez éstos en proyectiles.

Fundamentos de balística de lesiones en la producción de las heridas

La balística de lesiones, rama de la balística de efectos, es de gran importancia dentro de la ciencia médica, ya que proporciona las herramientas y fundamentos físicos para comprender el comportamiento de un proyectil de arma de fuego a su paso sobre el cuerpo humano. Es erróneo, aunque generalizadamente difundido, pensar que puede predecirse la severidad de la lesión en base de la velocidad del proyectil empleado. Si es verdad que la velocidad del proyectil es un factor importante, no es el único. La severidad de las lesiones está determinado por el coeficiente balístico o potencial de penetración (PP) del proyectil que se traduce como la habilidad que tiene para vencer la resistencia del medio a través del que se desplaza. Este coeficiente balístico está en función de los factores que modifican la severidad de las lesiones:

1. Factores del proyectil:

- a) El calibre del proyectil, que está determinado por sus medidas en 3 dimensiones. En el caso de ojivas de armas de fuego, se refiere a su diámetro y longitud.
- b) La masa del proyectil, que es el peso y que en el aire se ve afectado por la fuerza de gravedad. Sin embargo, es importante señalar que al dispararse un proyectil debajo del agua, esta relación se ve afectada dependiendo a la profundidad donde se desplace.
- c) La construcción del proyectil, lo que se refiere a los materiales que conforma la estructura de éste. En el caso de ser un proyectil disparado por un arma de fuego portátil, contiene un núcleo de plomo con antimonio, cubierto parcial o totalmente con una camisa de cobre; los proyectiles de armas de fuego con calibres por arriba de 0.50" (12.7 mm) tienen núcleo de acero tratado, por lo que se les llama perforantes. Los proyectiles secundarios pueden ser de diversos materiales, como roca, madera, hueso o metales.
- d) El perfil del proyectil que determina el área de superficie que impacta.
- e) El centro de gravedad del proyectil, que determina qué tan rápido rueda a través de su trayecto en los tejidos. Los proyectiles primarios son aerodinámicos. Si se trata de proyectiles secundarios, generalmente son de forma asimétrica y con perfiles extensos y abruptos.

- f) La velocidad restante del proyectil, o sea, la velocidad que lleva el proyectil al momento del impacto.
- g) La dirección del proyectil que lleva al momento del impacto (de frente o con cierto ángulo).
- h) La distancia de disparo desde el arma hasta el individuo, ya que a mayor distancia, menor velocidad restante por acción de la resistencia del medio.

2. Factores de los tejidos

- a) Los tipos de tejidos lesionados, proporcionado por la elasticidad, la densidad, gravedad específica y cohesividad tisular interna; éstos determinan la cantidad de tejido que se comprime.
- b) El espesor de los tejidos, que determina la distancia en que el proyectil comienza a deformarse y rueda en los tejidos.

3. Factores externos

- a) Medidas de protección empleadas como uso de casco, chaleco antibalas o parapetos protectores.

La suma parcial de todos estos factores antes mencionados y que generan el PP, son individuales y únicos para cada caso en particular, por lo que siempre deben valorarse cada uno de éstos durante la obtención de información en la historia clínica minuciosa y la exploración física detallada. Es ampliamente difundido por la literatura médica que el factor más importante es el potencial de lesión (PL) que se define como la medida de la eficiencia con que la energía cinética es transferida al blanco. La energía cinética es la fuerza que lleva el proyectil y que al contado con el objetivo, se transmite en forma de energía mecánica y térmica, provocando destrucción a su paso por los tejidos del cuerpo humano. La energía cinética se calcula con la siguiente fórmula:

$$EC = 1/2 (m \times v^2)$$

Donde la energía cinética (EC) es igual a la mitad de la masa, es decir el peso de la munición entre la fuerza de gravedad y multiplicado esto por el cuadrado de la velocidad.

De acuerdo con esta fórmula, al duplicar el peso del proyectil, se duplica la energía cinética, pero al duplicar la velocidad, se cuadruplica la energía cinética resultante. Si bien esto llevó a que la mayoría de los autores consideraran a la velocidad como el factor más importante en el mecanismo de producción de las heridas, no es el único factor, y a pesar de grandes velocidades, el daño resultante puede verse modificado por el coeficiente balístico. La comprensión de estos mecanismos ha resultado en el mejor manejo de las lesiones.

Es muy importante definir otros términos técnicos que se emplean frecuentemente en la literatura mundial, como son el potencial vulnerante (PV) y el potencial de detención (PD). Aunque el potencial vulnerante de los proyectiles es muy complejo para ser definido, se puede decir que son el poder que tienen los proyectiles para poner fuera de combate a un individuo, o bien, el poder que tienen los proyectiles de producir efectos letales en un ser humano y está en razón directa del potencial de penetración. Esta propiedad es característica de las armas largas como fusiles y ametralladoras. El potencial de detención es el potencial que tienen los proyectiles para producir una conmoción en el individuo tocado, en el momento de impacto, y lo obliga a suspender lo que estaba haciendo. En una lucha cuerpo a cuerpo, no se trata de producir una herida cuyos efectos comiencen después de algunos minutos, si no se busca producir una herida, que si no es precisamente mortal, sí produzca inmediatamente una conmoción tan fuerte, que sea capaz de hacerlo caer. La potencia de detención es la cualidad de las pistolas calibre 9 mm Parabellum y 0.45", puesto que estas armas fueron diseñadas para repeler agresiones violentas a cortas distancias.

Mecanismos de lesión

El coeficiente balístico, el potencial vulnerante y el potencial de detención son las cualidades del proyectil de las armas de fuego portátiles y semiportátiles, que afectan directamente a los tejidos del cuerpo humano impactados y están en función del alcance práctico de dichas armas. Es decir, las características de los proyectiles y los tejidos determinan la naturaleza de las lesiones. Existen dos mecanismos de lesión principales o primarios:

1. Directos

Son productos del desplazamiento del proyectil durante su trayecto sobre el cuerpo humano provocando daño directo a los tejidos, creando una cavidad permanente.

- a) Contusión: aplastamiento por el impacto directo de la superficie del proyectil sobre los tejidos.
- b) Disrupción: Laceración de los tejidos por el proyectil o sus fragmentos.
- c) Quemadura: por transferencia de calor.

Dentro de los mecanismos de lesión directos, existen factores que modifican el patrón de las heridas, debido principalmente a la inestabilidad del proyectil durante su desplazamiento, generado por los movimientos y fuerzas inherentes a éste:

2. Durante el desplazamiento

- a) Precesión: es el movimiento en el cual la punta del proyectil traza una circunferencia en el aire, perpendicular a su trayectoria y sobre su centro de gravedad.
- b) Spin: es el giro sobre el eje vertical del proyectil durante su trayecto en el aire, y éste es conferido por rayado del ánima del cañón; conforme pierde velocidad el proyectil, la punta describe un patrón característico con forma de roseta que los autores americanos han llamado nutación (del inglés nutation).

3. Al impacto sobre los tejidos

- a) Deformación: las ojivas de armas de fuego militares son de núcleo de plomo y antimonio, cubiertas con una camisa de cobre, a lo que el argot castrense se le conoce como "Full Metal Jacket" (FMJ). Las ojivas civiles comúnmente conocidas como "balas expansivas" o "dum-dum", se encuentran construidas con núcleo de plomo parcial o sin cubierta de cobre; además, existe otro tipo de munición conocido como hollow point (punta hueca) que como lo dice su nombre, tiene un orificio en la punta; algunas variantes contienen materiales plásticos o aleaciones metálicas más dúctiles que llenan este orificio, y se conocen como soft point (punta blanda), otras varian-

tes son las modificaciones caseras por el usuario como el debilitamiento de la punta del proyectil FMJ con cortes en forma de cruz o lijado de la cubierta de cobre. Todos los proyectiles se deforman al contacto con el objetivo; sin embargo, las variantes civiles diseñadas específicamente para esto ocasionan mucho mayor aplanamiento al impacto, en forma de hongo, lo que aumenta la superficie de contacto y lesionando una mayor área de tejido. Este tipo de proyectil provoca mayor daño que las de uso exclusivo por las fuerzas armadas (completamente encamisadas). En general, un proyectil de plomo puro que atraviesa tejidos blandos se deforma cuando viaja a velocidades mayores 60 m/s, mientras que los proyectiles FMJ se deforman en las mismas circunstancias cuando viajan a velocidades mayores a 350 m/s.

- b) Rodamiento: cuando el proyectil viaja girando 1 a 3° sobre su centro de gravedad, el cual se localiza levemente desplazado posteriormente del centro del proyectil sobre su eje mayor, al impactarse contra un tejido, ese centro de gravedad se desplaza hacia la punta del proyectil haciendo que ruede dentro de los tejidos, aumentando su superficie de contacto y provocando una cavidad permanente mayor al diámetro del eje menor del proyectil.
- c) Fragmentación: aunque se observa con mayor frecuencia en ojivas parcialmente o no cubiertas, las ojivas FMJ también se pueden fragmentar al experimentar rodamiento o al impactarse contra tejidos óseos; otros proyectiles que frecuentemente se fragmentan son las esquirlas de granadas de artillería o minas antipersonal, así como la mayoría de los proyectiles secundarios, incrementando la superficie de contacto y cantidad de tejido aplastado.

4. Indirectos

- a) Cavitación: es la elongación radial de los tejidos sobre las paredes del trayecto del proyectil. Durante el vuelo, el proyectil se estabiliza girando sobre su eje de gravedad por la fuerza de rotación conferida por las estrías del cañón, entre mayor potencia (velocidad) tenga el proyectil y más largo sea el

cañón, más rápido será el giro de éste durante el vuelo y mayor la cantidad de energía cinética. Esto es debido a que los gases de la deflagración de la pólvora en la recámara del arma, tienen mayor tiempo para acelerar el proyectil hacia la atmósfera. Al impactarse sobre un tejido, el cambio de densidad hace que el proyectil transmita su energía cinética, ocasionando una onda expansiva que elonga los tejidos más allá de los diámetros del calibre del proyectil provocando trauma contuso a los tejidos adyacentes y formando lo que se conoce como cavidad secundaria o temporal. La cavidad temporal máxima dura algunos milisegundos, después que el proyectil atraviesa los tejidos y alcanza diámetros de hasta 20 veces el calibre del proyectil cuando el individuo se encuentra entre 250 y 500 m que es el rango efectivo de la mayoría de los fusiles de guerra actuales. Debido a las fuerzas que siguen el trayecto del proyectil son de menos resistencia, la cavidad temporal tiende a ser asimétrica y abarcar varios planos anatómicos. Al producirse, la presión negativa dentro de la herida puede succionar cuerpos extraños como tierra y ropa. En muchas ocasiones se confunden los efectos ocasionados por la cavitación secundaria con los efectos de los proyectiles secundarios generados por fragmentación, los cuales crean su propio trayecto a través de los tejidos, siendo esto la causa de lesión más importante en la producción de heridas por armas de fuego

- b) Onda de choque: la presión de la onda sónica que precede al proyectil, aparentemente viaja a través de los tejidos sin jugar parte en el mecanismo de lesión antes descrito.

Clasificación clínica de las heridas de armas de fuego

La clasificación clínica de las heridas producidas por proyectiles de armas de fuego está diseñada en base a su velocidad inicial, sin embargo, sobrestima la velocidad como el factor más importante en el PL y resta importancia a los otros factores como el PP o coeficiente balístico y a la fragmentación del proyectil. Sin embargo, esta clasificación es muy útil para el abordaje, la clasificación y triage de los pacientes, sin embargo, no se recomienda su em-

pleo con fines pronósticos. En general se clasifican en tres tipos:

1. Proyectiles de baja velocidad

Con velocidades por debajo de 330 m/s, no forman cavidad temporal más allá del diámetro de su propio calibre. generalmente son producidas por:

- a) Armas punzocortantes o contundentes, aceleradas por la fuerza muscular del hombre (por ejemplo un ataque con cuchillo).
- b) La mayoría de los proyectiles de armas de fuego de mano como pistolas automáticas, semiautomáticas y revólveres de calibres 0.22" y 0.25".
- c) Proyectiles secundarios.

Las heridas que producen generalmente siguen el trayecto y la forma del objeto agresor, lesionando sólo los tejidos que involucran la cavidad permanente.

2. Proyectiles de media velocidad

Velocidades entre 330 y 600 m/s, son producidas por armas cortas como pistolas semiautomáticas, automáticas y pistolas ametralladoras como la Uzi Israelí o la MP-5 de patente alemana, que utilizan cartuchos calibre 9 mm Parabellum. Estas últimas producen lesiones más destructivas que las pistolas, más que por su potencial de lesión, por su gran volumen de fuego.

Debido a su poco peso y alta efectividad a distancias cortas entre 10 y 25 metros; las lesiones que producen siguen el trayecto de la cavidad permanente, con formación de mínima cavidad secundaria equivalente a 1 a 2 veces su diámetro transversal cuando se utilizan cartuchos FMJ; en cambio, el uso de cartuchos parcialmente cubiertos, aumenta notablemente su PP.

3. Proyectiles de alta velocidad

Velocidades por arriba de 600 m/s, involucran todos los fusiles automáticos y semiautomáticos de guerra, como el M-16 y R-15 calibre 0.225; el HK G3 y el AK-47 calibre 7.62 mm NATO, y todas las armas para cacería mayor. También se pueden incluir en esta categoría las armas de fuego de pro-

yectiles múltiples como las escopetas, cuando son disparadas a corta distancia.

4. Armas de fuego de proyectiles múltiples

Dentro de esta categoría encontramos las escopetas, que son armas de fuego portátiles de uso manual, con cañón de ánima lisa, aunque actualmente se fabrican con ánima rayada, y que disparan cartuchos con múltiples perdigones de plomo. Su calibre está dado en términos de "Gauge" (calibre); que toma como base el peso de una libra de plomo dividida en partes iguales y cada parte (perdigones) da la medida del diámetro del cañón, es decir, una escopeta calibre 12 quiere decir que un perdigón pesa 1/12 de libra. En resumen, el calibre de las escopetas está dado por el peso de la munición, así pues, los calibres más comunes son del 4, 8 y 10 de uso exclusivo para las fuerzas armadas; 12, 14, 20, 24, 28 y 32 permitidos para deportistas, comuneros y trabajadores del campo a excepción de aquéllas con cañones inferiores a 63.5 cm. Existen cartuchos que en lugar de tener municiones tienen una bala llamada "slug"; los cartuchos que tienen perdigones o postas de dos ceros, son de uso exclusivo de las fuerzas armadas. La característica más importante de este tipo de armamento es el

llamado Patrón de dispersión que se refiere a la concentración de perdigones sobre la superficie del objetivo y está en función de la distancia del cañón al blanco. A mayor distancia, mayor patrón de dispersión. A distancias menores de 9 metros provocan lesiones graves debido a la poca dispersión de los proyectiles, lo que hace que un gran número de perdigones estén concentrados en algunos centímetros de superficie, por lo que deben considerarse como de alta velocidad para un mejor abordaje terapéutico. Las escopetas "recortadas" son aquéllas con cañones de longitud inferior a 45 cm de largo (aunque en las leyes mexicanas, se considera menor de 63.5 cm) haciendo este tipo de armas más portátiles, fáciles de ocultar y con un patrón de dispersión mayor a menores distancias.

Referencias

1. Tintinalli JE, Ruiz E, Krome RL. *Emergency medicine*. 4th Edition, Mc Graw-Hill 1996; 1196-1203.
2. Feliciano DV, Moore EE, Mattox KL. *Trauma*. 3th Edition, Appleton & Lange 1991; 88-92.
3. Baptista Rosas RC. Heridas por proyectil de arma de fuego en tejidos blandos, Nociones de Cirugía de Guerra. *Trauma Mex* 1999; 2: 65-72.
4. Heiss P, Fassauer H. Experiences in Ethiopia in the treatment of wounds of the head and neck from gunshot and shrapel. *Med Corps Int* 1991; (2)6: 8-12.