

Conceptos básicos de balística para el Cirujano General y su aplicación en la evaluación del trauma abdominal

Basic ballistics concepts for the General Surgeon and their application in the evaluation of abdominal trauma

Dr. Ignacio J. Magaña Sánchez, Dr. Jesús Javier Torres Salazar, Dr. Luis Manuel García-Núñez, Dr. Olliver Núñez-Cantú

Resumen

Objetivo: Proporcionar al Cirujano General los conceptos básicos de balística que le permitirán analizar y valorar adecuadamente la intensidad de las lesiones que puede encontrar en un paciente con heridas por proyectiles de armas de fuego (HPAF). **Sede:** Hospital Central Militar, Secretaría de la Defensa Nacional, México, D.F.

Diseño: Revisión de la literatura.

Material y métodos: Se analiza la definición y conceptos de balística interna, externa y terminal o de efectos y factores que afectan el comportamiento del proyectil durante su trayectoria y que, secundariamente, modificarán sus efectos en los tejidos corporales.

Resultados: La energía cinética que corresponde a la energía liberada es producto de la masa (peso y tamaño del proyectil) por la velocidad del mismo al cuadrado entre dos; por tanto a mayor tamaño del proyectil, es mayor la energía liberada (un proyectil con el doble de masa que otro libera el doble de energía) y a mayor velocidad, mayor energía (el doble de velocidad, aumenta 4 veces la energía liberada). Los factores que afectan el comportamiento del proyectil durante su trayectoria y que, secundariamente, modificarán sus efectos en los tejidos corporales, son: velocidad, perfil, estabilidad, poder de expansión y/o fragmentación y la presencia de impactos secundarios. La velocidad probablemente sea el factor más importante en la evaluación de una HPAF, ya que es la que determina la trayectoria del proyectil, a mayor velocidad la trayectoria es más recta y si la distancia es corta el proyectil mantiene prácticamente toda su energía. Los proyectiles no son estériles

Abstract

Objective: To provide basic ballistic concepts to the General Surgeons that will allow him/her to analyze and assess adequately the intensity of the injuries that might be encountered in a patient with gunshot wounds.

Setting: Central Military Hospital, National Defense Ministry, Mexico City.

Design: Review of the literature.

Material and methods: We analyzed the definitions and concepts of internal, external, and terminal ballistics or of the effects and factors that affect the behavior of a bullet during its trajectory, which will, in consequence, modify its effects on body tissues.

Results: Kinetic energy, which corresponds to the energy released, is given by the product of mass (weight and size of the bullet) by its velocity to the square and divided by two; hence, the greater the size of a bullet, the greater will be the released energy (a bullet twice more mass than another will release twice the energy) and at a higher velocity, higher energy (a two-fold velocity increases four-times the released energy). The factors that affect the behavior of a bullet during its trajectory and that will, in consequence, modify its effects on body tissues are: velocity, profile, stability, expansion and/or fragmentation potential, and the presence of secondary impacts. Velocity is probably the most important factor in the evaluation of a gunshot wound, as this determines the trajectory of the bullet, the greater the velocity, trajectory will be straighter and if the distance is short the bullet will keep practically all its energy. Bullets are not sterile, hence it is very important to consider as contaminated any gunshot

Hospital Central Militar, Secretaría de la Defensa Nacional, Departamento de Cirugía General, México, D.F.

Recibido para publicación: 3 marzo 2010

Aceptado para publicación: 2 diciembre 2010

Correspondencia: Coronel M.C. Ignacio Javier Magaña Sánchez. Miguel L Legaspi Núm. 7, Cto. Navegantes, Cd. Satélite, Naucalpan, Edo. de México. 53100. Tels. (+55) 53930161 y (+55) 53930169, E-mail: ijms00@hotmail.com

Este artículo puede ser consultado en versión completa en: <http://www.medicgraphic.com/cirujanogeneral>

al expulsarse, por lo que es de capital importancia considerar contaminada cualquier herida por proyectil de arma de fuego que se presente e iniciar de inmediato un esquema de antibióticos apropiado. Las únicas indicaciones válidas para extraer un PAF serían cuando se encuentren intracardiacos, articulares o en la proximidad de una articulación y/o vaso importante.

Conclusión: Los factores que un cirujano debe considerar para evaluar el posible potencial de daño tisular en caso de heridas por proyectiles de arma de fuego son: tipo de arma, distancia a la que se hizo el disparo, debe intentar conocer el sitio del impacto determinando el orificio de entrada y la posición de la víctima al recibir el impacto; como factores auxiliares debe conocerse el número de disparos. Una vez en presencia de la lesión, determinar la severidad de la misma conociendo las características físicas de los diferentes tejidos y su resistencia al daño.

Palabras clave: Herida por proyectil de arma de fuego, balística.

Cir Gen 2011;33:48-53

Introducción

El trauma es la principal causa de muerte prevenible en pacientes entre la 4^a y 5^a décadas de la vida; hasta hace unos años se consideraba que las heridas por proyectil de arma de fuego (HPAF) estaban restringidas a los conflictos armados y eran propias de elementos de las fuerzas armadas.¹ En la actualidad, este tipo de lesiones son de rutina en el medio urbano debido a la gran disponibilidad de armas de fuego entre personas civiles, calculándose un promedio de 100 muertes diarias relacionadas con ellas, frecuentemente asociadas al consumo de drogas y alcohol.²⁻⁴ Este aumento en su frecuencia condiciona la alta posibilidad de enfrentarse en cualquier momento a un paciente de estas características, siendo el cirujano general quien, por lo general, es el responsable directo del manejo de estos pacientes.^{2,4,5}

La atención a un paciente con HPAF, por lo general, se lleva a cabo en un medio hostil, ya que además de las potenciales lesiones que puede traer consigo el paciente, la respuesta del cirujano se ve afectada por varios factores: primariamente por la tensión que se genera cuando el cirujano no está habituado a estos casos y, por lo tanto, carece de experiencia al respecto. El segundo factor lo constituye el hecho de que, en muchas ocasiones, las lesiones son extremadamente graves, poniendo en peligro la vida del paciente y requiriendo su resolución de inmediato;³ lo anterior se ve agravado por la situación de que estos pacientes, por lo general, se presentan en horarios no habituales y en instalaciones inadecuadas que no cuentan con los recursos necesarios para manejarlos. Por todo lo anterior, el cirujano debe ser capaz de analizar todas estas situaciones y, de inmediato, tomar la decisión de enfrentar el caso o canalizarlo a un centro con mayor experiencia.⁶⁻⁸

wound and to start immediately an appropriate antibiotics scheme. The only valid indications to extract a bullet would be when they are placed intracardially, intra-joints or very near to a joint and/or an important vessel.

Conclusion: The factors to be taken into account by a surgeon to assess the potential tissular damage in cases of gunshot wounds are: type of firearm, distance at which the shot was made, the surgeon must attempt to know the site of the impact by determining the entrance orifice and the position of the victim at the time of receiving the shot. As additional factors, the number of shots must be known. In the presence of an injury, the surgeon must determine its severity by knowing the physical characteristics of the diverse tissues and their resistance to the damage.

Key words: Gunshot wounds, ballistics.

Cir Gen 2011;33:48-53

La mayor parte de los casos fatales o la presencia de complicaciones en los pacientes con heridas por proyectil de arma de fuego (HPAF) se deben a la interacción de tres factores: dificultades técnicas por carencia de recursos, lo anterior derivado de las características de la instalación médica que recibe al paciente; a errores de juicio por desconocimiento de la fisiopatología de estas lesiones al realizar la evaluación del paciente; y finalmente por desconocimiento de los factores que influyen en la magnitud de las lesiones.^{8,9}

Por lo anterior consideramos oportuno revisar los conceptos básicos de balística, la cual determina los efectos que producen los proyectiles al impactar un tejido vivo.^{7,9}

Definiciones y principios

En su forma más simple la balística es la rama de la física que estudia las características de los proyectiles en movimiento y sus efectos sobre un tejido impactado. Para su estudio se divide en tres partes:^{1,7,10-12} **Balística interna**, que estudia los fenómenos que se presentan dentro del arma hasta su salida por el cañón; **Balística externa**, que estudia todos los movimientos que sufre el proyectil durante su trayectoria, desde que sale del cañón del arma hasta que impacta un tejido; **Balística terminal o de efectos**, que estudia los fenómenos que se presentan dentro de un tejido que es impactado por un proyectil.^{1,7,10,11} Esta presentación se limitará a los dos últimos, tratando de ilustrar por qué pueden presentarse en forma tan diferente heridas producidas por diversos proyectiles.

Para entender a plenitud estos sucesos es necesario conocer algunos principios básicos de física que son los que determinan las características de una HPAF y sus efectos correspondientes. Estos efectos se rigen por la

Ecuación de la Energía Cinética, la cual señala que la energía liberada es producto de la masa (peso y tamaño del proyectil) por la velocidad del mismo al cuadrado entre dos;^{1,11,12} de acuerdo a esta sencilla fórmula puede establecerse que a mayor masa, esto es, mayor tamaño del proyectil, es mayor la energía liberada (un proyectil con el doble de masa que otro libera el doble de energía) y a mayor velocidad, mayor energía (el doble de velocidad aumenta 4 veces la energía liberada).^{13,14} Conociendo los principios de recambio de energía tenemos mayor posibilidad de determinar el grado de lesión que puede presentar un paciente si identificamos el tipo de arma y proyectil.^{5,8,9}

Sin embargo, esto no es exactamente cierto. A pesar de lo anteriormente aceptado, muchos proyectiles no imparten toda su velocidad en los tejidos de la víctima y así el potencial de daño no es igual a $1/2MV^2$; así armas de alta velocidad no son siempre las más dañinas y proyectiles de muy alta velocidad (v.gr., militares) pueden atravesar el cuerpo dejando tan sólo un pequeño efecto dañino en su interior.^{6,14}

La energía producida en el cañón del arma al realizar el disparo (Balística interna) impulsa el proyectil hacia adelante a velocidad variable de acuerdo al tipo de arma, la trayectoria del proyectil tiende a hacerse curva por el efecto de la gravedad y la resistencia del viento en su camino (**Figura 1**), fenómeno conocido como Drag, perdiendo por estas circunstancias parte de su poder; al impactar el tejido, el proyectil se detiene y la energía es transferida al mismo (Ley de Conservación de la Energía).¹³

Factores

Existen varios factores que afectan el comportamiento del proyectil durante su trayectoria y que secundariamente

modificarán sus efectos en los tejidos corporales, a saber: velocidad, perfil, estabilidad, poder de expansión y/o fragmentación y la presencia de impactos secundarios.^{6,14}

La velocidad, probablemente, sea el factor más importante en la evaluación de una HPAF ya que es lo que determina la trayectoria del proyectil, a mayor velocidad la trayectoria es más recta y si la distancia es corta el proyectil mantiene prácticamente toda su energía, la que es transferida al tejido impactado;⁵ si la velocidad es menor, la gravedad tiende a hacer curva la trayectoria y como ya se mencionó, interactuando con la resistencia al viento tiende a atenuar la energía, sobre todo si las distancias son largas.^{5,11,14} Los proyectiles pequeños y rápidos pueden causar más daño que otros grandes y lentos debido a los fenómenos físicos ya mencionados.⁶

Con base en la velocidad que adquieren los proyectiles que expulsan, las armas de fuego se han dividido convencionalmente en dos grupos: baja y alta velocidad, aunque algunos consideran una categoría intermedia. Las armas de baja velocidad son aquellas que impulsan sus proyectiles a menos de 1,100 pies/seg (305 m/seg) y las armas de alta velocidad son las que alcanzan velocidades en sus proyectiles de más de 2,000 pies/seg (610 m/seg), el grupo intermedio, comprende un rango de velocidad entre 1,100 y 2,000 pies/seg.^{1,12,15} En general, las armas de baja velocidad incluyen todas las pistolas, aunque en la actualidad se han diseñado algunas de ellas que alcanzan altas velocidades, como la Magnum 357 que se considera de alta velocidad; las armas de alta velocidad incluyen todos los rifles, automáticos y semiautomáticos y el grupo intermedio, incluye a las escopetas.^{4,6,11,12,14,15}

El perfil está determinado por el tamaño y la forma en que el proyectil impacta un tejido, en términos coloquiales constituye la forma en que se ve un proyectil viajando

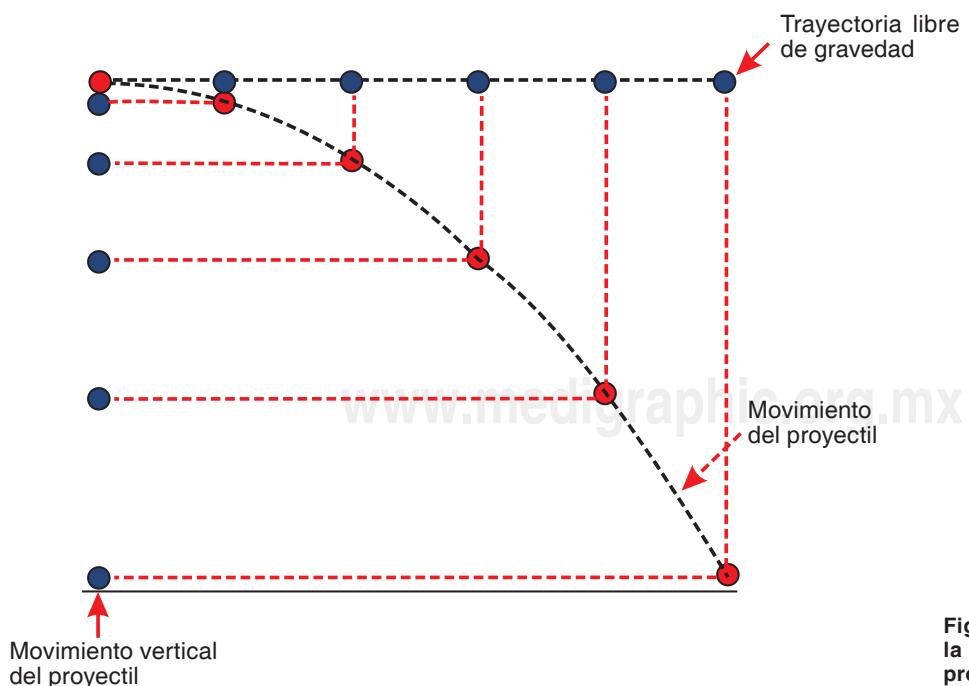


Fig. 1. Efecto de la gravedad en la trayectoria y velocidad de un proyectil.

hacia nosotros, el ejemplo más característico es un balón de fútbol americano que nos es enviado por otro jugador y que puede venir completamente de punta, de lado o incluso girando sobre su eje. A mayor perfil, mayor recambio de energía, es decir, siguiendo nuestro ejemplo un impacto del balón sería más dañino si es lateral que si es con la punta del mismo.^{12,14}

El término de perfil va estrechamente relacionado con el concepto de estabilidad. La estabilidad de un proyectil en vuelo está determinada por una serie de factores rotacionales que se presentan durante su trayectoria y que son los movimientos de precesión, "yaw-tumble", y nutación (Figura 2).^{6,12,16} La precesión es la rotación del proyectil alrededor del centro de su masa y la nutación del movimiento circular de la punta del proyectil a lo largo del eje de su trayectoria.¹⁶ Conjuntamente, el proyectil puede presentar un movimiento de la punta hacia arriba y hacia debajo de la línea de trayectoria, conocido como "yaw" (cabeceo) y un rodamiento producido por el cambio del centro de gravedad del proyectil ("tumble")¹⁶. La interacción de estos factores, así como la velocidad del proyectil, determinan la forma en que éste se desplaza en el aire y cómo impactará al tejido, recordando que a mayor perfil mayor energía liberada.^{6,16}

Otro aspecto a considerar en el análisis son los fenómenos de expansión, fragmentación y los impactos secundarios. Los proyectiles son modificados convencionalmente en su forma y contenido, principalmente en su punta con el propósito de dotarlos de mayor poder y, por consiguiente, aumentar su efecto dañino.^{9,17} Una de estas modificaciones tiende a aumentar el poder de expansión de sus efectos al impactar un tejido produciendo mayor disipación de la energía y la otra es la capacidad de fragmentarse durante su trayectoria y/o al impactar un tejido diseminando su poder destructor¹⁸. La consecuencia final es un aumento en el daño tisular. Los proyectiles secundarios pueden derivarse del impacto del mismo en tejidos duros, v.gr., huesos, dientes, o pueden derivarse del impacto en botones, artículos metálicos en bolsas, etc.^{6,17}

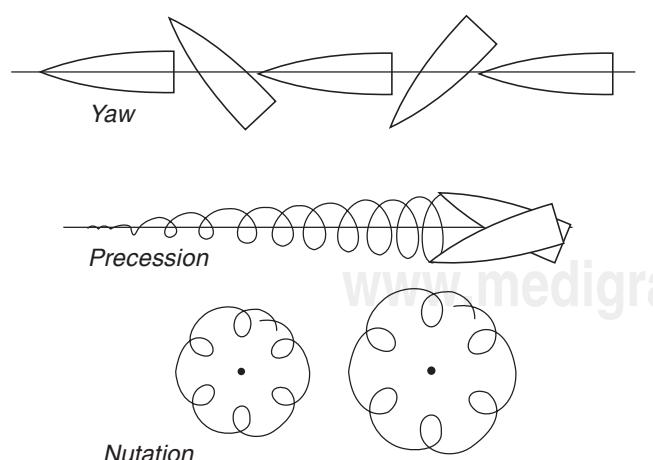


Fig. 2. Factores que determinan la estabilidad en vuelo de un proyectil.

Fisiopatología

Una vez que un proyectil impacta un tejido, el daño tisular que se produce va a depender de tres mecanismos: el efecto de corte producido por el paso del proyectil a través de los tejidos orgánicos,^{8,14} el efecto de cavitación,^{1,11,19} que depende directamente de la energía cinética que posee el proyectil al momento del impacto, y la onda de choque (Figura 3).¹⁵ Los proyectiles de baja velocidad, por lo general, basan su daño en un mecanismo de aplastamiento por su impacto sobre los tejidos.^{8,14,19}

El fenómeno de cavitación es el recambio de energía que existe entre el proyectil y los tejidos impactados, constituyendo un área de vacío parcial y una cavidad formada dentro de un medio semilíquido, como lo son los tejidos orgánicos; por lo general, es menor en proyectiles de baja velocidad (Figura 4)^{11,12,15} pero muy significativo con los de alta velocidad (Figura 5). Este fenómeno de cavitación está constituido por la formación de dos cavidades, una cavidad temporal producida por el desplazamiento tisular secundario a la onda de expansión producida por el proyectil, y una cavidad permanente que es causada por el efecto del proyectil cruzando tejidos, por efecto directo.^{6,15,19} El tamaño de la cavidad permanente es indudablemente gobernado por el tamaño de la cavidad temporal, la cual en cambio depende del tamaño del proyectil así como la naturaleza del tejido impactado.¹⁵ Entre mayor sea la velocidad, mayores dimensiones tendrán ambas cavidades, principalmente la cavidad temporal, lo que es importante ya que explica la posibilidad de daño tisular a distancia (Figuras 4 y 5).^{6,11,19} Las ondas de choque comprimen el medio y viajan precediendo al proyectil así como a los lados. Estas ondas de choque duran apenas microsegundos y no causan destrucción profunda a bajas velocidades.^{6,15} Por el contrario, proyectiles de alta velocidad generan ondas de choque que pueden alcanzar hasta 200 atmósferas de presión.

Lesiones

Ahora bien, una vez revisados los fenómenos físicos que se presentan cuando un proyectil de arma de fuego es disparado, vamos a revisar a continuación cómo esas características influyen en el grado de lesión y cómo el

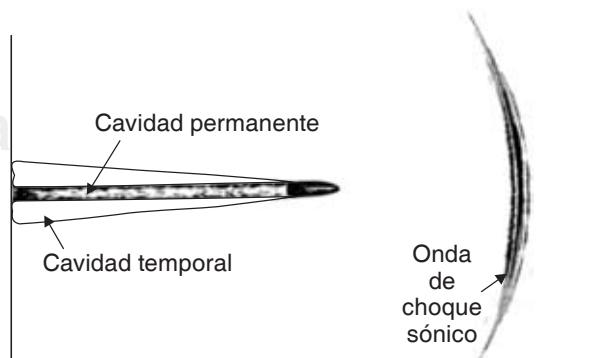


Fig. 3. Factores de daño tisular.

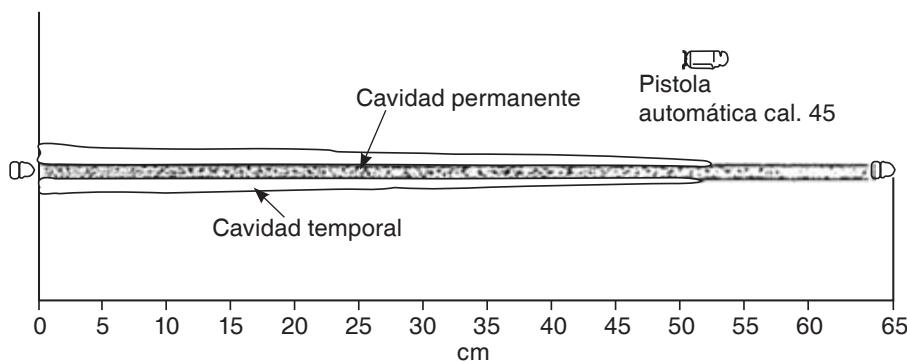


Fig. 4. Fenómeno de cavitación en arma de baja velocidad (pistola cal. 45).

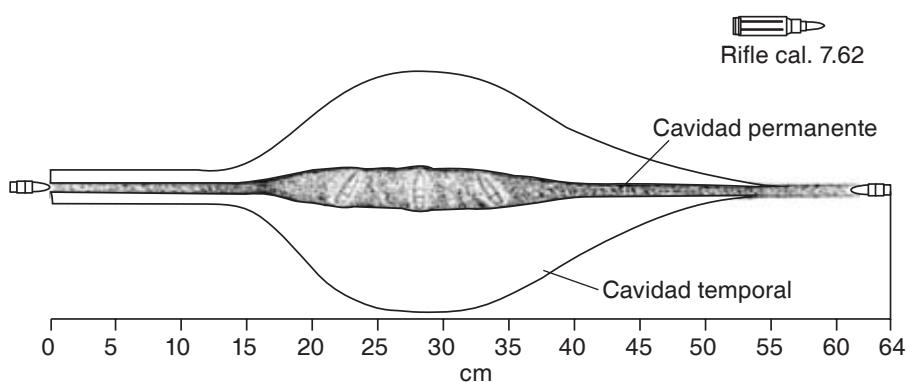


Fig. 5. Fenómeno de cavitación en arma de alta velocidad (rifle 762).

cirujano debe interrelacionar los hechos, con objeto de realizar una adecuada valoración de la intensidad de las lesiones y planear sus medidas terapéuticas.

Las lesiones en tejidos orgánicos pueden presentarse ya sea por daño directo causado por el impacto mismo del proyectil en los tejidos y que, como ya se mencionó, va a depender de la velocidad, la distancia, el perfil y las modificaciones realizadas al mismo, o pueden ser efectos de la onda de choque a presión que produce el proyectil al impactarlos, y que van a depender de sus características, recordando que el tejido humano es semilíquido, por lo que los órganos sólidos al tener mayor densidad son dañados más frecuentemente.^{19,20}

Se considera zona de lesión el área directamente impactada por el proyectil incluyendo aquellas que se extienden más allá del sitio de lesión permanente.

Ya en el tejido propiamente dicho, el grado e intensidad de la lesión presente va a depender de la disipación de la energía cinética del proyectil, otra vez determinada por la velocidad, perfil y poder de fragmentación y de la intensidad de la cavitación que se presente.^{8,19,21} Los tejidos tienen una susceptibilidad a la lesión propia de cada uno de ellos, dependiendo del grado de densidad y elasticidad que posean.^{6,10,19} En términos generales, entre mayor sea la densidad del tejido, mayor será el grado de lesión y a mayor elasticidad, menor lesión. Así, el pulmón, de baja densidad y alta elasticidad es dañado con menor intensidad que el músculo que tiene mayor densidad y alguna elasticidad. El hígado, bazo y cerebro no tienen elasticidad y son fácilmente dañados,

así como el tejido adiposo.^{1,8,10,19-21} Los órganos llenos de líquido (vejiga, corazón, intestino y grandes vasos) pueden estallar fácilmente debido a las ondas de presión propagadas en el medio líquido. Un proyectil que impacta hueso puede causar fragmentación ósea o del mismo proyectil con numerosos proyectiles secundarios, cada uno produciendo daño independiente.^{1,8,10,21}

Finalmente, es de utilidad determinar las características de los orificios de entrada y, si existe, de salida, ya que ello nos permitirá determinar la intensidad de la energía liberada; si no hay orificio de salida toda la energía liberada se contiene en el interior y condiciona efectos muy severos. Si por el contrario existe un orificio de salida significa que parte de esa energía fue liberada al exterior.^{12,21,22}

El orificio de entrada, por lo general, es menor, habitualmente refleja el tamaño del perfil de impacto del proyectil en el caso de proyectiles no modificados, ya que éstos, al presentar modificaciones, pueden originar orificios de entrada mayores y, en muchos casos, complejos, habitualmente presentan datos clínicos que lo identifican, como el tatuaje (quemaduras producidas por pólvora) si el disparo fue a corta distancia o la presencia de enfisema subcutáneo.^{19,21,22} Los orificios de salida, por el contrario, dan el aspecto de haber estallado hacia afuera por la energía que liberan y por sí solos pueden constituir un factor de gravedad por la dificultad para su manejo; sin embargo, hay que considerar que en algunas ocasiones su tamaño no es muy diferente al orificio de entrada.^{19,21,22}

Durante muchos años se consideró que los proyectiles, sobre todo los de alta velocidad, son estériles, nada más equivocado. A pesar de las altas temperaturas que se producen dentro del cañón de un arma, los proyectiles no son estériles al expulsarse, por lo que es de capital importancia considerar contaminada cualquier herida por proyectil de arma de fuego que se presente e iniciar de inmediato un esquema de antibióticos apropiado.⁶

Un aspecto también muy importante que debe manejar el cirujano que se enfrenta con estos pacientes está relacionado con la extracción rutinaria de los proyectiles. En general, se acepta que no es necesario, ya que en muchas ocasiones no es sencillo y puede agregar un riesgo al paciente, debiendo limitarse a intentarlo cuando se encuentren accesibles al tacto y no requieran disección extensa. Quizás las únicas indicaciones válidas serían cuando se encuentren intracardiacos, intra-articulares o en la proximidad de una articulación y/o vaso importante. No debe olvidarse que una vez recuperado el proyectil debe enviarse a las autoridades correspondientes para los efectos legales que procedan.¹³

Resumiendo, los factores que un cirujano debe considerar para evaluar el posible potencial de daño tisular en caso de heridas por proyectiles de arma de fuego son: tipo de arma, distancia a la que se hizo el disparo, debe intentar conocer el sitio del impacto determinando el orificio de entrada y la posición de la víctima al recibir el impacto; como factores auxiliares deberá conocer el número de disparos. Una vez en presencia de la lesión, determinar la severidad de la misma conociendo las características físicas de los diferentes tejidos y su resistencia al daño.

Referencias

1. Ruiz-Speare O. Balística. En: Ruiz-Speare O. *Heridas por proyectil de arma de fuego*. México D.F. Editorial Alfil, 2007: 21-33.
2. Leppäniemi A. Global trends in trauma. *Trauma* 2004; 6: 193-203.
3. MacKenzie E, Fowler C. Epidemiology. In: Moore E, Feliciano D, Mattox K. *Trauma*. 5th edition, McGraw-Hill Medical Publishing Division, United States 2004: 21-39.
4. Bartlett CS, Helfet DL, Hausman MR, Strauss E. Ballistics and gunshot wounds: effects on musculoskeletal tissues. *J Am Acad Orthop Surg* 2000; 8(1): 21-36.
5. Ordog GJ, Wasserberger J, Balasubramaniam S. Shotgun wound ballistics. *J Trauma* 1988; 28(5): 624-631.
6. Santucci RA, Chang YJ. Ballistics for physicians: myths about wound ballistics and gunshot injuries. *J Urol* 2004; 171: 1408-1414.
7. Fackler ML. Gunshot wound review. *Ann Emerg Med* 1996; 28: 194-203.
8. Volgas DA, Stannard JP, Alonso JE. Ballistics: a primer for the surgeon. *Injury* 2005; 36: 373-9.
9. Simpson BM, Grant RE. A synopsis of urban firearm ballistics: Washington, DC model. *Clin Orthop Relat Res* 2003; (408): 12-16.
10. Walker ML, Poindexter JM Jr, Stovall I. Principles of management of shotgun wounds. *Surg Gynecol Obstet* 1990; 170: 97-105.
11. Parks WH. Shotgun wound ballistics. *J Trauma* 1989; 29: 272.
12. Manzano-Trovamala FJR, Guerrero MMG, Arcuate VF. Balística: Balística de efectos o balística de las heridas. *Cir Gen* 2001; 23(4): 266-272.
13. Verleisdonk EJ. Gunshot wounds, firearms and wound ballistics. *Ned Tijdschr Geneesk* 2002; 146: 1271-1275.
14. Hollerman JJ, Fackler ML, Coldwell DM, Ben-Menachem Y. Gunshot wounds: 1. Bullets, ballistics, and mechanisms of injury. *AJR Am J Roentgenol* 1990; 155: 685-690.
15. Fackler ML. Ballistic injury. *Ann Emerg Med* 1986; 15: 1451-1455.
16. Peters CE, Sebourn CL, Crowder HL. Wound ballistics of unstable projectiles. Part I: projectile yaw growth and retardation. *J Trauma* 1996; 40(3 Suppl): S10-15.
17. Von See C, Stuehmer A, Gellrich NC, Blum KS, Bormann KH, Rücker M. Wound ballistics of injuries caused by handguns with different types of projectiles. *Mil Med* 2009; 174(7): 757-761.
18. Swift B, Rutty GN. The exploding bullet. *J Clin Pathol* 2004; 57: 108.
19. Maiden N. Ballistics reviews: mechanisms of bullet wound trauma. *Forensic Sci Med Pathol* 2009; 5: 204-209.
20. Iwata T, Inoue K, Hige M, Yamazaki K, Kawata Y, Suehiro S. Multiple thoracoabdominal gunshot wounds with complicated trajectories. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg* 2006; 54: 444-447.
21. Jussila J. Wounding potential of handgun bullets--the relative damage index. *Ann Med Milit Fenn* 2000; 75: 125-34.
22. Harcke HT, Levy AD, Getz JM, Robinson SR. MDCT analysis of projectile injury in forensic investigation. *AJR Am J Roentgenol* 2008; 190: W106-11.