

Balística: Balística de efectos o balística de las heridas

Ballistics: Ballistics of effects or ballistics of wounds

Dr. José R. Manzano-Trovamala Figueroa,

Dra. María Guadalupe Guerrero Molina,

Dr. Fernando Arcaute Velazco

Resumen

Objetivo: Revisar los conceptos básicos de balística interna, y externa y terminal o de efectos.

Obtención de los datos: Se analizan los informes publicados en la literatura anglosajona, 44 artículos.

Diseño: Artículo de revisión.

Resultados: Se exponen las características físicas de los proyectiles producidos por las armas de fuego más comunes, su comportamiento al impactar y al desplazarse dentro de un tejido, y por ende, las lesiones que producen en éstos, y los principales tipos de armas. Así mismo, se menciona el tratamiento de las lesiones producidas por los diferentes tipos de proyectiles.

Los proyectiles de baja velocidad producen orificios de entrada y salida circulares o longitudinales, en general con poca destrucción tisular. En el extremo opuesto se encuentran los proyectiles de alta velocidad, en especial los fragmentables, que producen gran destrucción de los tejidos, alrededor y en la vecindad de la trayectoria del proyectil, aún sin contacto directo con el órgano lesionado.

Conclusión: Es muy importante recabar información relativa al tipo de arma y del proyectil causante de la lesión con objeto de predecir el daño y el tratamiento. El tratamiento de las lesiones producidas por proyectiles de alta velocidad fragmentables, por lo general amerita grandes desbridamientos, derivaciones intestinales, extirpación de órganos, drenajes, heridas abiertas y rehabilitación muy amplia.

Abstract

Objective: To review the basic concepts of internal and external, as well as terminal or effect ballistics.

Data collection: We analyzed the reports published in the Anglo-Saxon literature (44 articles).

Design: Review article.

Results: We describe the physical characteristics of the missiles produced by the most common firearms, their behavior at impact and during displacement inside a tissue, that is, the lesions produced and the main types of firearms. Besides, we discuss the treatment of the lesions produced by the different types of missiles. Low-velocity missiles produce circular or longitudinal entrance and exit orifices, in general, with little tissular damage. At the other end are the high-velocity missiles, especially the fragmental ones, which produce great tissular damage, around and in the vicinity of the missile's trajectory, even without direct contact with the injured organ.

Conclusion: It is very important to obtain information regarding the type of firearm and missile that caused the lesion to be able to predict the damage and establish treatment. Treatment of lesions produced by high velocity fragmental missiles generally require large debridements, intestinal diversions, removal of organs, drainages, open wounds, and extensive rehabilitation.

Hospital Ángeles de las Lomas. México, D.F.

Recibido para publicación: 21 de marzo de 2001

Aceptado para publicación: 11 de abril de 2001

Correspondencia: Dr. José R. Manzano-Trovamala Figueroa, Hospital Ángeles de las Lomas, Consultorio 160. Av. Vialidad de la Barranca S/N Colonia Lomas de las Palmas. 52763, Huixquilucan, Estado de México,

Teléfono: 52 46 94 32, 53 95 14 51, Fax: 52 47 05 47.

E-mail: manzanotrovamala@prodigy.net.mx

Palabras clave: Balística, heridas por arma de fuego, por arma blanca.

Cir Gen 2001;23: 266-272

Key words: Ballistics, firearm wounds, stab wounds.

Cir Gen 2001;23: 266-272

La balística es la ciencia que estudia el desplazamiento de los proyectiles desde el arma hasta el objetivo o "blanco". Se divide en: *Balística interna*, que trata sobre el desplazamiento del proyectil dentro del arma. *Balística externa*, que se refiere al desplazamiento del proyectil desde la boca del cañón del arma hasta el "blanco". Y *balística terminal* o de *efectos*, relativa a la actividad del proyectil dentro de los tejidos de la víctima y los daños que produce. Las dos primeras son casi ciencias exactas, pero la balística de efectos es extremadamente compleja en virtud de la interacción del proyectil, los fragmentos y los tejidos que impacta, lo que hace muy difícil predecir el potencial de lesión.¹⁻³

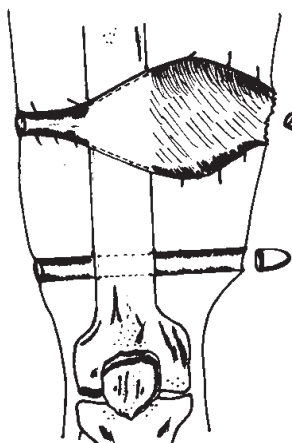
Un proyectil que ingresa al cuerpo de un ser vivo perforando la piel, mucosa o ambas y permanece dentro de éste, causa una *herida penetrante*, con un solo orificio de entrada, y es liberada toda la energía cinética a los tejidos circunvecinos. Si atraviesa el cuerpo, originándose orificios de entrada y salida, se trata de una *herida perforante* y en este caso sólo es liberada parte de la energía cinética del proyectil.²

La magnitud de la lesión producida por un proyectil esta dada por su peso (masa), forma, velocidad, arrastre, resistencia del tejido por el cual pasa el proyectil, coeficiente de arrastre, la combinación de forma y velocidad del proyectil y las propiedades viscoelásticas (fuerza tensil y densidad) de los tejidos, desplazamiento y estabilidad del proyectil dentro de los tejidos y la energía cinética liberada por el proyectil al momento del impacto. En general, el potencial de lesión de un proyectil en particular está determinado en gran medida por la eficiencia del mismo para transferir energía cinética a los tejidos impactados. Así mismo, al duplicar la masa de un proyectil se duplica la energía cinética, pero al doblar la velocidad se cuadruplica la energía cinética. De acuerdo a la fórmula: Energía Cinética = $\frac{1}{2}$ Masa x Velocidad ².^{1,2,4-8}

La velocidad de un proyectil al salir del cañón del arma permite clasificar a éstos en: Proyectiles de Alta Velocidad (PAV) cuando viajan a más de 2,000 pies/seg, equivalente a 609.5 m/seg, Proyectil de Velocidad Media (PVM) de 1,100 a 2,000 pies/seg y Proyectil de Baja Velocidad (PBV) a menos de 1,100 pies/seg. Otros consideran PAV a los que viajan a más de 2,500 pies/seg. Las lesiones causadas por los proyectiles de alta y baja velocidad, difieren tanto en magnitud como en clase y, por ende, en su tratamiento. Los PAV tienden a producir mayor destrucción tisular debido a su fragmentación y sus efectos de cavitación temporal^{1,2,4,9,10} (**Figura 1**).

Las armas de uso civil por lo general emplean proyectiles de baja velocidad, e incluyen a todas las pis-

Proyectil de alta velocidad no fragmentable



Proyectil de alta velocidad fragmentable

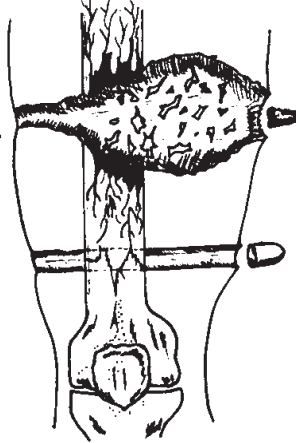


Fig. 1. Lesiones producidas por los proyectiles de alta velocidad, fragmentables o no fragmentables, y los de baja velocidad, al impactar tejidos blandos y/o hueso.

tolas y algunos rifles como los de calibre .22 LR, no así los rifles de caza que en su mayoría usan proyectiles de alta velocidad. Los rifles de uso militar, semi-automáticos o automáticos, emplean proyectiles de alta velocidad. Las pistolas ametralladoras o metralletas calibres 9 mm y .45, usan proyectiles de baja velocidad. Se consideran armas de pequeño calibre aquéllas cuyo proyectil tiene un diámetro menor a 0.6 de pulgada, que equivale a calibre .60 ó 15 mm. Por ejemplo, las pistolas empleadas para uso militar por lo general son calibres .38 (9 mm) y .45 (11 mm), el desconocimiento de lo anterior motiva confusiones entre personas y publicaciones. Las armas de grueso calibre por lo general no son de uso individual.^{3,10,11}

En situaciones de combate regular, guerra convencional, la mayoría de las lesiones son por proyectiles generados por artefactos explosivos como bombas lanzadas por la aviación, granadas de la artillería o minas, que provocan del 80 al 85% de las heridas en los combatientes; los rifles, pistolas, metralletas y ametralladoras sólo son causa de heridas en el 15 al 20 % de los casos. En situaciones de guerra irregular o guerra de guerrillas, el porcentaje anterior se invierte, siendo las armas señaladas las que causan la mayoría de las heridas^{10,12-15}.

En tiroteos civiles, el promedio de la distancia a que son infligidas estas lesiones es de 7 metros, por lo que la velocidad del proyectil, al momento de su impacto, es similar a su velocidad a la salida del cañón del arma.^{5,16}

A mayor distancia una variedad de factores afectan la velocidad de impacto. Uno de ellos, el Coeficiente Balístico (CB), que expresa la habilidad de un proyectil para vencer la resistencia del aire, es una función de la masa, diámetro y forma del proyectil, y es diferente del coeficiente de arrastre. Cuando el coeficiente balístico es bajo, el proyectil tiene una mayor pérdida de velocidad durante su trayecto y se transmite menos energía a la víctima al ser impactada. Otros factores relacionados a la inestabilidad del proyectil durante su vuelo, son: el "Yaw", el "Tumbling", la "Precession" y la "Nutation". Todos son movimientos complejos fuera del eje de translación que pueden afectar la transferencia de energía a los tejidos impactados.^{1-3,10}

"Yaw": es la desviación en el eje longitudinal del proyectil en relación a un eje de rotación vertical establecido por el centro de gravedad del citado proyectil. A mayor velocidad del proyectil, menor grado de "Yaw" al alcanzar el objetivo. Al iniciarse la penetración en un tejido, los PAV producen una zona cilíndrica central de tejido aplastado de hasta 12 a 15 cm de profundidad, al alcanzar este punto el proyectil inicia el giro de su eje longitudinal sobre el eje vertical (Yaw), lo que da por resultado mayor lesión por corte y machacamiento, al presentar una superficie de contacto mayor a su diámetro. Se produce una cavidad permanente mayor, así como un orificio de salida más amplio que el de entrada. Lo anterior también puede llevar al "Tumbling" del proyectil, los efectos de éstos sobre el tejido están relacionados a la orientación del proyectil en la interfase aire-tejido e incluye disipación más rápida de la energía cinética, incrementando el daño tisular. La "Precession" es un movimiento en el cual la nariz del proyectil traza un círculo en el aire perpendicular a su trayectoria y la "Nutation" es un movimiento en el cual la nariz del proyectil traza una roseta en el aire, contribuyendo a aumentar el perfil o área de impacto de éste al golpear a la víctima^{1-4,7,10,17} (Figura 2).

El daño tisular provocado por el impacto del proyectil es causado por mecanismos directos e indirectos.^{1,10} Los directos son el corte o laceración causado

por el proyectil original o fragmentos y la transferencia de calor. Los indirectos son: la compresión por las ondas de choque de bajo desplazamiento longitudinal y la cavitación por las ondas de cercenamiento o cizallamiento de alto desplazamiento transversal.¹⁸ Al impactar un tejido, un PAV produce una onda de choque con presión hasta de 60 atmósferas (900 a 100 psi). Dicha onda viaja más rápidamente que el proyectil y precede su acción de corte y aplastamiento, abriéndole paso a través de los tejidos. La onda de choque puede ser causa de lesiones adyacentes a la trayectoria del proyectil. En las lesiones causadas por PBV (pistolas), el daño tisular resulta del corte o laceración producido por el contacto directo del proyectil. Si un órgano como el cerebro, corazón o un vaso sanguíneo grande es impactado por un PBV la muerte puede ocurrir a pesar de que la energía cinética liberada sea baja. El daño resultante de la transferencia directa de calor aparentemente es inconsecuente. Las ondas de choque de bajo desplazamiento ("Onda de presión sónica") preceden y se extienden por detrás del proyectil en los tejidos. Aunque los efectos de esta onda no son completamente comprendidos, parece no causar desplazamiento o daño a los tejidos. En contraste, las ondas de cercenamiento o cizallamiento de mediana o alta velocidad pueden incrementar significativamente el daño tisular indirecto causado por el proyectil. Lo que es resultado de la transferencia de energía cinética desde el proyectil a los tejidos, los que son comprimidos y desplazados.^{1-4,7,10}

La cavidad temporal se produce al expandirse la que será la cavidad definitiva, la cual puede agrandarse después del paso del proyectil y alternativamente colapsarse 4 milisegundos después y a continuación repetirse el ciclo hasta que la energía cinética es disipada. Al expandirse esta cavidad temporal puede ser de 10 a 15 veces mayor que el diámetro del proyectil. Con la expansión estira, desplaza, contunde y desgarran nervios, vasos y otros tejidos, después se colapsa, con varias oscilaciones pulsátiles en un lapso de pocos milisegundos y al hacerlo succiona coágulos, suciedad, fragmentos de ropa y otros detritus. El efecto permanente de la cavidad temporal está determinado por la elasticidad de los tejidos, el músculo es relativamente elástico por lo que su lesión es menor, pero el hígado el bazo y el cerebro son poco elásticos y así la cavidad temporal frecuentemente se convierte en un defecto permanente. Al parecer estos efectos frecuentemente son sobrevalorados al evaluar una lesión^{1-5,10,17,19-21} (Figura 2).

Fragmentación y deformación del proyectil: Los proyectiles de punta blanda ("soft-pointed") o de tipo militar con camisa de cobre ("cooper jacketed") pueden fragmentarse a su paso por los tejidos, dejando gran número de pequeños fragmentos esparcidos en forma radial a su trayectoria. Éstos pueden causar destrucción tisular extensa y corte de fibras musculares adyacentes en dos o más sitios y este efecto ha sido identificado como una causa mayor de disrupción tisular. No obstante, existen proyectiles de alta veloci-

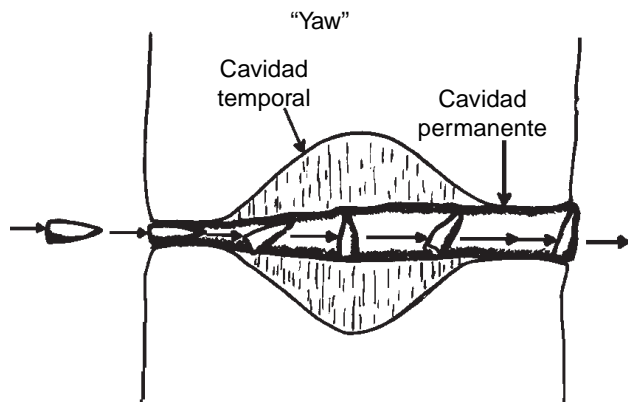


Fig. 2. "Yaw" Cavidad permanente y cavidad temporal producidos por proyectiles de alta velocidad.

dad no fragmentables (“Steel-jacketed” o “Solid-brass”), que no causan las lesiones anteriores. En ocasiones este efecto es confundido con el de la cavitación temporal. De manera similar la producción de proyectiles secundarios como espículas de huesos o dientes, pueden a su vez producir lesión tisular agregada^{2,19,21} (Figuras 1 y 3).

La cantidad de tejido blando que puede ser aplastada por un proyectil es pequeña, sin embargo, un proyectil con efecto de “tumbling” al impacto presenta un área mayor que su diámetro de sección, pudiendo incluso ser del tamaño de la longitud total del proyectil, causando mayor daño, lo mismo sucede con los proyectiles que forman un hongo o se deforman.^{2,3,10}

En suma, a mayor velocidad, fragmentación y “yaw” de un proyectil y mayor cavidad temporal, será más grave la lesión tisular directa y adyacente a la trayectoria del mismo. Los PBV en general producen una cavidad permanente cilíndrica y no causan daño extenso más allá de su trayectoria, a menos que se fragmenten o alcancen hueso, generando proyectiles óseos secundarios. El patrón de lesión en un tejido u órgano dado será finalmente determinado por su densidad, elasticidad y viscosidad.^{10,11}

Proyectiles: Los proyectiles comunes consisten en una bala de plomo cubierta por una “camisa” de cobre que lo hace de forma total o parcial (“Jacketed y partial Jacketed”), cilindros de plomo, postas pequeñas y grandes de plomo o acero. Las balas de plomo sin revestimiento (“camisa”) por lo general son disparadas en armas para proyectiles de baja velocidad y se encuentran disponibles en varias formas, tamaños y pesos. Las formas más comunes incluyen las de punta redonda (“round nose”), de corte transversal (“wadcutter”) e intermedios (“semi-wadcutter”). Los proyectiles “wadcutters” son cilíndricos con una superficie plana circular de contacto, que crea agujeros de bordes muy precisos en el blanco de papel, por lo que se usan para tiro al blanco. Los proyectiles “semi-wadcutter” son híbridos y consisten de una punta có-

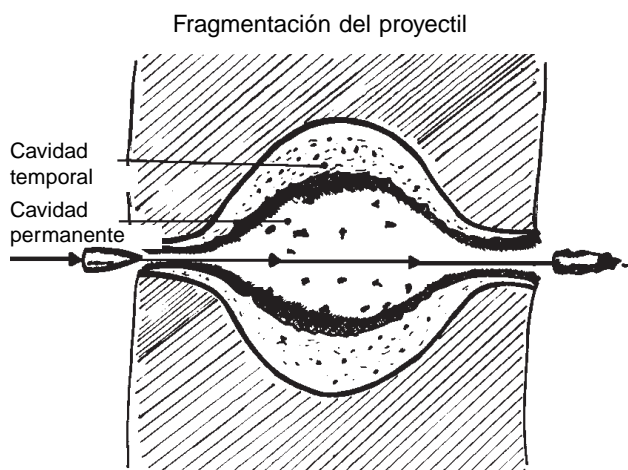


Fig. 3. Cavidades temporal y permanente producidas por un proyectil de alta velocidad fragmentable.

nica o afilada con un hombro agudo a la mitad del proyectil, lo que combina la habilidad de crear un agujero preciso en el papel del blanco con una mejor forma aerodinámica, lo que mejora la exactitud y la entrada del proyectil a la recámara de las armas automáticas y semiautomáticas. Los proyectiles que viajan a mayor velocidad como los de los rifles forman franjas de plomo al llenar los surcos del rayado del cañón, al aplicarles un recubrimiento de cobre duro se evita este problema. Un proyectil “Full-metal jacketed” es aquél en que el corazón de plomo está totalmente cubierto por cobre, en su mayoría de los casos. Este tipo de proyectil es el único permitido para empleo bélico, por la III Declaración de la Conferencia de la Paz de La Haya de 1899, que por cierto nunca firmaron los Estados Unidos de América.^{1,17} Un proyectil de “punta blanda” (“Soft-point”) es uno parcialmente encamisado (“Partially jacketed”), dejando sin cubrir la punta de plomo del mismo y si a esta punta se le hace una perforación (“Hollowed”), entonces se permite la expansión y el aplanamiento del proyectil al momento de su impacto, desacelerándose bruscamente con aumento en la liberación de energía, sin embargo, la lesión causada no es mucho mayor y en general se usan en rifles de caza. Las balas devastadoras contienen en su interior una cavidad llena de explosivo, al encontrarse dentro de los tejidos este último explota produciendo mayores lesiones. Cuando no explotan existe el riesgo para los cirujanos de explosión al ser manipuladas, debiendo tomarse las precauciones necesarias para evitarlo. Las balas “Dumdum” son balas cilíndricas de punta plana disparadas por un rifle, pueden causar daño tisular extenso al expandirse, cuando penetran al cuerpo. Los cartuchos de salva, a menos de 6 m de distancia pueden causar lesiones, incluso abiertas de tórax, y penetrantes en extremidades, córnea o conjuntiva. No son inocuas y no deben considerarse de juego. Los “slugs” para escopeta son piezas cilíndricas de plomo del diámetro del calibre del cañón de la escopeta. Son proyectiles grandes y pesados que pueden causar lesiones devastadoras a corta distancia. Los proyectiles para escopetas por lo general son postas (esferas de plomo o acero), que pueden ser de diámetro pequeño (“Birdshot”) o de diámetro mediano (“Buckshot”) y el número de ellas en el cartucho varía inversamente proporcional a su diámetro, por ejemplo un cartucho para escopeta calibre 12, tipo “buckshot”, contiene nueve postas, cada una de aproximadamente 0.33 pulgadas (0.83 cm) de diámetro.^{1,2,10,17,22,23}

Los proyectiles de escopetas se comportan como de alta velocidad a distancias menores a 9.144 m, (10 yardas), a 30 cm de distancia causarán un orificio de entrada de 2.5 cm de diámetro, a 120 cm se encuentra un orificio único de 5 cm de diámetro, y entre 3 a 9 m de distancia se encontrarán múltiples orificios en un área de 25 a 50 cm.^{10,24,27}

En relación a la supuesta “esterilidad” de los proyectiles, por lo general, en el medio civil los proyectiles no se calientan lo suficiente para hacerse estéri-

les y, además, éstos pasan a través de ropa y/o piel no estéril.^{2,10,28}

Armas: Armas de mano o pistolas: La terminología relativa a las pistolas es confusa entre los cirujanos. El calibre se refiere al diámetro interior del cañón y se mide en milímetros (p.e. 9 mm, 5.6 mm, etcétera) o en fracciones decimales de pulgada (p.e. .22, .38, .45 etc.). Los revólveres contienen de 5 a 8 cartuchos en un cilindro que rota, lo que puede hacer a la izquierda o a la derecha, dependiendo del fabricante. Los revólveres de acción sencilla ("single-action") requieren que manualmente se amartillen, antes de oprimir el gatillo. En los revólveres de doble acción ("double-action"), al oprimir el gatillo se amartilla y después se produce el disparo. Cuando se hable de un cartucho "Magnum" significa que lleva una mayor cantidad de propelente (pólvora) que el normal. Por ejemplo, un cartucho calibre .38 contiene 158 granos de pólvora, lo que produce una velocidad de la bala de 855 a 870 pies/seg (260.6 a 265.1 m/seg) y una energía en la boca del cañón de 256 a 263 pies-libra (78 a 80.1 mt-0.453 kg). En comparación un cartucho .357 magnum, que es su equivalente en calibre, cuya bala también pesa 158 granos, tiene una velocidad del proyectil de 1,235 pies/seg (376 m/seg) y energía en la boca del cañón de 535 pies-libra (163 m-0.453 kg), por lo que su potencial de lesión tisular es mayor. Las pistolas semi-automáticas y automáticas contienen los cartuchos en un "cargador" o "magazín", en el primer caso la pistola dispara un cartucho cada vez que se oprime el gatillo, en las automáticas al oprimir el gatillo se disparan los cartuchos de forma continua hasta que este último se libera.^{7,11,29-31}

Los rifles disparan proyectiles a mayor velocidad (dos a tres veces más que las pistolas), siendo éstos PAV y por lo tanto producen mayores lesiones tisulares, su calibre por lo general es menor que el de las pistolas. Los rifles pueden ser de un solo cartucho, con cargador y operados por un cerrojo ("bolt-action"). Acción de palanca ("lever-action"), por deslizamiento ("slide-action") semi-automáticos operados por gas y automáticos, estos últimos pueden disparar de 15 a 30 cartuchos por segundo y existen cargadores de 15, 30 y 100 cartuchos. Uno de los rifles automáticos más famosos, es el ruso Avtomat Kalashnikova mejor conocido como AK-47, calibre 7.62 x 39 mm, el proyectil pesa 120 granos y viaja a 2,350 pies/seg, (716 m/seg) con energía en la boca del cañón de 1,470 pies-libra (448 m-0.453 kg). La nueva versión, el AK-74 usa un proyectil calibre 5.45 mm, pesa 53 granos y viaja a 3,150 pies/seg (960 m/seg), con un pequeño espacio aéreo en su punta, lo que produce el Yaw del proyectil dentro de los tejidos, incrementado su área de lesión. Su contraparte, el rifle americano M-16, usa un proyectil calibre 5.56 mm OTAN (NATO), que pesa 70 granos, viaja a 3,150 pies/seg (960 m/seg) y energía en la boca del cañón de 1,530 pies-libra (161.5 m-0.453 kg). Actualmente se ha rediseñado para que en lugar de ser automático dispare tres cartuchos cada vez que se oprima el gatillo.^{1,8,20,22,31,33,34}

Escopetas en las cuales el calibre está medido por un "gauge", a mayor número en la medida es menor el diámetro, existen calibres 10, 12, 15, 20, 410 y para cada calibre existen diversas cargas, tamaños y números de postas, que habitualmente son colocadas en un contenedor plástico. Al salir del cañón las postas van juntas y según aumenta la distancia se van dispersando. La dispersión de las postas es afectada por muchos factores, incluyendo la distancia, longitud del cañón y el estrechamiento en la punta del cañón ("choke"). Las heridas producidas en general a corta distancia son únicas, con gran destrucción tisular y puede encontrarse el contenedor de las postas dentro de los tejidos lesionados, siendo indispensable buscarlo en estas circunstancias. A medida que aumenta la distancia al blanco las postas se dispersan y causan heridas múltiples de menor profundidad, a corta distancia se debe buscar el contenedor de las postas para extraerlo. Las escopetas de cañón corto o recortado de 18 pulgadas de longitud, ("sawed-off shotgun"), permiten la dispersión más rápida a corta distancia de las postas, con objeto de causar lesiones más amplias.^{10,24-27,35-38}

Conclusión: Los proyectiles de baja velocidad producen agujeros cilíndricos en corazón, hígado, bazo, intestino, pulmón, cerebro, vasos sanguíneos, con lesión necrótica a su alrededor de menos de 1 a 2 mm en los vasos y agujeros de tipo broca en los huesos y el cráneo. Los proyectiles de alta velocidad no fragmentables o "encamisados" (full metal jacketed), que son los permitidos por los tratados internacionales para uso militar, hacen agujeros cilíndricos o verticales en intestino, pulmón, piel y músculo, además de lesiones graves secundarias a la producción de la cavidad temporal en hígado, bazo, cerebro, riñón y corazón, llegando a causar fragmentación total de estos órganos.^{15,18,22} Los proyectiles de alta velocidad fragmentables tienen enorme potencial destructivo, produciendo corte y machacamiento en ángulo recto a su trayectoria, lo que se incrementa cuando el proyectil alcanza el hueso.^{21,23} La onda de choque y la cavidad temporal pueden producir lesiones fuera de la trayectoria del proyectil, como secciones medulares o lesiones intraabdominales o torácicas sin violación del peritoneo o la pleura. Lo que se incrementa por el "Yaw", "Tumbling", "Precession" y "Mutation" del proyectil dentro de los tejidos. Estos efectos del proyectil también dependen de la densidad y potencial de elasticidad particulares de cada tejido. El tratamiento difiere cuando se trata de proyectiles de alta o baja velocidad, fragmentables o no, de las condiciones alrededor del sitio en que se recibe la lesión, lugar, clima, tiempo transcurrido desde la herida, tipo de ropa usada por la víctima, condiciones generales médicas del lesionado, etc. En términos generales, las lesiones en cráneo, en especial por PAV, son mortales. En el cuello, los PAV fragmentables producen lesiones extensas de la carótida, yugular y estructuras nerviosas. Las lesiones cercanas a la columna vertebral pueden ocasionar disfunción medular o sección, aún sin lesión di-

recta a la médula espinal. Todas estas lesiones deben explorarse quirúrgicamente. Heridas en el tronco: Las torácicas producidas por PAV fragmentables por lo general ameritan lobectomías o neumonectomía, dejando abierta la piel y el tejido celular subcutáneo. Cuando son por PAV no fragmentables o por PBV, el 75% al 85% pueden resolverse mediante empleo de drenaje pleural (toracotomía cerrada). Las heridas en abdomen se manejan de acuerdo al órgano lesionado y todas las lesiones en el abdomen ameritan exploración quirúrgica, en especial las producidas por PAV, aunque no exista penetración peritoneal. Las lesiones intestinales por PAV y en especial los fragmentables, ameritan resecciones amplias y derivación fecal. En caso de lesiones por PBV y en algunos casos PAV no fragmentables, puede ser factible la reparación y sutura. Las lesiones por PAV fragmentables en extremidades ameritan desbridación extensa y cierre primario diferido. Las heridas causadas por PAV no fragmentables y PBV requieren escisión de los orificios de entrada y salida, irrigación y cierre diferido (**Figuras 1 y 3**). Por último, los artefactos explosivos (bombas de aviación o artillería, granadas de mano, bombas artesanales, etcétera), producen fragmentos de sus contenedores o éstos son colocados "ex profeso" en su interior. Estos fragmentos son liberados a altas velocidades, en general a 10 m o menos de distancia se comportan como PAV, después al ir disminuyendo su velocidad se convierten en PBV. Su manejo se apega a los principios ya mencionados. Cuando existen explosivos activos (no detonados) dentro del cuerpo humano, estos lesionados deben manejarse con todas las medidas necesarias para evitar su explosión y la consecuente lesión o muerte del herido y del equipo médico.^{3,10,12-15,38-44}

Referencias

- Bellamy RF, Zajchuk R. The physics and biophysics of wound ballistics. In: Bellamy RF, Zajchuk R. Editors. *Conventional warfare, ballistics, blast and burn injuries*. Washington: Office of the Surgeon General, Department of the Army; 1990: 107.
- Bartlett CS, Helfet DL, Hausman MR, Strauss E. Ballistics and gunshot wounds: effects on musculoskeletal tissues. *J Am Acad Orthop Surg* 2000; 8: 21-36.
- Silvia AJ. Mechanism of injury in gunshot wounds: myths and reality. *Crit Care Nurs* 1999; 22: 69-74.
- Ordog GJ, Wasserberger J, Balasubramaniam S. Wound ballistics: theory and practice. *Ann Emerg Med* 1984; 13: 1113-22.
- Barach E, Tomlanovich M, Nowak R. Ballistics: a pathophysiologic examination of the wounding mechanisms of fire arms: Part I. *J Trauma* 1986; 26: 225-35.
- Mendelson JA. The relationship between mechanisms of wounding and principles of treatment of missile wounds. *J Trauma* 1991; 31: 1181-202.
- Swan KG, Swan RC. Principles of ballistics applicable to the treatment of gunshots wounds. *Surg Clin North Am* 1991; 71: 221-39.
- Bellamy RF, Zajchuk R. (eds): *Conventional Warfare. Ballistics, Blast, and Burn Injuries*. Washington, DC, Office of the Surgeons General, Department of the Army, 1990.
- Edwards DP. The history of colonic surgery in war. *J R Army Med Corps* 1999; 145: 107-8.
- Feliciano DV. Patterns of injury. In: Feliciano DV, Moore EE, Mattox K. *Trauma*. 3th ed. Stanford: Appleton & Lange; 1996; p. 85-103.
- Fackler ML. Civilian gunshot wounds and ballistics: dispelling the myths. *Emerg Med Clin North Am* 1998; 16: 17-28.
- Lein B, Holcomb J, Brill S, Hertz S, McCrorey T. Removal of unexploded ordnance from patients: a 50-year military experience and current recommendations. *Mil Med* 1999; 154: 163-5.
- Coupland R. Clinical and legal significance of fragmentation of bullets in relation to size of wounds: retrospective analysis. *Br Med J* 1999; 319: 403-6.
- Danic D, Prgomet D, Milicic D, Leovic D, Puntaric D. War injures to the head and neck. *Mil Med* 1999; 163: 117-9.
- Hodalic Z, Svagelj M, Sebalj I, Sebalj D. Surgical treatment of 1,211 patients at the Vinkovci General Hospital, Vinkovci, Croatia, during the 1991-1992 Serbian offensive in east Slovenia. *Mil Med* 1999; 164: 803-8.
- Lesse T. Gunfighting tactics. *Survival Guide* 1984; 6: 28.
- Fackler ML. Physics of missile injuries. In: McSwain NE Jr, Kerstein M Editors. *Evaluation and management of trauma*. Norwalk: *Appleton-Century-Crofts* 1987: 25.
- Harvey EN, Korr IM, Oster G, McMillen JH. Secondary damage in wounding due to pressure changes accompanying passage of high velocity missiles. *Surgery* 1947; 21: 218-39.
- Fackler ML, Malinowski JA. The wound profile: a visual method for quantifying gunshot wound components. *J Trauma* 1985; 25: 522-9.
- Fackler ML, Surinchak JS, Malinowski JA, Bowen RE. Wounding potential of the Russian AK-74 assault rifle. *J Trauma* 1984; 24: 263-6.
- Fackler ML, Surinchak JS, Malinowski JA, Bowen RE. Bullet fragmentation: A major cause of tissue disruption. *J Trauma* 1984; 24: 35-9.
- Barnes FC. *Cartridges of the World*. Northfield, IL, DBI Books, 1980.
- Sykes LN Jr, Champion HR, Fouty WJ. Dum-dums, hollow-points, and devastators: techniques designed to increase wounding potential of bullets. *J Trauma* 1988; 28: 618-23.
- DeMuth WE Jr. The mechanism of shotgun wounds. *Trauma* 1971; 11: 219-29.
- DeMuth WE Jr, Nicholas GG, Munger BL. Buckshot wounds. *J Trauma* 1978; 18: 53-7.
- Velmahos GC, Safaoui M, Demetriades D. Management of shotgun wounds: do we need classification systems? *Int Surg* 1999; 84: 99-104.
- Tiguert R, Harb JF, Hurley PM, Gómez de Oliviera J, Castillo-Frontera RJ, Triest JA, et al. Management of shotgun injuries to the pelvis and lower genitourinary system. *Urology* 2000; 55: 193-7.
- Wolf AW, Benson DR, Shoji H, Hoepflich P, Gilmore A. Autosterilization in low-velocity bullets. *J Trauma* 1978; 18: 63.
- Cauchon D. Top 18 handguns used by criminals. *USA Today* 1992 Jun 3:4A.
- Swan KG, Swan RD. *Gunshot wounds. Pathophysiology and management*. Littleton, MA: PSG Publishing; 1980.
- Holt GR, Kostohryz G Jr. Wound ballistics of gunshot injuries to the head and neck. *Arch Otolaryngol* 1983; 109: 313-8.
- Berlin RH, Janzon B, Lidien E, Nordstrom G, Schantz B, Seeman T, et al. Wound ballistics of Swedish 5.56 mm assault rifle AK 5. *J Trauma* 1988; 28 (1 Suppl): s75-83.
- el-Ezaby FA, el-Shorbagy WA. The surgical effects of wound ballistics of October war weapons. *J Trauma* 1988; 28(1 Suppl):S174-7.

34. Proceedings of the 5th International Symposium on Wound Ballistics. Gothenburg, Sweden, June 11-14, 1985. *J Trauma* 1988; 28(1 Suppl): S1-235.
35. Sherman RT, Parrish RA. Management of shotgun injuries: a review of 152 cases. *J Trauma* 1963; 3:76-86.
36. Parks WH. Shotguns wounds ballistics. letter. *J Trauma* 1989; 29: 272.
37. Ordog GJ, Wasserberger J, Balasubramaniam S. Shotgun wound ballistics. *J Trauma* 1988; 28: 624-31.
38. MacFarlane C. Management of gunshot wounds: the Johannesburg experience. *Int Surg* 1999; 84: 93-8.
39. Naude GP, van Zyl F, Bongard FS. Gunshot injuries of the lower oesophagus. *Injury* 1998; 29: 95-8.
40. Mittal V, McAleese P, Young S, Cohen M. Penetrating cardiac injuries. *Am Surg* 1999; 65: 444-8.
41. Lucas CE, Ledgerwood AM. Changing times and the treatment of liver injury. *Am Surg* 2000; 66: 337-42.
42. Gonzalez RP, Falimirsky ME, Holevar MR. Further evaluation of colostomy in penetrating colon injury. *Am Surg* 2000; 66: 324-6; discussion 346-7.
43. McGrath V, Fabian TC, Croce MA, Minard G, Pritchard FE. Rectal trauma: management based on anatomic distinctions. *Am Surg* 1998; 64: 1136-41.
44. Isiklar ZU, Lindsey RW. Gunshot wounds to the spine. *Injury* 1998; 29 Suppl: SA7-12.