

LESÕES POR PROJÉTEIS DE ALTA ENERGIA

Hygino de Carvalho **HERCULES**¹

HERCULES, H.C. de. Lesões por projéteis de alta energia. *Saúde, Ética & Justiça*, 2(1):15-32, 1997.

RESUMO: As lesões por projéteis de alta energia têm se tornado mais freqüentes ultimamente em tempos de paz, em função do aumento da violência urbana associado ao contrabando de armas de guerra para traficantes e mafiosos. Isto leva à necessidade de cirurgiões e médicos-legistas conhecerem os mecanismos e as lesões causadas por estes agentes lesivos. As lesões de entrada, os trajetos e as saídas são estudados com base na experiência pessoal do autor e em revisão da literatura. A variação da forma das entradas de acordo com a velocidade e a forma dos projéteis é interpretada sob a luz dos princípios físicos da balística terminal. As cavidades permanente e temporária são estudadas quanto ao seu mecanismo de formação, sua forma, volume e posição ao longo do trajeto. Os métodos de pesquisa adotados pelos diversos autores são descritos e avaliados.

UNITERMOS: Armas de fogo. Balística terminal. Ferimentos e lesões. Ferimentos por arma de fogo. Medicina legal. Violência.

Introdução

As armas de fogo portáteis podem ser pequenas e de mão, ou longas e destinadas a disparos mais precisos com apoio no ombro. As longas, quando providas de cano com alma lisa, são chamadas de espingardas; mas, se apresentarem raição, serão referidas como carabina ou fuzil. As carabinas usam a mesma munição que as armas de mão; já os fuzis são municiados com cartuchos para eles especialmente desenvolvidos e podem ser de guerra ou de caça.

Os fuzis de guerra diferem dos de caça por apresentarem mecanismo automático, em que a pressão continuada no gatilho permite disparar rajadas, de modo semelhante às metralhadoras. Os de caça são de ação semi-automática ou de repetição e não podem imitá-las. Além do mais, a sua munição não está sujeita às convenções internacionais de guerra, podendo ser do tipo dundum, com projéteis expansivos ou

explosivos. Já os projéteis dos fuzis de guerra têm que ser totalmente revestidos por jaqueta de metal duro de modo a não se deformarem facilmente ao atingir o corpo humano^{12,21}.

Tanto os fuzis de guerra como os de caça disparam projéteis a velocidades muito altas e, por isso, são dotados de alta energia. Em termos numéricos, a velocidade dos projéteis de arma de fogo deve ser considerada baixa quando inferior a 300m/seg, média daí até 600m/seg, e alta acima deste limite³⁹. Assim, quando nos referirmos a projéteis de alta energia, estaremos nos reportando aos dos fuzis.

Os fuzis modernos são o resultado de uma longa história que remonta aos arcabuzes do século XV.

Por volta de 1850, foi inventado, por um capitão chamado Minié, um projétil cônico, feito de chumbo mole, cujo calibre era discretamente

¹ Prof. Titular de Medicina Legal e Deontologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do RJ e da Faculdade de Medicina da Universidade Gama Filho, Perito Legista aposentado do Instituto Médico-Legal Afrânio Peixoto. Endereço para correspondência: Est. do Magarça, 685 – Campo Grande – Rio de Janeiro, RJ, CEP 23000-035

HERCULES HC.

menor que o da arma e que tinha a base escavada, de modo a que se alargasse ao receber o impacto dos gases e se ajustasse firmemente à raição. Com isto, o tempo de alimentação tornou-se bem menor e a repetição dos tiros, mais rápida^{12,30}. Nesta época, também foi criado um dispositivo de retrocarga. Os alemães foram pioneiros ao inventarem um fuzil carregável pela culatra, dotado de um dispositivo em agulha que atravessava a base do cartucho para tocar uma espoleta situada na base do projétil. O aperfeiçoamento deste mecanismo e a adoção de projéteis cilindro-ogivais, pois até então eram esféricos, foram outros passos importantes na evolução do rifle ao seu papel de arma ideal para a infantaria³⁰.

A velocidade dos projéteis foi aumentada em cerca de 50% ao findar o século passado, quando foram criados os projéteis de forma cilindro-cônica revestidos por uma liga dura de cobre. Eram mais leves, menos calibrosos e de forma aerodinâmica, sofrendo menor resistência do ar¹³. Os projéteis esféricos de chumbo tinham de 31,5 a 37,7 g e os de Minié, entre 36 e 45 g. Já os novos projéteis pesavam em torno de 9 a 10 g¹².

Para que fosse atingida a eficiência dos cartuchos modernos, também foi indispensável a descoberta da nitrocelulose, que gera menos fumaça e muito mais força expansiva, além de ser possível dosar sua velocidade de queima pelo tamanho e forma de seus grãos^{13,34,39}. Este aumento da velocidade não seria possível sem o revestimento dos projéteis por uma liga dura de cobre. Simplesmente, a raição da arma descascaria a parte externa do projétil se o chumbo entrasse em contacto direto com ela¹².

Podemos dividir os fuzis de guerra modernos, conforme a finalidade de seu uso,

em armas para longo alcance, com calibre de 7,62 mm e os usados em combates a distâncias mais curtas, em torno de 100 m ou menos, geralmente com projéteis de 5,56 mm^{3,38}.

Com o fim da guerra fria, a humanidade julgou estar entrando numa era de paz e prosperidade, na qual seria proscrito o uso de armas de guerra. Mas, na realidade, continuam a existir conflitos localizados e também intenso contrabando destas armas para guerrilheiros, terroristas e organizações mafiosas. Além do mais, a substituição dos fuzis militares por versões mais modernas, conforme evolui a indústria bélica, faz com que os tornados obsoletos sejam vendidos para nações subdesenvolvidas ou para organizações civis de segurança. Mas, ao venderem para uso paramilitar, os fabricantes alteram o mecanismo de disparo de modo a transformar a ação automática em semi-automática³.

Seu uso focal no mundo faz com que algumas comunidades e a população de alguns países envolvidos em choques armados se vejam apanhadas em meio a tiroteios em que são empregadas armas tradicionalmente usadas apenas por soldados.

Atualmente, no Rio de Janeiro, é freqüente traficantes disputarem territórios para venda de drogas proibidas, travando batalhas em que são usados vários tipos de armas, inclusive fuzis. As favelas, geralmente situadas em morros, por vezes densamente povoadas, são o seu teatro de operações. Os moradores das vizinhanças destes morros são acordados em plena madrugada pelo som intermitente da versão semi-automática e pelas rajadas do modelo automático destas armas. Vez por outra, vítimas de balas perdidas acorrem aos hospitais, ou são

recolhidas pelos rabcões do corpo de bombeiros.

Como são pouco difundidos os conhecimentos referentes aos efeitos dos projéteis de alta energia, peculiares a estas armas, e os temos observado com maior freqüência que nos outros estados brasileiros, resolvemos fazer uma revisão do tema na literatura internacional. Abordaremos, inicialmente, conceitos de balística indispensáveis à perfeita compreensão de seus efeitos lesivos.

Fundamentos de balística

A Balística é a parte da Mecânica que estuda o movimento dos projéteis e as forças envolvidas na sua impulsão, trajetória e efeitos finais^{2,34}. O termo deriva da palavra "balista", uma máquina militar romana destinada a lançar pedras e outros projéteis³¹. No caso particular dos projéteis de arma de fogo, abrange o conhecimento dos propelentes e do mecanismo das armas (balística interna), das trajetórias (balística externa) e dos efeitos produzidos no alvo (balística terminal)^{1,2}.

O impulso dado a um projétil de arma de fogo provém da força expansiva dos gases gerados pela combustão da pólvora. Como a rapidez da queima pode ser dosada por meio do tamanho e da forma dos seus grãos, esta liberação de gases pode ser adequada ao tipo de arma. Nas armas de cano longo, deve ser menos rápida, de modo a que continue a se exercer forte pressão por trás do projétil, ao longo do cano, mantendo-se a aceleração por mais tempo, a fim de obter uma velocidade maior. Isto favorece a construção dos fuzis, já que a pressão necessária à obtenção de grandes velocidades não precisa ser desenvolvida instantaneamente. Consequente-

mente, o reforço da câmara de combustão pode ser menor. A redução do comprimento do cano diminui a velocidade do projétil em cerca de 2 a 12 m/seg para cada polegada amputada².

O potencial lesivo de um projétil depende basicamente da sua energia cinética (E_c), que é expressa pela fórmula:

$$E_c = 1/2 mv^2$$

m = massa ; v = velocidade.

Contudo, para que este potencial se realize, é necessário que o projétil transfira sua energia, realizando um trabalho mecânico que se constata pelas deformações produzidas no alvo. Pequena fração da energia cinética é transformada em calor, mas é insuficiente para causar qualquer tipo de lesão⁴. A energia cinética de que são dotados alguns projéteis está expressa na Tabela 1. Segundo Barach², o rifle mais poderoso é o .475", que dispara projéteis de 32,5 g a uma velocidade de 908m/seg (E_c de 13424 j).

Tabela 1 - Energia cinética média de alguns projéteis na boca da arma^{2,12,13,16,30,40}

Projétil	m (g.)	v (m/seg)	E_c (joule)
.38 Sp	9,9	245	297,12
.357 Mg	9,2	436	874,44
7,62mm (AK-47)	7,9	710	1 991,19
5,56mm (AR-15)	3,6	977	1 718,15

Ao atravessar a distância que o separa do alvo o projétil sofre a influência de duas forças principais: a ação da gravidade e a resistência do ar. A força de gravidade atua puxando o projétil para baixo, fazendo com que a sua trajetória não seja retilínea. Desde o momento em que sai da boca da arma, ele tende a se desviar da linha que representa o prolongamento do cano. Desprezando a resistência do ar, o cálculo por meio de modelos

teóricos descreve uma trajetória parabólica simétrica. Na realidade, porém, a resistência do ar faz com que ela seja um segmento de elipse³⁴. É por isto que a linha de mira não pode ser paralela à reta que prolonga a direção do cano até o alvo. Tem que assumir uma direção que aponte para um local mais acima com relação ao alvo. Quanto mais distante o tiro, maior tem que ser a elevação da linha de pontaria.

São semelhantes os fatores que modificam a resistência oferecida pelo ar ao deslocamento dos projéteis e os que interferem em sua trajetória dentro do alvo. O que muda basicamente é a densidade do meio atravessado, muito maior no caso dos tecidos humanos. A densidade do tecido muscular é cerca de 800 vezes maior do que a do ar². Alguns destes fatores serão analisados a seguir.

Coeficiente balístico (CB): é expresso pela fórmula $CB = m/l d^2$.

m = massa; l = fator de forma; d = calibre.

O CB representa o poder de penetração do projétil. O fator da forma é um número que expressa o quão pontiagudo é um projétil. Seu valor é menor nos projéteis com ponta afilada, tornando-se máximo nos de ponta truncada ou plana. A Figura 1 dá exemplos.

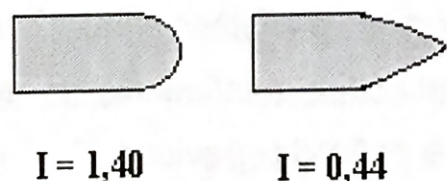


Figura 1 - O fator da forma (l) é menor nos projéteis pontiagudos.

A fórmula do CB nos mostra a importância do calibre do projétil para a avaliação da sua capacidade de penetração, pois é uma função exponencial. Sendo constantes os outros

parâmetros, ao dobrarmos o calibre de um projétil estaremos reduzindo seu poder de penetração à quarta parte do que possuía antes ($2^2 = 4$). Por outro lado, quanto maior a massa do projétil, maior a sua inércia e maior a sua capacidade de atravessar o alvo. O projétil penetrante por excelência deve ser delgado, pontiagudo e pesado. Já uma esfera de alumínio ou de madeira teria um poder de penetração muito menor².

Arrasto - Representa a força que tende a resistir ao deslocamento do projétil. Depende, por sua vez de vários outros fatores. É diretamente proporcional à densidade do meio atravessado, ao valor do fator de forma e ao quadrado tanto da velocidade como do calibre do projétil. Aqui, é interessante acrescentar que desvios do eixo do projétil em relação à sua direção de vôo potencializam o arrasto por oferecerem maior área de contacto com o meio. A frenagem, ou retardo, que um projétil sofre é diretamente proporcional ao arrasto e inversamente proporcional à sua massa. Uma comparação entre os projéteis 7,62 mm do fuzil M-14 e 5,56 mm do M-16 (AR-15) pode ilustrá-lo. A 100m de distância, a velocidade do 7,62mm é reduzida de 823 para 625 m/seg e a do 5,56 mm, de 987 para 666 m/seg. Isto faz uma redução da energia cinética de 1694 para 790 j no M-16 e de 3292 para 1902 j no caso do M-14, que ainda tem mais energia do que o M-16 na boca da arma. A 900m de distância o M-14 ainda é letal mas o M-16 é incapaz de perfurar a pele³.

Estabilidade - Diz-se que um projétil tem estabilidade quando o seu centro de massa e o seu centro de pressão, que representa o ponto de aplicação resultante das forças de arrasto, estão alinhados com a trajetória. Alguns fatores

tendem a estabilizar o projétil, tais como a rotação, a massa elevada, a posição anterior do centro de massa com relação ao centro de pressão, e uma densidade baixa do meio atravessado. Quando o centro de pressão está situado próximo à cauda do projétil e o de massa junto à ponta, ele tende a ser muito estável, como nas flechas com ponta metálica e haste de madeira. No caso dos projéteis de fuzil, o centro de pressão fica mais próximo à ponta do que o centro de massa (Figura 2). Com isto, há uma tendência de que a turbulência provocada pelo atrito com as moléculas do meio faça o projétil desviar-se da linha da trajetória, inclinando-se. O que o impede de ficar de lado é o movimento de rotação que lhe é conferido pela raiiação da arma. Quanto maior a distância entre o centro de massa e o centro de pressão, mais estável é o projétil. Assim, os mais curtos tendem a tombar mais superficialmente ao longo do trajeto dentro do alvo^{2,4,23}.

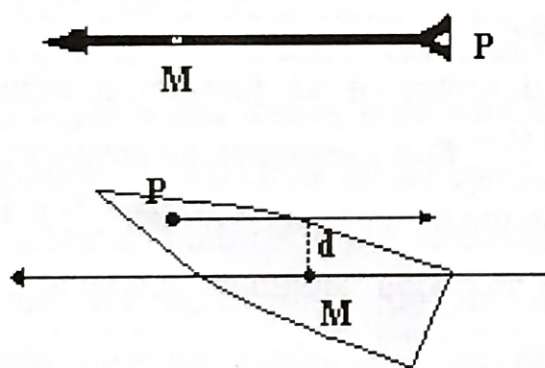


Figura 2 - P é o centro de pressão. M é o centro de massa. As setas reversas formam um binário que tende a desviar o projétil da trajetória estável.

A estabilidade, ou seja, o alinhamento do eixo do projétil com a direção do seu deslocamento no ar, só é atingida a cerca de 100 m de percurso². Segundo Wood (1964)²³, a distância da arma em que o projétil se estabiliza é de cerca de 6000 vezes o seu calibre. Ao longo deste espaço, o seu desvio do eixo,

contrabalançado pelo movimento de rotação, faz com que ele execute movimentos periódicos como o de precessão e o de nutação. Ambos se assemelham aos movimentos que observamos em um pião de brinquedo, quando o tocamos lateralmente tentando tombá-lo. O de precessão é realizado de modo semelhante ao de um lápis sustentado por seu ponto médio, cuja ponta seja deslocada em círculos. No caso do projétil, o fulcro do movimento é o seu centro de massa. Se, dentro deste movimento, a ponta do projétil descrever círculos menores e mais freqüentes, o desenho dos dois movimentos vistos de frente assumirá uma forma de roseta. Chama-se de nutação o segundo movimento descrito, que se insere dentro do maior, que é o de precessão^{2,4,23,34}.

De acordo com French e Callender (1962), o ângulo formado pelos projéteis de fuzil com a direção do seu deslocamento ao longo dos primeiros 100 m de percurso não chega a ultrapassar 3 graus. Ao cobrir esta distância, o projétil executa um ciclo completo de nutação em 3,5 a 6,5 m²³.

Na realidade, porém, são mais complexos os movimentos do projétil, pois outros fatores desestabilizadores também atuam no início do seu deslocamento.

O conhecimento destes aspectos balísticos é fundamental, pois tais movimentos são extremamente ampliados nos tecidos humanos, resultando em perda de estabilidade e tombamento precoce do projétil, o que se traduz na prática por uma aceleração da transferência de energia para o corpo da vítima.

Ondas de choque e ondas de pressão - Quando um avião ultrapassa a velocidade do som no ar, formam-se ondas de choque que são ouvidas como um estrondo e resultam da incapacidade das moléculas gasosas de

transmitirem as vibrações com a mesma velocidade com que chegam, o que causa um acúmulo de energia, que depois é liberada de modo abrupto. Para que tal fenômeno ocorra em meio líquido, é preciso que a velocidade do corpo em movimento seja maior que a propagação do som naquele meio. O mesmo ocorre nos tecidos humanos ao serem atingidos por projéteis que se desloquem a mais de 1500 m/seg (velocidade aproximada do som no tecido muscular)^{13,19}. Para Berlin⁴, projéteis de ponta romba, ou truncada, podem gerar ondas de choque a velocidades um pouco menores. Segundo Harvey (1946), a pressão desenvolvida por estas ondas pode chegar a 60 ou 100 atmosferas (atm) mas não produz danos aos tecidos porque sua duração é extremamente curta, na ordem de 2 a 15 ou 25 microssegundos^{2,13,23}. As ondas de choque são geradas quando o projétil supersônico toca a pele e se deslocam adiante dele^{4,13,19} (Figura 3). A inocuidade das ondas de choque é atestada pelo seu uso em Urologia para destruir cálculos renais sem a necessidade de cirurgia²⁶.

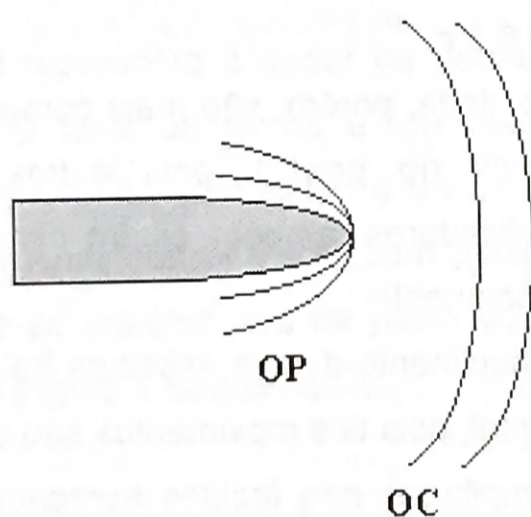


Figura 3 - As ondas de choque (OC) vão adiante do projétil e as de pressão (OP) o seguem e deslocam os tecidos de modo centrífugo.

De outra natureza são as ondas de pressão. São geradas pelo deslocamento dos tecidos percutidos pelo projétil. O deslizamento de partículas do meio ao longo do projétil tende a ser paralelo à sua direção mas, quando elas esbarram em uma curva da sua superfície,

afastam-se de modo centrífugo. Isto leva a que se forme uma zona de vácuo e de baixa pressão atrás do projétil, embora o deslocamento dos tecidos se deva a ondas de pressão positivas que chegam a 4 atm (Figura 4)^{2,4,19}. Assim, a cavidade permanente representada pelos tecidos lacerados e esmagados pelo contacto direto com o projétil é ampliada temporariamente pelo afastamento de suas paredes.

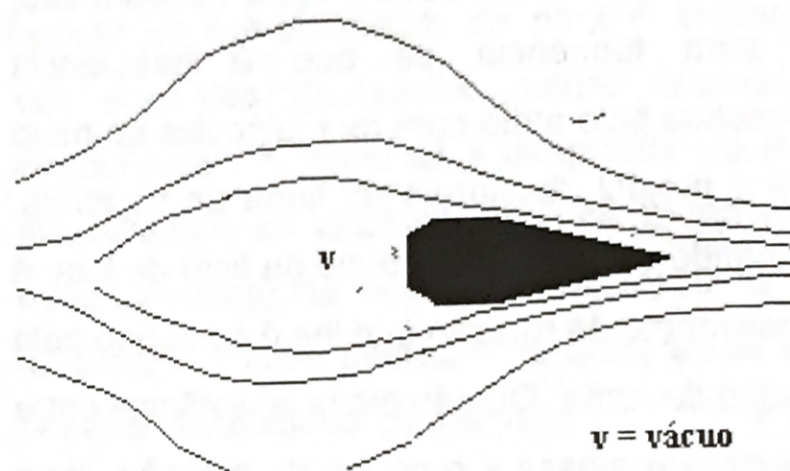


Figura 4 - Esquema da zona de vácuo criada pelas ondas de pressão centrífugas geradas pelo projétil.

As ondas de pressão duram alguns milissegundos, muito mais que as de choque acima descritas, e se formam a reboque do projétil^{2,13,19}. Sua velocidade de propagação é de cerca de um décimo da do projétil^{2,21}. A Tabela 2 resume os dados referentes aos tipos de ondas descritas.

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS DE CHOQUE E DAS ONDAS DE PRESSÃO

Dado	Onda de pressão	Onda de choque
Duração	Mseg	μ seg
velocidade (v)	v do projétil ÷ 10	~ 1 500m/seg
Pressão	4 atm	60 atm
posição relativa ao PAF	posterior	anterior

Lesões produzidas pelos projéteis de alta energia

Desde o advento das armas de fogo e do seu uso em combates, que os cirurgiões militares têm sido testemunhas da capacidade lesiva dos seus projéteis. Não foi por acaso que o primeiro grande livro de Medicina Legal foi o "Traité des Relatoires", de Ambroise Paré, brilhante cirurgião do exército francês, em 1575. Nele, o autor descreve minuciosamente as lesões produzidas pelos projéteis esféricos usados pelas armas de então^{22,30}. A evolução das armas e o efeito dos seus projéteis foram documentados pelos relatos cirúrgicos e pelos laudos dos patologistas que atuaram nas várias guerras por que passou a humanidade.

Mas diversos fatores dos campos de batalha alteram a análise do efeito terminal dos projéteis. Em primeiro lugar, não se sabe que tipo de projétil causou a lesão nem se ele ricocheteou em algum anteparo. E elementos do uniforme, inclusive, podem modificar as lesões, como capacetes, botas e fivelas. Além disto, o grande número de atendimentos pode levar a erros no registro das lesões e da evolução dos casos, gerando, mais tarde, falsas conclusões¹³. Para determinar, com certa precisão, os efeitos lesivos de um determinado projétil, torna-se necessário que se estabeleça um protocolo rígido de pesquisa em que as diferentes variáveis envolvidas sejam controladas e analisadas distintamente. Só assim, poder-se-á atribuir certos efeitos a determinadas características do projétil e da arma investigada. Tais estudos são úteis tanto à balística militar quanto à balística forense, em que pese o objetivo diferente de ambas: a primeira aperfeiçoando a arte de destruir e a segunda

visando a identificar a arma usada, no sentido de punir o responsável³⁴.

Modelos experimentais - Vários grupos de pesquisadores têm estudado a balística terminal dos projéteis de alta energia, ora usando material inerte, ora se valendo de animais de porte médio. Dentre os diversos materiais inertes disponíveis, alguns são inelásticos como barro^{8,9}, sabão^{5,7,24,36,44} e resinas^{29,47}, outros comportam-se de modo mais próximo do que ocorre com os tecidos animais. A gelatina é um bom exemplo^{10,16,19,33,35}. Os simuladores inelásticos têm a vantagem de demonstrar de modo permanente o grau de deslocamento das partes tocadas pelo projétil em seu trajeto no interior do alvo. Por se manterem fixos na posição de máxima distensão, os limites da cavidade deixada expressam a quantidade de energia cinética transferida ao longo do trajeto e permitem comparar os efeitos de vários tipos de projétil. Já a gelatina, que tem certa elasticidade e é transparente e friável, mantém o registro da cavidade permanente que corresponde ao trajeto e indica, por meio de fissuras radiadas, o grau de expansão temporária desta cavidade permanente sob a influência das ondas de pressão. A filmagem por câmeras ultra-rápidas proporciona uma visão dinâmica da formação e da evolução destas cavidades^{10,23,33,35}. Mas é preciso cautela ao aceitar as conclusões destes estudos como válidas para tecidos animais. Os resultados devem imitar de modo muito próximo o grau de penetração e a deformação dos projéteis que ocorrem no vivo¹³.

Os animais de porte médio utilizados nos estudos de balística terminal têm sido cães, carneiros e porcos, de tamanho variado. Alguns autores usam cães pequenos e amarram os dois membros posteriores de modo que o

projétil atravesse as duas coxas de um só golpe, o que permite atingir um trajeto um pouco maior, mas ainda insuficiente para simular de modo adequado uma coxa humana^{28,45,48}. Os porcos, usados com freqüência pelos pesquisadores escandinavos, ora são pequenos^{4,25,37,43}, ora de tamanho médio^{5,6}; mas o grupo americano de Fackler, apesar de usar suínos com cerca de 90 kg, ainda prolongou o trajeto por meio de blocos de gelatina a fim de não perderem os projéteis¹⁸. Carneiros com peso médio de 55 kg foram usados por um grupo polonês³².

Quanto à avaliação da transferência de energia, há posturas diferentes conforme o grupo de pesquisadores. Alguns medem a velocidade de ingresso e a de saída do projétil, calculam a diferença e, assim, a energia cedida para o alvo^{4,28,37,43,44,45,46}; outros optam por avaliação indireta e qualitativa, através do registro das cavidades deixadas no alvo e das deformações produzidas no projétil^{10,16,19,21}. O modelo que utiliza a diferença de velocidade ao entrar e sair do alvo não pode ser aplicado aos casos em que ocorre fragmentação do projétil, pois ele sairá mais leve e, portanto, com menor energia cinética²¹. Além do mais, a fragmentação, como veremos adiante, aumenta o volume das cavidades.

As alterações sofridas pelo projétil no interior do alvo podem ser documentadas com auxílio de fontes de raios X que emitem feixes com intervalos de milionésimos de segundo^{1,4,5,6,25,28,37,44}, ou com o uso de meios transparentes como a gelatina, associados a câmeras cinematográficas extremamente velozes^{1,10,23,33,35}. Tanto num como no outro caso, o registro é feito em duas chapas colocadas em posição ortogonal, de modo a darem uma noção espacial dos possíveis desvios e/ou fragmentações do projétil.

Dentre os métodos e técnicas descritos nos trabalhos que consultamos, achamos mais barato e mais completo o descrito por Fackler em 1985¹⁹. Seu grupo utiliza blocos de gelatina a 10%, medindo 25 x 25 x 50cm a uma temperatura de 4 °C, colocados um ao lado dos outros, de modo a cobrirem todo o trajeto do projétil. Depois do tiro, os blocos são cortados ao longo do seu maior eixo, passando pelo centro do trajeto. No caso de haver fragmentação, o projétil é recolhido e pesado, e os seus fragmentos facilmente localizados. Nesta temperatura e concentração, a gelatina tem comportamento muito próximo do que ocorre com o tecido muscular. Além disto, o autor faz gráficos em que são plotados, em escala de centímetros, a profundidade em que se dão as alterações do projétil ao longo do trajeto e suas relações com as cavidades geradas^{16,19}.

Lesões de entrada - São poucas as observações detalhadas de entradas de projéteis de fuzis. De um modo geral, os autores preocupam-se com o trajeto e os fenômenos relacionados com as cavidades permanente e temporária. Nos trabalhos experimentais feitos em animais, a descrição das feridas de entrada geralmente não é minuciosa. DiMaio¹² descreve as entradas de fuzil como lesões circulares ou ovalares, conforme a incidência do projétil seja perpendicular ou oblíqua, de bordas talhadas a pique, com ou sem orla de escoriação, apresentando, com freqüência, microlacerações de até um milímetro, dispostas radialmente em toda a sua circunferência ou apenas em um setor. Não sabe a quem atribuir a ausência de orla de escoriação em algumas destas feridas¹².

O diâmetro do orifício de entrada é menor que o do projétil na maioria dos casos, dada a sua forma pontiaguda. Mas há fatores que podem torná-lo maior. A velocidade de impacto é um dos principais. Estudos feitos por Wang⁴⁵ e por Liu²⁸ em cães de 15-20 kg, alvejados a uma distância de 10m com projéteis de 7,62 e 5,56 mm, demonstraram que o aumento da velocidade do 7,62 correspondia a um aumento do diâmetro do orifício de entrada, que chegava a ultrapassar o do projétil, enquanto que a redução da velocidade do 5,56 fazia com que diminuísse o diâmetro da entrada até valores bem menores do que o do projétil. Fackler¹⁷ fez disparos de projéteis maciços de latão com a mesma forma dos de 5,56 mm contra a coxa de carcassas de porcos de 90 kg a fim de estudar os efeitos do aumento da velocidade e verificou que o diâmetro da entrada era de 5 mm a 963 m/seg e de 7 mm a 1585 m/seg.

Outro fator que influencia o diâmetro da entrada é a distância a que é feito o disparo. O finlandês Tikka⁴³, estudando os efeitos locais dos projéteis de três fuzis (7,62 mm M-62 finlandês, 7,62 mm AK-47 russo e o 5,56 mm M-16 americano), a distâncias de 30 e 100 m, descreveu entradas com diâmetros maiores nos disparos a distância mais curta. Atribuiu a diferença ao efeito da maior estabilidade dos projéteis aos 100 m de trajetória. Nos tiros a 30 m, o projétil atingiria o alvo com uma discreta inclinação do seu eixo devido aos movimentos de precessão e de nutação.

Conforme a região do corpo atingida, é possível observar-se variação não só do diâmetro como também da forma da ferida de entrada. Nas regiões anatômicas em que se encontra osso no plano subcutâneo, como no crânio e na região esternal, a resistência óssea faz com que o projétil tenha grande parte da sua

energia transferida de modo abrupto logo na entrada. DiMaio¹² afirma que qualquer coisa que altere a estabilidade do projétil na sua entrada tende a ampliar muito a ferida. Exemplifica com o fato de que entradas no setor occipital são muito mais amplas e estreladas do que as que ocorrem na região temporal, por causa da espessura maior da calota craniana no primeiro. Conclui com a frase "Head wounds produced by rifle bullets can be so devastating as to be called *explosive*". Como tem sido descrito, a cavitação temporária resulta da transferência de energia às margens da cavidade permanente feita pelo projétil. Assim, nos tiros dados nestas regiões com osso, há uma antecipação da formação da cavidade temporária, que vem a distender a pele do orifício de entrada, promovendo uma ferida "explosiva", lacerada, por vezes estrelada. As feridas por projéteis de fuzil na cabeça podem ser tão ampliadas por esse fenômeno a ponto de tornarem impossível a distinção entre as lesões de entrada e de saída do projétil¹².

Além dos aspectos referidos acima, que são relativos aos projéteis cilindro-cônicos totalmente encamisados, usados em armas de guerra, devemos referir alguns aspectos lesionais causados por projéteis de ponta romba, truncada ou deformável. Estas pontas fazem com que o coeficiente balístico seja menor, reduzindo o seu poder de penetração. Por outro lado, aumentando a área de contacto, fazem com que a transferência de energia torne-se muito maior desde a entrada. O resultado disto é semelhante ao que ocorre quando o aumento da transferência de energia deve-se à presença de osso sob a pele. Em ambas as situações, a ferida de entrada é ampliada pela cavidade temporária que se forma na porção inicial do trajeto. Nos perfis lesionais descritos por Fackler a partir de tiros com projéteis

deformáveis, é possível ver a proximidade da cavidade temporária à entrada^{16,19}.

O estudo da influência da área de contacto entre o projétil e o corpo necessita de modelos em que seja possível determinar esta área de modo preciso. Para isto, o melhor é o emprego de projéteis esféricos, que sempre tocam uma área circular igual ao seu diâmetro. Além disto, tal área não se modifica com os movimentos do projétil ao longo da trajetória. Vários autores têm adotado este modelo, usando como alvo blocos de gelatina^{10,15,16,23} ou animais^{11,17,25,41,48}. Os trabalhos feitos com gelatina prestam-se bem ao estudo da cavidade temporária e serão apreciados mais adiante. Os realizados em animais permitem visualizar os efeitos das mudanças de diâmetro e de velocidade sobre a forma das entradas. Pesquisadores chineses^{11,41} fizeram disparos de esferas de aço de 3,175 / 4,763 / 5,56 e 6,35 mm de diâmetro contra as coxas de cães de 15-20 kg, a velocidades diferentes, chegando próximo à do som nos tecidos (1500 m/seg). Observaram que os diâmetros da entrada e da saída eram semelhantes entre si e iguais ao diâmetro da esfera quando a velocidade era em torno de 500 m/seg. Conforme aumentavam a velocidade, havia um aumento do diâmetro da entrada, que se tornava maior que o da saída. Nas velocidades mais altas, a ferida de entrada tornava-se estrelada, de bordas serrilhadas, e bem maior do que o projétil - esferas de 6,35 mm a 1285 m/seg produziram entradas de 31 x 28 mm. Com uma mesma quantidade de energia cinética de impacto, as esferas menores causaram dano maior, embora com menor penetração, em função da sua velocidade. Como já vimos, o poder de penetração (coeficiente balístico) é diretamente proporcional à massa do projétil. Tian-Shun⁴⁶ explica o fato

com base na frenagem que a esfera sofre logo no início do trajeto tecidual, o que lhe reduz drasticamente a energia cinética. O trajeto deixado assume forma de cone alongado, com a base voltada para a entrada e a ponta para a saída. Quanto maior a velocidade, mais larga e rasa é a lesão de entrada. Esferas de 3,2 mm a 1000 m/seg produziram entradas maiores que a dos 7,62 mm cilindro-cônicos.

Fackler⁴² demonstrou a importância da forma dos projéteis de alta velocidade na morfologia das lesões produzidas em carcassas de porcos. Fêz disparos a 3 m de distância, usando três tipos de projéteis: esferas de 6 mm e cilindros de 5,56 x 5,56 mm ambos de aço, e projéteis de latão maciço feitos em torno, com forma idêntica à dos de calibre 5,56 mm do M-16, atuando ora pela ponta, ora pela base. No caso das esferas, a velocidade foi crucial. A 764 m/seg o orifício de entrada foi puntiforme; a 1147 m/seg, uma elipse de 15 x 8 mm; a velocidades acima de 1420 m/seg a ferida tornou-se estrelada até atingir 100 x 75 mm a 1639 m/seg. O cilindro teve comportamento semelhante. Já os projéteis de latão, ao incidirem pela base, produziram lesões estreladas irregulares, com 80 mm a 960 m/seg e 180 mm a 1556 m/seg. Contudo, ao penetrarem de ponta produziram lesões convencionais de 5 a 7 mm de diâmetro.

Fenômeno da cavitação - Huguier, em 1848, examinando soldados feridos, foi o primeiro a notar o aspecto explosivo das lesões por certos projéteis de fuzil¹. Isto levou a protestos de combatentes que julgavam estar sendo vitimados por projéteis explosivos. Mas o primeiro autor a atribuir o fenômeno à formação de uma cavidade temporária foi Woodruff em 1898^{1,10,39}.

A passagem dos projéteis de arma de fogo através dos tecidos produz uma solução de continuidade tubular que une a entrada à saída ou ao ponto de repouso final, se não saírem. No que rompem os tecidos, os projéteis lhes transmitem uma quantidade de movimento, ou impulso, que os fazem se deslocar de modo centrífugo durante um certo tempo, gerando uma cavidade mais ampla, que representa, na realidade, uma expansão fugaz da cavidade permanente - é a *cavidade temporária*. Erronêamente, se a tem associado exclusivamente aos projéteis de alta energia. Contudo, qualquer projétil é capaz de produzir as ondas de pressão responsáveis pela sua formação, dependendo apenas da velocidade de transferência da energia aos tecidos^{1,2,13,23,38}. Quanto mais rápida a cessão de energia cinética, maior o impulso dado aos tecidos vizinhos à cavidade permanente e, conseqüentemente, o volume da cavidade temporária. Mas a distensão dos tecidos pela cavidade temporária só deixa alterações macroscópicas quando a velocidade dos projéteis é superior a 304 m/seg. O sinal mais importante é a infiltração hemorrágica dos tecidos adjacentes ao trajeto. É causada pela rotura de vasos de pequeno calibre. É possível haver estiramento de nervos e rotura de parte de seus axônios e dendritos²³. Estas lesões representam, na realidade, o resultado da ação contundente das ondas de pressão. O tamanho e as conseqüências da cavidade temporária variam de acordo com diversos fatores balísticos e com atributos específicos de cada tecido ou região anatômica atingida. No entanto, não se deve supervalorizar sua importância, pois outros fatores, como o local atingido, representam papel importante na balística terminal¹³.

A primeira demonstração experimental da cavidade temporária foi feita por Beack em 1941²⁹ e, pouco depois, repetida por Harvey em 1944¹⁰. Mais recentemente, vários grupos de pesquisadores têm se ocupado de estudar experimentalmente a cavidade temporária, ora em material inerte^{4,6,9,16,19,20,21,23,37}, ora em modelos animais^{4,6,18,25,28,32,37,42,43,45,46}. Dentre os estudos realizados com material inerte, os que usam meios inelásticos como o sabão^{4,6,7,24,36,37,44} demonstram bem a forma e o volume máximo que ela atinge. Já o método do perfil lesional criado por Fackler^{16,19}, evidencia muito bem a formação, a evolução, a posição e as dimensões da cavidade temporária em blocos de gelatina. A dinâmica das cavidades tem sido documentada em animais por meio de chapas radiográficas obtidas em posições ortogonais, geradas por fontes de raios X emitidos a intervalos regulares de 10^{-6} seg. A repetição dos tiros sincronizada com os disparos dos emissores de raios permite acompanhar o comportamento do projétil no trajeto intramuscular e registrar a cavitação^{4,23,25,28,37,44,45,46}.

Vários estudos em animais valem-se de meios indiretos para determinar a extensão atingida pela cavidade temporária, como a remoção cirúrgica de tecidos considerados desvitalizados, com ulterior pesagem do material obtido^{4,5,6,7,25,28,36,37,45,46}. Mas a avaliação quantitativa por este método é passível de severa objeção, face ao aspecto subjetivo da observação feita pelo cirurgião^{13,18}. A fim de reduzir a subjetividade, alguns autores injetam tinta nanquim nos vasos nutridores dos tecidos para auxiliá-los na delimitação das margens de ressecção. Removem apenas os tecidos que não captam a tinta^{45,46}.

Com base nestes métodos, foi possível analisar a cavidade temporária sob vários aspectos.

Forma e volume - Dependem, basicamente, do fluxo de energia cinética para os tecidos, ao longo do trajeto. Atributos do projétil, como a forma da sua ponta, sua deformabilidade e a sua tendência a se inclinar e tombar podem determinar transferência rápida logo no seu início, ou após um percurso estável, cujo comprimento varia. Projéteis pontiagudos e totalmente revestidos por ligas duras de cobre, com um núcleo de chumbo ou de aço, como os de guerra, penetram bem alinhados com a trajetória. Como são estáveis, costumam produzir um trecho inicial do trajeto, chamado de colo, em que há pouca transferência de energia e no qual a cavidade temporária é pouco nítida. Este colo é mais longo nos 7,62 que nos 5,56 mm, em função de sua maior estabilidade^{2,4,16,19,27,44}. Isto é importante quando se examina ferida transfixante sem lesão óssea de braço ou de perna e se acha pouca destruição dos tecidos¹⁹.

A partir do momento em que o projétil começa a tombar, oferece uma superfície de contacto maior, sofre grande aumento do arrasto e transfere quantidades enormes de energia aos tecidos. Neste trecho do percurso, ocorre um alargamento da cavidade que acompanha o grau de tombamento. Seu diâmetro é máximo no ponto em que o projétil assume posição perpendicular ao trajeto. Logo após, com a redução da velocidade e o realinhamento do projétil, que pode ser com a base para a frente, diminui gradualmente a transferência de energia e, assim, o diâmetro da cavidade^{2,4,16,19}. O fato de poder girar 180 graus explica a deformação da base de projéteis que

percutem osso¹⁹. Tal fato é relevante do ponto de vista pericial. Vista de lado, a forma mais comum da cavidade temporária é a da Figura 4.

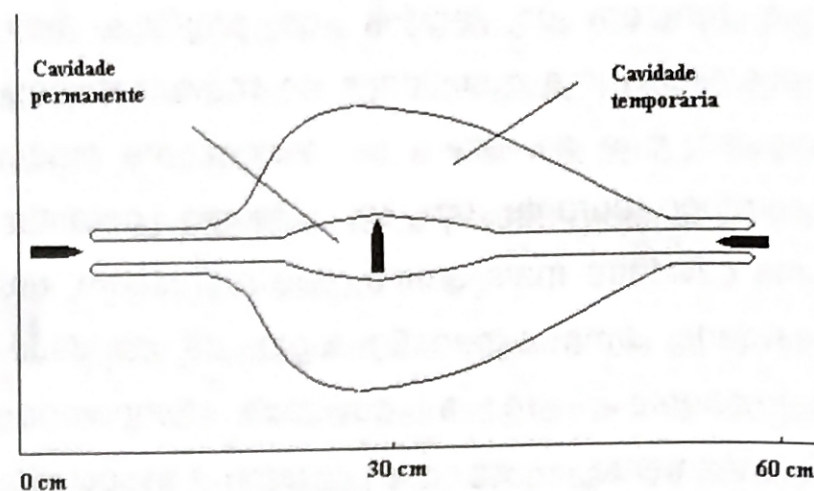


Figura 4 - Perfil da lesão por projétil de fuzil 7,62 mm NATO. Há uma porção inicial, o colo, em que a cavidade temporária é discreta. Quando o projétil começa a tombar libera quantidades enormes de energia e produz ampla cavidade temporária (Adaptado de Fackler¹⁶).

A forma da cavidade tem sido visualizada tanto nos estudos feitos com material inerte, tais como barro^{8,9,40}, sabão^{4,6,7,24,36,37,44}, gelatina^{16,19,20,21,23,33,47} e água²⁷, como nos realizados em animais^{4,6,18,25,28,32,37,42,43,45,46}.

Alguns autores admitem que a cavidade temporária possa ter diâmetro que ultrapasse 30 vezes o calibre do projétil^{10,12}, outros são mais restritivos e calculam que não chegue a 13⁵. O diâmetro máximo atingido varia em função da velocidade e da resistência tecidual à distensão. Para um mesmo projétil, num mesmo meio, é proporcional à velocidade^{8,42}. A distensão, por sua vez, depende da quantidade de tecido ao redor da cavidade permanente^{5,14,36}, bem como do teor de fibras conjuntivas e da sua coesividade¹². Isto não quer dizer, necessariamente, que quanto maior a distensão, por conseguinte o volume da cavidade temporária, maior o dano aos tecidos. Há tecidos muito elásticos, como o parênquima pulmonar, que absorvem bem a energia sem grandes roturas. Já o hepático, por ser mais friável, é gravemente

lacerado^{1,2,13,16,38}. O mesmo ocorre em lesões cranianas, nas quais o cérebro é extensamente destruído¹².

Quando se estuda projéteis esféricos ou os de ponta romba ou deformável, acha-se uma cavidade temporária diferente. O máximo de expansão é atingido logo no início do trajeto, com colo muito curto, ou inexistente^{16,17,19,23}. A existência, ou não, do colo depende mais da velocidade. Tal influência foi demonstrada pelos estudos de Fackler com projéteis disparados a velocidades superiores à do som nos tecidos¹⁵. A antecipação da expansão máxima foi de tal ordem que as entradas assumiram aspecto explosivo e forma estrelada. Quando projéteis esféricos são disparados a altas velocidades contra blocos de sabão⁴, ou gelatina^{10,23}, a cavidade temporária assume forma cônica com a base voltada para a entrada.

Se o projétil fragmentar-se ao longo do trajeto, seja por ter sido construído para esse fim, seja por ter atingido velocidade muito alta, a cavidade temporária será máxima no trecho em que ocorrer a fragmentação. Em geral, os projéteis de guerra não se fragmentam ao atravessarem os tecidos. Mas o 5,56 mm disparado pelo fuzil AR-15 tem uma tendência a tombar precocemente ao penetrar no corpo e, com isto, sofre maior estresse, dobrando-se perpendicularmente à estriação longitudinal, o que leva à expulsão do núcleo de chumbo pela sua base. Quando recolhidos, estes projéteis mostram ponta intacta e a base rompida^{2,12,13,21}. O projétil de 5,56 mm do fuzil russo AK-74 costuma fragmentar-se ao longo do trajeto e mudar de direção. Tal fato pode ser atribuído à sua construção, já que apresenta um espaço interior vazio entre o seu núcleo de aço e a

ponta do revestimento de latão. Com o impacto no alvo, o núcleo desloca-se para a frente, deforma o projétil e o desestabiliza. O trecho do trajeto em que isto ocorre é onde as cavidades permanente e temporária têm maior diâmetro²⁰.

De Muth (1966) comparou as cavidades deixadas por projéteis de mesmo calibre e peso, disparados pela mesma arma, que diferiam apenas pela ponta, que era deformável ou não. Verificou que o volume da cavidade deixada pelos deformáveis chegava a 40 vezes o da causada pelos de uso militar². A cavidade permanente acompanha o alargamento da cavidade temporária resultante da fragmentação^{16,19}. Fackler^{19,21} admite que os fragmentos metálicos seccionam as fibras musculares perpendicularmente ao trajeto. Segundo afirma, quando se dá a distensão dos tecidos pela cavidade temporária, são seqüestrados segmentos de tecido, que se destacam dos feixes musculares e caem para dentro da cavidade permanente, assim ampliada.

A posição da cavidade temporária no trajeto pode ajudar a determinar o sentido de um tiro transfixante, desde que se tenha conhecimento do tipo de projétil que causou a lesão. Ferimentos causados por projéteis deformáveis do tipo "hollow point", ou "silver tip" a grandes velocidades provocam cavitação precoce e os seus sinais ao longo do percurso servem para definir o sentido do disparo^{16,19}.

Duração e pulsação - Como a distensão que produz a cavidade temporária resulta de um impulso dado aos elementos teciduais, isto se faz contra uma resistência das forças elásticas dos tecidos. Quanto maior a elasticidade, maior a capacidade de reação. Assim, logo após a distensão máxima, que se dá cerca de 2 a 4

mseg após a passagem do projétil^{23,38}, ocorre uma retração. A esta segue-se nova distensão, porém um pouco menor, de modo que o resultado é uma cavitação pulsátil de amplitude decrescente^{2,4,23,39,40}. Para alguns autores, a duração total do ciclo é de menos de 10 mseg^{33,38}, ou o ciclo atinge de 20 a 30 mseg^{1,23}. Se o meio for a água, pode chegar a 90 mseg²⁷. É claro que isto não se dá em meios inelásticos.

Durante a pulsação da cavidade temporária, as variações da pressão agem como um sistema de fole com relação ao ar exterior. Filmagens ultrarrápidas demonstram a expulsão de fragmentos de tecido pelos orifícios da ferida durante este lapso de tempo. Hopkinson e Marshall²³ alvejaram a coxa de um membro inferior humano amputado, com um projétil de alta velocidade e filmaram a seqüência de eventos desde a penetração até pouco depois da saída. Descreveram uma invaginação da pele adiante do projétil até se dar a perfuração. Assim que o projétil atravessa os planos musculares, a cavidade temporária subsequente faz uma tumefação das partes moles, que se elevam formando um anel que circunda o orifício, de modo que este fica em zona de relativa depressão. O deslocamento centrípeto desta tumefação faz com que as bordas do orifício sejam, a seguir, elevadas e, logo após, evertidas. Neste momento, o colapso da cavidade temporária ejeta partes de tecido e fluidos para o exterior através dos orifícios. A mesma tumefação ocorre na saída, com expulsão de material tecidual desde a separação do projétil (Figura 5).

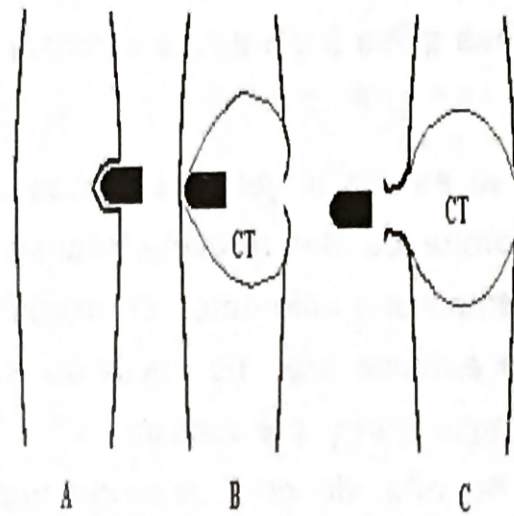


Figura 5 - Em A, o projétil começa a penetrar. Em B, já atravessou quase todo o membro, deixando uma cavidade temporária atrás de si. Há uma elevação da pele ao redor do orifício. Em C, o projétil já saiu e a cavidade começa a colabar, expulsando material do seu interior.

No momento em que ocorre a distensão dos tecidos que forma a cavidade temporária, verifica-se uma queda da pressão intracavitária, o que produz evaporação da água do meio e aspiração de ar para o interior da ferida pelos orifícios de entrada e de saída, se houver. A cavidade vem a ser ocupada pela mistura do ar que entra com o vapor d'água^{4,23,39}. Isto faz com que as feridas por projéteis de alta energia sejam contaminadas por fragmentos de roupa e outros elementos relacionados com a pele^{4,23,39,41,42}. Ao contrário do que pensam os leigos, os projéteis de arma de fogo, qualquer que seja sua velocidade, não se aquecem muito ao atravessarem o ar e os tecidos. Assim, as bactérias presentes em sua superfície, não sendo eliminadas, são semeadas ao longo do trajeto. Tal fato ficou demonstrado em um trabalho em que se pincelou suspensão de bactérias na ponta de projéteis que foram disparados contra blocos de gelatina esterilizada própria para cultura. Apareceram colônias ao longo do trajeto²³.

Saídas - A tendência dos projéteis de fuzil é transfixar o segmento atingido do corpo humano, a menos que se fragmentem por se chocarem com algum osso, ou espontaneamente, como é comum acontecer com os de 5,56 mm. Segundo Hopkinson²³, se os projéteis mantivessem a sua estabilidade ao longo do trajeto, produziriam saídas um pouco menores que as entradas. Porém, não é isto o que acontece. Ao longo do trajeto, como já vimos, os projéteis sofrem desvios de eixo e de trajetória e costumam sair de lado ou pela base, o que amplia o diâmetro da lesão de saída.

Outro aspecto crucial é o comprimento do trajeto. Se for muito curto, com menos de 10 cm, o projétil pode sair antes de tombar, antes de produzir a cavidade temporária plena. Swan³⁹ mostra diferentes saídas conforme a cavidade temporária ainda não tenha se formado, anteceda, ou coincida com o plano cutâneo. Quando há coincidência entre o diâmetro máximo da cavidade temporária e o plano da saída, as feridas tendem a ser estreladas e irregulares, de dimensões muito maiores do que as entradas (Figura 6).

Fackler¹⁸ produziu feridas transfixantes em coxas de porcos de 90 kg com projéteis de 5,56 mm, feitos de latão maciço de modo a não se fragmentarem, disparados a 3 m de distância, e notou que as saídas tinham forma estrelada irregular, com bordas evertidas,

deixando escapar fragmentos de músculo e de tecido adiposo lacerados, medindo de 11,5 a 13,5 cm no maior diâmetro.

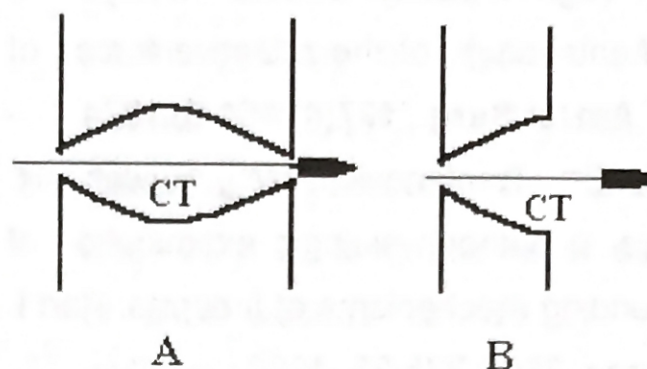


Figura 6 - Em A a cavidade temporária formou-se dentro dos tecidos. Em B a cavidade temporária atingiu o máximo diâmetro no plano de saída. Assim, a ferida tem diâmetro muito maior do que a entrada.

O aumento da distância de tiro, permitindo que o projétil fique mais estável, faz com que a saída seja menor nos alvos de pouca espessura, já que isto aumenta o colo do trajeto e propõe a cavidade temporária⁴³. O mesmo tipo de influência foi registrado por Scepanovic³⁷ ao aumentar a estabilidade dos projéteis SS 109 de 5,56 mm pela redução do passo da raição da arma de 12 para 7 polegadas.

Quando há fragmentação do projétil, a saída pode ser maior ou menor do que a entrada. Se a saída coincidir com a cavidade temporária, será muito grande; mas, se ficar além do plano da cavitação, a saída de apenas uma parte do projétil produzirá uma lesão de área inferior à da entrada.

HERCULES, H.C. de. Lesions by high energy projectiles. *Saúde, Ética & Justiça*, 2(1):15-32, 1997.

Abstract: Lately, even in times of peace, lesions caused by high energy projectiles have become more frequent as a result of increased urban violence and smuggling of war weapons by drug dealers and Mafiosi. This situation has made it necessary for surgeons and medical to examiners become familiar with the mechanisms and lesions caused by these types of guns. The entry lesions, trajectory and exit wounds caused by the bullet are studied by the author in this article, based on personal experience and literature review. Variation in the shape of the entry hole according to the speed and shape of the bullet is interpreted under physical principles and terminal ballistics. The temporary and permanent cavities are studied as to their formation mechanism, shape, volume and position along the trajectory. Research methods adopted by other authors are described and evaluated.

Key Words: Firearms. Forensic medicine. Terminal ballistics. Violence. Wounds and injuries. Wounds, gunshot.

Referências bibliográficas

1. Amato, J.J.; Billy, L.J.; Lawson, N.S.; Rich, N.M. High velocity missile injury. An experimental study of the retentive forces of tissue. **Am. J. Surg.**, **127**(4):454-9, 1974.
2. Barach, E.; Tomlanovich, M.; Nowak, R. Ballistics: a pathophysiologic examination of the wounding mechanisms of firearms: Part I. **J. Trauma**, **26**(3):225-35, 1986.
3. Barach, E.; Tomlanovich, M.; Nowak, R. Ballistics: a pathophysiologic examination of the wounding mechanisms of firearms. Part II. **J. Trauma**, **26**(4):374-83, 1986.
4. Berlin, R. H.; Gelin, L.E.; Janzon, B. et al. Local effects of assault rifle bullets in live tissues. **Acta Chir. Scand.**, 459(Suppl.):5-84, 1976.
5. Berlin, R.H.; Janzon, B.; Lidén, E.; Nordström, G.; Schantz, B.; Seeman, T.; Westling, F. Terminal behaviour of deforming bullets. **J. Trauma**, **28** (Suppl. 1):S58-62, 1988.
6. Berlin, R.H.; Janzon, B.; Lidén, E.; Nordström, G.; Schantz, B.; Seeman, T.; Westling, F. Wound ballistics of Sweddish 5.56 mm assault rifle AK 5. **J. Trauma**, **28**(Suppl. 1):S75-83, 1988.
7. Berlin, R.H.; Janzon, B.; Rybeck, B. et al. A proposed standard methodology for estimating the wound capacity of small calibre projectiles or other missiles. **Acta Chir. Scand.**, 508(Suppl.):11-29, 1982.
8. Callender, G.R. Wound ballistics: mechanism of production of wounds by small arms bullets and shell fragments. **War Med.**, **3**:337-50, 1943.
9. Callender, G.R.; French, R.W. Wound ballistics: studies in the mechanism of wound production by rifle bullets. **Mil. Surg.**, **77**:177-201, 1935.
10. Charters, A.C. III; Charters, A.C. Wounding mechanism of very high velocity projectiles. **J. Trauma**, **16**(6):464-70, 1976.
11. Cheng, X.Y.; Feng, T.S.; Liu, Y.Q. et al. Wounding properties of steel pellets with different velocities and quality on soft tissue of dogs. **J. Trauma**, **28**(1):S33-6, 1988.
12. DiMaio, V.J.M. Wounds caused by centerfire rifles. **Clin. Lab. Med.**, **3**(2):257-71, 1983.
13. Fackler, M.L. Wound ballistics. A review of common misconceptions. **AMA**, **259**(18):2730-6, 1988.
14. Fackler, M.L. Carta ao editor. **J. Trauma**, **29**(5):703-4, 1989.
15. Fackler, M.L.; Bellamy, R.F.; Malinowsky, J.A. Wounding mechanism of projectiles striking at more than 1,5 km/sec. **J. Trauma**, **26**(3):250, 1986.
16. Fackler, M.L.; Bellamy, R.F.; Malinowski, J.A. The wound profile: illustration of the missile-tissue interaction. **J. Trauma**, **28**(Suppl. 1):S21-9, 1988.
17. Fackler, M.L.; Bellamy, R.F.; Malinowsky, J.A. A reconsideration of the wounding mechanism of very high velocity projectiles-Importance of projectile shape. **J. Trauma**, **28**(Suppl. 1):S63-7, 1988.
18. Fackler, M.L.; Breteau, J.P.L.; Courbil, L.J.; Taxit, R.; Glas, J.; Fievet, J.P. Open wound drainage versus wound excision in treating the modern assault rifle wound. **Surgery**, **105**(5): 576-84, 1989.
19. Fackler, M.L.; Malinowski, J.A. The wound profile: a visual method for quantifying gunshot wound components. **J. Trauma**, **25**(6):522-9, 1985.
20. Fackler, M.L.; Malinowsky, J.A. Internal deformation of the AK-74; a possible cause for its erratic path in tissue. **J. Trauma**, **28**(Suppl. 1):S72-5, 1988.

21. Fackler, M.L.; Surinchak, J.S.; Malinowski, J.A.; Bowen, R.E. Bullet fragmentation: A major cause of tissue disruption. **J.Trauma**, **24**(1):35-9, 1984.
22. Hercules, H.C. História da medicina legal. **Rev. Acad.**, **2**(2):53-8, 1988.
23. Hopkinson, D.A.W.; Marshall, T.K. Firearms injuries. **Br. J. Surg.**, **54**(5): 344-53, 1967.
24. Janzon, B. Edge, size and temperature effects in soft soap block simulant targets used for wound ballistic studies. **Acta Chir. Scand.**, **508**(Suppl.):105-22, 1982.
25. Janzon, B.; Seeman, T. Muscle devitalization in high-energy missile wounds, and its dependence on energy transfer. **J. Trauma**, **25**(2):138-44, 1985.
26. Kahnoski, R.J.; Lingemen, J.E.; Coury, T.A. et al. Combined percutaneous and extracorporeal shock wave lithotripsy for staghorn calculi: an alternative to anatomic nephrolithotomy. **J. Urol.**, **135**:679-81, 1986.
27. Liu, Y.; Li, S.; Wu, B. et al. Characteristics of cavities trailing different projectiles penetrating water. **J. Trauma**, **28**(1):S13-6, 1988.
28. Liu, Y.Q.; Wu B.J.; Xie, G.P.; Chen, Z.C.; Tang, C.G.; Wang, Z.G. Wounding effects of two types of bullets on soft tissue of dogs. **Acta Chir. Scand.**, **508**(Suppl.):197-210, 1982.
29. Lott, J. Stopping power. **Petersen's Hunting**, :78-83, nov. 1983 apud Fackler, M.L. em 7).
30. Myatt, F. **Small arms**. An illustrated encyclopedia of famous military firearms from 1873 to the present day. Londres, Tiger Books International, 1989.
31. Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 2.ed. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1986.
32. Orłowsky, T.; Domaniński, J.; Badowsky, A. Effect of missile velocity on the pathophysiology of injuries. **Acta Chir. Scand.**, **508**(Suppl.):315-21, 1982.
33. Orłowsky, T.; Piecuch, T.; Domaniński, J.; Badowsky, A. Mechanisms of development of shot wounds caused by missiles of different initial velocity. **Acta Chir. Scand.**, **508**(Suppl.):123-7, 1982.
34. Rabello, E. **Balística forense**. 3.ed. Porto Alegre, Sagra-DC Luzzatto Ed., 1995. p.158.
35. Ragsdale, B.D.; Josselson, A. Predicting temporary cavity size from radial fissure measurements in ordnance gelatin. **J. Trauma**, **28**(Suppl. 1):S5-9, 1988.
36. Scepanovic, D., Alberht, M., Erdeljan, D. A method for predicting effects of military rifles. **Acta Chir. Scand.**, **508**(Suppl.):29-37, 1982.
37. Scepanovic, D.; Albreht, M.; Erdeljan, D.; Milivojevic, V.; Petrovic, M.; Cuk, V.; Djuknic, M. Evaluation of the new type of military bullet and rifling. **J. Trauma**, **28**(Suppl. 1):S68-72, 1988.
38. Scott, R. Pathology of injuries caused by high-velocity missiles. **Clin. Lab. Med.**, **3**(2):273-94, 1983.
39. Swan, K.G.; Swan, R.C. Principles of ballistics applicable to the treatment of gunshot wounds. **Surg. Clin. North Am.**, **71**(2):221-39, 1991.
40. Swan, K.G.; Swan, R.C.; Levine, M.G.; Rocko, J.M. The U.S. M-16 rifle *versus* the russian AK-47 rifle. A comparison of terminal ballistics. **Am. Surg.**, **49**(9):472-6, 1983.

41. Tian-Shun, F.; Yuyuan, M.; Rong-Xiang, F.; Ming, L. The wounding characteristics of spherical steel fragments in live tissues. **J. Trauma**, **28**(1):S37-40, 1988.
42. Tian, H.M.; Huang, M.J.; Liu, Y.Q.; Wang, Z.G. Primary bacterial contamination of wound track. **Acta Chir. Scand.**, **508**(Suppl.):265-9, 1982.
43. Tikka, S.; Cederberg, A.; Levänen, J.; Lötjönen, V.; Rokkanen, P. Local effects of three standard assault rifle projectiles in live tissue. **Acta Chir. Scand.**, **508**(Suppl.):61-77, 1982.
44. Tikka, S.; Lotjönen, V.; Cederberg, A.; Rokkanen, P. The behaviour of three standard small calibre projectiles in soap block. **Acta Chir.Scand.**, **508**(Suppl.):89-99, 1982.
45. Wang, Z.G.; Feng, J.X.; Liu, Y.Q. Pathomorphological observations of gunshot wounds. **Acta Chir.Scand.**, **508**(Suppl.):185-95, 1982.
46. Wang, Z.G.; Qian, C.W.; Zhan, D.C. et al. Pathological changes of gunshot wounds at various intervals after wounding. **Acta Chir. Scand.**, **508**(Suppl.):197-210, 1982.
47. Wilber, C.G. **Ballistic science for the law enforcement officer**. Springfield, Illinois, Thomas, 1977. p.127 apud Fackler, M.L. em 7.
48. Zhang, D.; Qian, C.; Liu, Y. et al. Morphopathologic observations on high-velocity steel bullet wounds at various intervals after wounding. **J. Trauma**, **28**(1):S98-104, 1988.