

Balistique lésionnelle des munitions de guerre et de police

Wound Ballistic of War and Police Ammunitions

Service médical du RAID (Recherche, Assistance, Intervention, Dissuasion)*, Force d'Intervention de la Police Nationale

Reçu le 16 mars 2016 ; accepté le 24 juin 2016
© SFMU et Lavoisier SAS 2016

Résumé La connaissance des caractéristiques d'une munition permet d'appréhender son comportement lorsqu'elle atteint sa cible (la victime), et de fait, les lésions qu'elle est susceptible d'induire. À ce titre, comprendre les grands principes de balistique terminale peut aider la prise en charge thérapeutique. Ces connaissances permettent également aux soignants de définir les caractéristiques, et donc le choix des lieux de repli et de soin sécuritaires pour eux comme pour les victimes (point de rassemblement des victimes). Le présent document décrit les éléments caractéristiques des projectiles (calibre, forme, vitesse, nature, énergie) et leurs effets sur le processus vulnérant. Il décrit les principes de balistique terminale que sont l'évolution du comportement projectil, le profil lésionnel, et introduit les notions de champignonage, fragmentation et déstabilisation. Après avoir décrit les conséquences cliniques sur les différents tissus, il détaille le comportement des principales munitions qu'un soignant est susceptible de rencontrer, qu'il s'agisse de munitions d'armes de guerre ou d'armes de poing.

Mots clés Balistique lésionnelle · Profil lésionnel · Plaie par balle · Traumatisme pénétrant

Abstract Understanding ammunition characteristics helps better predicting their profile within the target. Accordingly, it may help grasping the subsequent injuries and may help paving the way for therapeutic. Having in mind the wounding capabilities of war ammunition may also help the caregivers to better identify appropriate hidden nests where to protect oneself and the wounded patients. This document

provides the reader with a detailed description of the ammunition mechanical characteristics (caliber, shape, velocity, structure, energy) and their consequences on the wounding process. It also describes bullet course within the target, wounding profile and provides details regarding muzzle distortion and fragmentation. This article describes the type of tissue damages. Eventually, it reports the main characteristics of the most used civilian and military ammunition.

Keywords Wound profile · Gunshot wound · Penetrating trauma · Tactical medicine · Prehospital damage control

Introduction

L'objectif de l'engagement militaire est de neutraliser l'adversaire en blessant ou tuant le plus grand nombre. Pour ce faire, les militaires utilisent des projectiles à très haute énergie. Outre une capacité à générer d'importants dégâts, ces projectiles disposent d'un pouvoir de surpénétration significatif, caractérisé par leur aptitude à rester vulnérants après avoir traversé leur première cible. A contrario, l'objectif de l'engagement des forces de police est d'assurer une incapacitation immédiate, tout en minimisant le risque de sur-pénétration. Ceci rend le choix d'une munition militaire impossible pour un usage policier.

Le présent document porte à la connaissance des médecins, pouvant être amenés à prendre en charge des victimes d'un traumatisme par arme à feu, les principaux déterminants mécaniques de ces projectiles, ainsi que leur comportement dans la cible (le blessé). L'étude de ce comportement dans la cible porte le nom de balistique terminale. Elle s'oppose aux balistiques interne (comportement dans l'arme) et intermédiaire (comportement aérien), lesquelles ne seront pas traitées dans le présent document. Cette connaissance balistique a pour objectif de permettre aux médecins de comprendre la physiopathologie des lésions observées, préalable indispensable à leur prise en charge

Service médical du RAID (Recherche, Assistance, Intervention, Dissuasion)*, Force d'Intervention de la Police Nationale (✉)
Domaine du Bel Air, route de Gisy, F-91570 Bièvres, France
e-mail : medecins-raid@interieur.gouv.fr

* En raison des règles de protection des personnels du RAID, les auteurs sont anonymes et représentés par leur service d'appartenance.

thérapeutique [1]. Elle les aidera également à choisir des lieux de repli et de soin sécuritaires pour eux comme pour les victimes (point de rassemblement des victimes). Bien que ce document ne traite pas de la prise en charge de ces victimes, il convient de garder à l'esprit qu'on « soigne un blessé et non une arme ».

Définitions et principes physiques

Si une munition peut être définie par son calibre, sa masse et sa vitesse, son effet dans la cible résulte directement de sa forme, de sa nature et de sa cohésion, et l'on peut associer un type de comportement lésionnel à chaque type de projectile.

Calibre

Le calibre fait référence au diamètre interne du canon. Sa définition peut être métrique : 7,62 mm, ou anglosaxonne, exprimée en centièmes ou millièmes de pouces : calibre .45 (ou 11,43 métrique). Une référence à la charge en poudre peut compléter la définition : .357 Magnum, ainsi qu'une référence à la longueur de l'étui (douille) : 7,62 x 39 mm. Le calibre des projectiles de fusil d'assaut (FA) diminue depuis le début du vingtième siècle. Le standard des deux blocs fut longtemps au 7,62 mm, mais il est actuellement au 5,56 mm OTAN, et au 5,45 mm pour les munitions de l'ex-bloc soviétique. Schématiquement, le projectile le plus vulnérant n'est pas le plus rapide, pas le plus énergétique, mais le plus lourd et le plus long dans son calibre (faible idéalement) de manière à être le plus instable à l'impact. À vitesse égale et à forme identique, plus un projectile est lourd, plus sa pénétration augmente. À pénétration égale, l'effet de broiement des tissus augmente avec le volume du projectile, de même que le degré d'incapacitation. La tendance est à un allègement du projectile, diminuant l'intensité du recul transmis à l'arme, responsable d'un dépointage nuisible à la qualité du tir.

Forme du projectile

Le centre de gravité du projectile, situé en arrière du point d'application des forces de freinage, est responsable du phénomène cinétique de bascule que connaît toute munition non sphérique au moment de l'impact. Ce phénomène freine le projectile précocement et le fait progresser dans la cible non plus dans son axe initial, mais sur la tranche ou sur sa longueur augmentant la zone de destruction tissulaire. Ainsi, allonger le projectile augmente son instabilité, et donc son potentiel vulnérant.

Vélocité

La vitesse du projectile joue un rôle important dans les lésions infligées. En pratique civile, la vitesse du projectile au moment de l'impact correspond quasiment à la vitesse de référence du projectile. On parle de faible vélocité pour les vitesses inférieures à 335 m/sec, subsonique, habituellement rencontrées avec les armes de poing. On parle de haute vélocité pour des vitesses supérieures à 700 ou 750 m/sec. Ces projectiles sont tirés par des armes longues dont la longueur de rainurage du canon autorise plus de vitesse et de stabilité. Le caractère vulnérant des projectiles à haute vélocité ne relève que partiellement de leur vitesse.

Nature du projectile

La nature du projectile constitue l'un des déterminants des lésions observées. Les projectiles en plomb nu (calibre .22 Long Rifle ou 9 mm) sont tirés par une arme de poing ou une arme longue. Ces projectiles ne peuvent admettre de vitesse élevée et champignonnent à l'impact en parties molles. Le chemisage du projectile par un métal non déformable (conduisant à la formation d'un projectile chemisé ou blindé) permet d'augmenter sa vélocité et d'éviter la déformation et donc le champignonnage et la fragmentation du projectile au moment de l'impact (voir ci-après). Ce type de projectile est habituellement tiré par les fusils d'assaut (FA) de type M16 ou FAMAS français (5,56 mm), Kalachnikov AK-47 (7,62 mm) et AK-74 (5,45 mm). Ce chemisage peut être incomplet et l'on parle alors de projectile semi-chemisé ou semi-blindé. L'enveloppe métallique ne recouvre que la partie arrière du projectile et l'extrémité en plomb nu se dilate, champignonne ou fragmente lors de l'impact. À masse et vitesse égales, ces projectiles sont plus vulnérants qu'un projectile militaire totalement blindé. Ces projectiles sont utilisés par les forces de l'ordre en arme de poing (9 mm *Hollow Point*) ou en arme longue (7,62 *Soft Point*) pour le tir de haute précision. Lorsque le chemisage est complet, on parle de projectile *full metal jacketed* (FMJ).

Énergie du projectile

Lors de l'impact, le projectile transfère son énergie cinétique à la cible. Cette énergie est égale au produit de la masse (kg) et du carré de la vitesse ($m \cdot s^{-1}$) du projectile à l'impact : $E_c = 1/2 m \cdot v^2$, exprimé en $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$ ou Joules. Doubler la masse de la munition double son énergie cinétique, doubler sa vitesse la « quadruple » (Tableau 1). Notons que vouloir augmenter le pouvoir vulnérant d'une munition en augmentant sa vélocité se solde souvent en pratique par une augmentation du recul. Notons également que l'énergie que libère une munition reste un concept abstrait. L'énergie réellement

Tableau 1 Masse, vitesse et énergie transmise à la cible selon le calibre du projectile.			
Munition	Masse (g)	Vitesse (m.s⁻¹)	Énergie (J)
9 mm	8	300	360
5,56 mm	4	900	1620
7,62 mm	9,65	850	3500

délivrée à la cible reste inconnue et ne peut rendre compte de son caractère vulnérant.

Balistique terminale

Profil lésionnel

Les lésions créées par le projectile procèdent de son comportement dans la cible, encore appelé balistique terminale. L'étude de cette balistique terminale a été rendue possible par la réalisation de tirs « scientifiques », dont les travaux ont été initiés par Fackler et al. [2]. Ce dernier a cherché à visualiser le comportement du projectile à l'impact : sa déformation, sa bascule, sa fragmentation au moyen de tirs dans des blocs de gélatine aux propriétés physiques et dynamiques proches du tissu musculaire, contenant 10 % de poudre d'os, 90 % d'eau à 4°C [3]. Ce modèle est le plus valide pour figurer le comportement projectiltaire dans les parties molles : muscle, poumon, intestin vide. La gélatine se dilacère de manière stellaire (rayonnement en étoile) au passage du projectile, y laissant un profil caractéristique comportant schématiquement trois parties.

Le neck proximal, ou collet, définit le trajet proximal, qui peut être quasi absent en cas de projectile explosif ou préalablement déstabilisé. S'ensuit une cavité permanente ou d'attrition, correspondant à une zone de destruction tissulaire définitive et permanente (aussi appelée zone de *crushing*), où le projectile révèle un comportement caractéristique : expansion, bascule ou fragmentation, parfois associés. Le changement de comportement projectiltaire s'accompagne d'un phénomène de dilatation prenant la forme d'une onde pulsatile brutale mais extrêmement courte qui refoule et étire la périphérie immédiate de la cavité permanente, donnant naissance à la cavité temporaire ou zone de *stretching*. Cette onde de pression, dont le diamètre peut atteindre jusqu'à trente fois celui du projectile, se déplace jusqu'à épuisement énergétique. Du fait de l'élasticité des tissus, il n'y a pas de preuve autopsique patente de l'incidence de la cavitation temporaire à distance de la cavité permanente, mais l'étude anatomopathologique retrouve lors de prélèvements étagés à distance une proportion décroissante de fractionnement des fibres musculaires et d'extravasation d'hématies. La cavitation instantanée au passage du projectile, spectaculaire en

cinéma à haute fréquence, est bien supérieure à la cavité temporaire dans la gélatine, comparable à celle subie par le tissu musculaire. Notons que le neck initial associe également une cavitation temporaire, mais peu significative. Les projectiles à très haute énergie peuvent réaliser un neck distal.

Si le projectile ressort, il réalise un orifice de sortie dont la taille varie de manière prévisible avec la profondeur de pénétration et le niveau de cavitation. Avec un projectile supersonique, l'orifice de sortie est constamment plus grand que celui d'entrée. La persistance de l'effet de cavitation, l'éirement des tissus au passage d'un projectile très énergétique, peuvent réaliser un orifice de sortie très volumineux, déchiqueté, stellaire. Si l'on peut supposer que les organes atteints se situent entre des orifices d'entrée et de sortie alignés, la clinique doit primer et l'on ne saurait rien conclure sur l'aspect d'un orifice de sortie et préjuger de la trajectoire d'un projectile à haute vitesse.

Le corps humain est une structure hétérogène, juxtaposant des tissus aux tolérances biomécaniques différentes, majoritairement constitué de tissus élastiques mais contenant un tissu très inélastique, l'os. Ceci explique que le phénomène de cavitation puisse induire, à refoulement temporaire égal, des lésions très variables [4].

Changement du comportement projectiltaire

Le pouvoir vulnérant d'un projectile est lié à son comportement dans la cible. Les différentes modalités de ce comportement sont la bascule, le champignonnage et la fragmentation.

Bascule

Un centre de gravité sur l'arrière couplé à l'effondrement de la vitesse de rotation lors de l'impact sont responsables du phénomène de bascule que connaît tout projectile. L'allongement d'un projectile de type AK-47 augmente son instabilité. Le basculement (tournoiement) du projectile majore la freination, cela dissipe une énergie maximale majorant la cavitation. Celle-ci est maximale quand le projectile progresse sur son profil strict.

Champignonnage

Un projectile non blindé s'écrase à l'impact, augmentant son diamètre apparent et la section de la cavité permanente. Il n'existe pas de neck, la cavité temporaire se crée dès l'impact et est proportionnelle à l'effet de champignonnage (Fig. 1). Cet effet peut se réaliser avant la cible par tout obstacle interposé. La police française est dotée d'une arme de poing tirant la munition COP (pour Cartouche Opérationnelle de Police) 9 x 19 mm, semi-chemisée à pointe creuse (évidée dans son grand axe) dite *hollow point* (HP).



Fig. 1 Champiognage d'un projectile COP

À l'impact, elle champiognonne (Fig. 1) et se dilate de manière parfaitement symétrique en parties molles (Fig. 2A). Utilisée pour « arrêter » et non pour tuer, c'est la munition idéale « pénétrant le dur et s'arrêtant dans le mou ». Son pouvoir de pénétration est affaibli dans le cas d'une cible intermédiaire engendrant la fragmentation du chemisage et la déviation du projectile. En pratique civile, le projectile a un trajet très court : la distance d'engagement avec une arme de poing est dans la quasi-totalité des cas inférieure à sept mètres, et 80 % à moins de deux mètres lors d'un usage délictueux ou policier de l'arme à feu. Éthiquement, le tir de police ne peut s'effectuer au niveau céphalique, le but étant la neutralisation de l'adversaire et non son décès immédiat, et le projectile idéal doit permettre l'incapacitation par un tir unique au niveau de l'aire cardiaque.

Fragmentation

Tous les projectiles militaires modernes sont frangibles (fragmentables) à des degrés divers. Des modifications structurelles aboutissent à créer sur le cheminement du projectile autant de projectiles secondaires que de fragments, avec pour chacun son propre tunnel d'attrition (cavité permanente) et une majoration du volume de la cavité temporaire. La fragmentation maximalise la dissipation énergétique. Chaque projectile secondaire évolue pour son propre compte dans la cible, ajoutant à la cavité permanente un effet de dilacération par les fragments, aussi appelé *cutting*. La sommation des projectiles secondaires crée un polycrissage interne et fait de la fragmentation le mécanisme le plus vulnérant.

Déstabilisation par un obstacle intermédiaire

La déstabilisation du projectile par un obstacle intermédiaire (vitrage, élément de carrosserie, protection balistique) modifie le profil lésionnel. L'interposition de la main lors d'un tir facial ou d'un bras lors d'un tir thoracique (parades et réentrées) constituent dès l'impact des projectiles secondaires responsables de tunnels d'attrition. La déstabilisation d'un projectile blindé à haute vitesse au contact d'un obstacle peut le fractionner en autant de projectiles secondaires, dotés de trajectoires aléatoires. Le neck ne se réalise alors pas. Le projectile bascule et/ou fragmente de façon beaucoup plus précoce. Les fragments du chemisage et de la structure traversée constituent dès l'impact des projectiles secondaires responsables de tunnels d'attrition. Si l'obstacle est au contact immédiat de la cible, les lésions sont d'emblée majorées. Si la cible est légèrement distante de l'obstacle (vitrage), le projectile est déstabilisé, dévié, volontiers fragmenté, et des projectiles secondaires nés de l'obstacle, s'associent pour réaliser un cône de polycrissage au profil totalement imprévisible.

Ainsi, la transfixion d'un gilet pare-balles aggrave très fréquemment les lésions [5]. Le projectile réalise une bascule immédiate, franchit le plan cutané accompagné de fragments du gilet, voire de débris projectilaires, et réalise très précocement une large cavitation. Pour un projectile frangible, du type 5,56 mm OTAN, la désintégration se réalise très précocement. Quinze à 20 % des policiers morts en service aux États-Unis ont été tués par des projectiles ayant traversé leur gilet, tirés par des fusils d'assaut, dont pour la moitié des AK-47. Tout gilet non muni d'une plaque de blindage est traversé par un projectile de fusil d'assaut. Si le gilet arrête le projectile, le transfert d'énergie réalise au point d'impact du projectile un cône dynamique d'enfoncement, bref et impulsif (effet arrière) à l'aplomb duquel on retrouve un large infiltrat ecchymotique et possiblement des fractures de côtes, une contusion pulmonaire ou cardiaque avec risque de *commotio cordis* [6].

Conséquences cliniques

Impact en parties molles

Les tissus élastiques (muscles, parenchyme pulmonaire, anse intestinale vide) ont une forte tolérance à l'expansion. Leur cavité temporaire est en générale peu importante. Ils ne présentent souvent, en dehors de la lésion d'un pédicule vasculaire, que peu de dégâts au-delà des limites de la cavité permanente. Les organes denses et peu élastiques ont eux une faible tolérance à l'expansion. Un trajet projectilaire est toujours vulnérant, proportionnellement au volume de la cavitation temporaire. La capsule hépatique présente

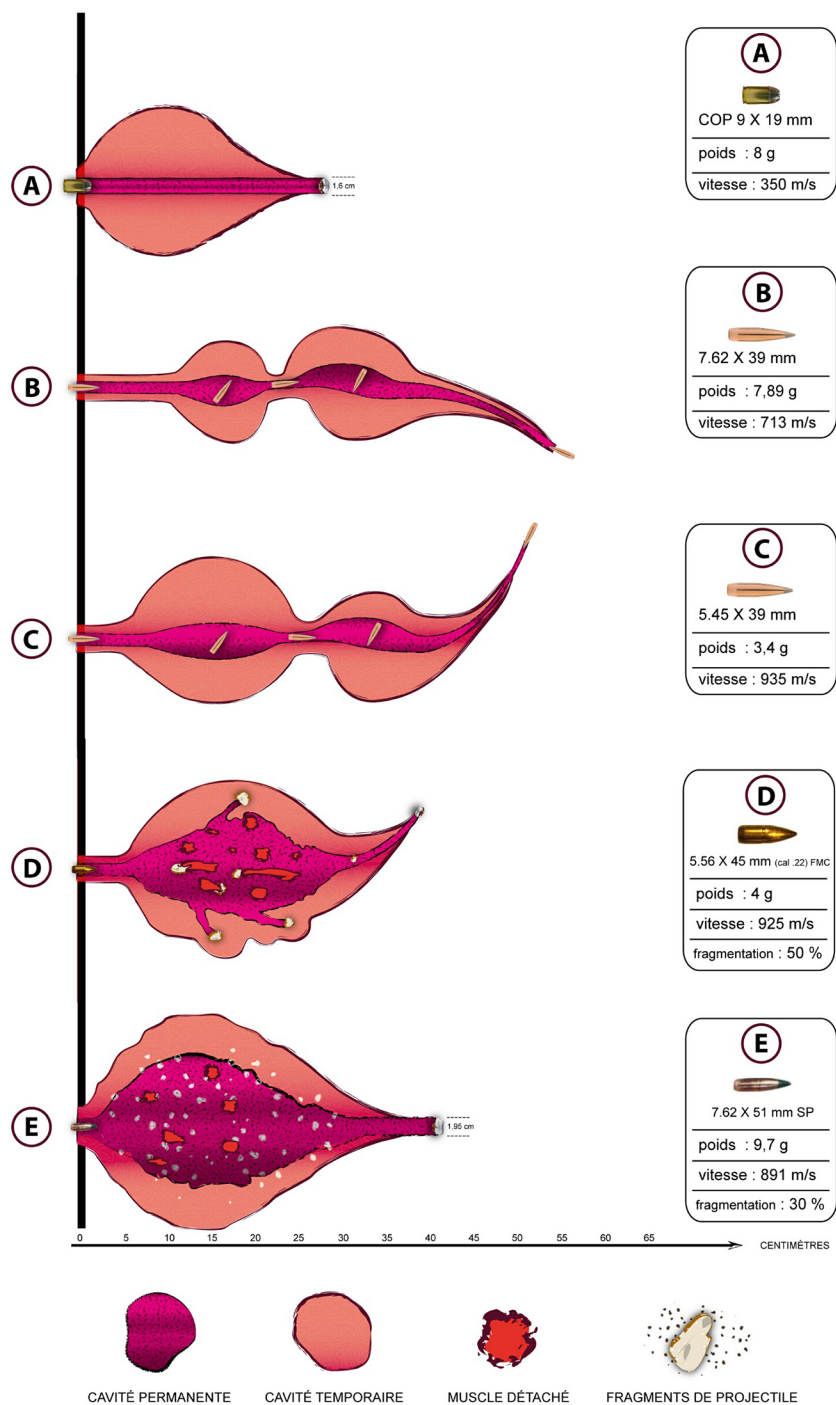


Fig. 2 Simulation de l'effraction tissulaire provoquée par différents projectiles, adaptée des profils lésionnels de Fackler [2] (avec l'autorisation de Wolters Kluwers). **A** : profil d'une cartouche opérationnelle de police (COP) 9 mm, la cavité permanente définit la zone d'attrition définitive des tissus. La cavité temporaire définit la zone d'étirement tissulaire au passage du projectile ; **B** : profil des munitions 7,62 x 39 mm du fusil d'assaut AK-47, les bascules successives du projectile réalisent deux foyers de cavitation et un neck final curviligne ; **C** : profil d'une munition de 5,45 x 39 mm du fusil d'assaut AK-74, le profil bilobé se différencie de celui de la munition de l'AK-47 par une volumineuse première cavité temporaire et un neck final très curviligne ; **D** : profil d'une munition 5,56 x 45 mm du fusil d'assaut M16, bascule précoce et fragmentation partielle agissent en synergie pour créer une volumineuse cavité permanente. **E** : profil d'une munition 7,62 x 51 mm SP, champignonnage et fragmentation immédiats à l'impact, liés à l'extrémité en plomb de la munition, conduisent à une absence de neck et à une volumineuse et précoce cavité permanente

habituellement un orifice d'allure stellaire surplombant un broyat parenchymateux. Les organes creux et vides (vessie, estomac, utérus non gravide) sont réputés élastiques et tolérants. Ils seront généralement transfixiés par le projectile. En état de réplétion, la cavitation temporaire est très mal tolérée et l'organe peut littéralement exploser au passage du projectile.

Impact osseux

Le transfert énergétique est maximal avec le tissu osseux inélastique. Il réalise rarement une fracture simple, plus fréquemment un foyer fracturaire riche en esquilles, ou un fracas osseux comminutif, voire explosif lors d'impact avec un projectile à haute vitesse. L'importance du fracas [7] est proportionnelle à l'onde de compression : broyat articulaire, nuage de poussière d'os réalisés par les projectiles d'AK-47. Exceptionnellement, la cavitation temporaire peut entraîner une fracture nette et transversale par le refoulement brutal des masses tissulaires, comme réalisée expérimentalement sur un fémur de porc, jusqu'à 5 cm du trajet projectiltaire [8]. Le mécanisme d'une contusion médullaire résultant d'un tir extrarachidien est discuté : Jourdan et al. [9] utilisent le terme de concussion spinale pour conclure à une onde de compression déplaçant brutalement les parties molles à proximité immédiate du rachis.

Lésions de membre

Les lésions de membre résultent du cheminement projectiltaire, de sa fragmentation et de l'emport de projectiles secondaires (esquilles osseuses, matériel exogène). Au contact osseux, un projectile à haute vitesse provoque un

fracas balistique (nuage de poussière d'os caractéristique de l'AK 47) voire une quasi-amputation (Fig. 3). L'atteinte d'un fût osseux, fémoral ou huméral, associe fréquemment des lésions vasculaires : artère humérale et fémorale superficielle, et nerveuses. En dehors des conséquences des atteintes osseuses, les vaisseaux sont relativement résistants à un traumatisme balistique, mais la cavitation temporaire peut réaliser une lésion vasculaire de type contusif, essentiellement lors d'une fragmentation et d'un polycrillage. Un vaisseau est préférentiellement lésé à son origine (pédicule). Sauf lésion directe ou proximité immédiate du neck, un nerf est peu fragile. Les projectiles à haute vitesse réalisent couramment des sétons (entrée-réentrée) lors de leurs trajets en parties molles.

Impact tangentiel

L'absence de pénétration du projectile n'exclut pas un pouvoir vulnérant lors d'un tir incident sur un gilet pare-balles ou un casque lourd. L'impact a un effet contusif sur les tissus sous-jacents à une structure osseuse solide (crâne), pourvue d'une relative élasticité (arc costal), ou tout obstacle répercutant un train d'onde de choc solide. Le phénomène est bien décrit au niveau céphalique (contusion hémisphérique ou du tronc cérébral) ainsi qu'au niveau thoracique (contusion pulmonaire). Au niveau de la voûte crânienne, un projectile non pénétrant induit dans la structure sous-jacente des dégâts parenchymateux comparables, voire supérieurs à des projectiles transfixiants. L'affleurement d'un projectile à haute vitesse provoque un délabrement cutané ou cutanéomusculaire, parfois ostéo-articulaire (doigts, main). En l'absence d'impact osseux, des sétons se réalisent couramment au

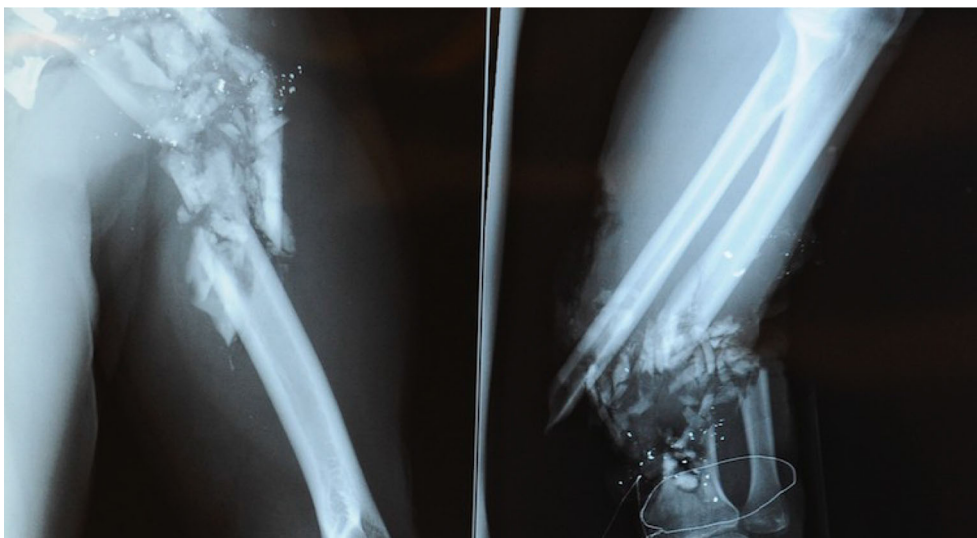


Fig. 3 Fracas osseux (humérus à gauche, avant-bras à droite) réalisé par des projectiles d'AK-47, aspect caractéristique de « poussière d'os »

niveau des membres et des flancs. Un projectile d'AK-47 pénétrera la voûte crânienne avec un angle d'incidence inférieur à 25° [10] (Fig. 4). L'orifice d'entrée peut différer du classique entonnoir endocrânien avec un aspect confondant, en entonnoir inversé, biseauté sur le trajet endocrânien et évoquant un orifice de sortie projectiltaire.

Comportement des munitions

Munition 9 x 19 mm HP type COP

Semi-chemisée à pointe creuse dite *hollow point* (HP), elle champignonne à l'impact et se dilate de manière parfaitement symétrique en parties molles (Fig. 2A). Dès les premiers centimètres, elle double quasiment son diamètre et quadruple la section de la cavité permanente. Ce changement de profil aérodynamique crée à une moindre profondeur de pénétration le même type de cavité temporaire que le phénomène de bascule d'une munition de FA, et se révèle ainsi plus vulnérante.

Munition 7,62 x 39 mm de l'AK-47

Il s'agit de la munition chemisée équipant le fusil d'assaut AK-47 du bloc soviétique, conçu en 1947. L'AK-47 est le

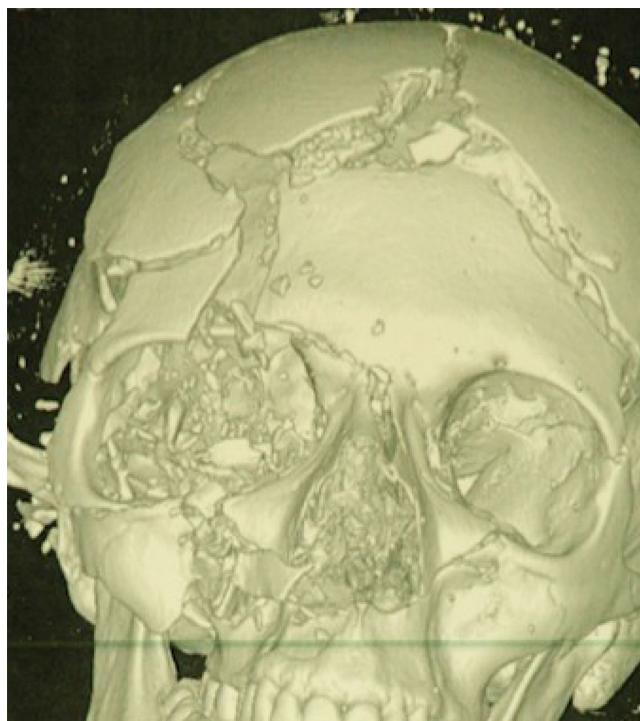


Fig. 4 Conséquence clinique d'un tir céphalique (AK 47). Le trait de fracture réalisé par le trajet projectiltaire s'étend de l'os frontal au conduit auditif droit

fusil d'assaut le plus répandu au monde : plus de cent millions de produits, cinquante millions en circulation et d'usage permanent. Les munitions actuelles proviennent majoritairement de l'ex-Yougoslavie. Le neck est de 9 cm, la bascule s'opère deux fois avec une double cavitation temporaire étendue en un trajet curviligne. L'aspect bilobé de l'effraction tissulaire et la trajectoire finale curviligne sont caractéristiques (Fig. 2B). Cette trajectoire (complète) peut se réaliser lors d'un tir au niveau du tronc, sur une victime accroupie dans sa fuite ou en position de protection. Le projectile ne fragmente qu'au contact d'une masse osseuse conséquente. L'orifice d'entrée est punctiforme et arrondi. L'orifice de sortie peut être punctiforme ou de forme oblongue selon l'orientation instantanée du projectile. En parties molles, si le projectile est à un niveau maximal de bascule et de cavitation temporaire, l'orifice de sortie stellaire surplombe un cône de délabrement tissulaire. Grâce à des phénomènes locaux associant vasoconstriction et caillotage, ce type d'orifice de sortie est généralement peu hémorragique si le trajet projectiltaire n'implique pas de vaisseau conséquent.

Munition 5,45 x 39 mm de l'AK-74

Chemisée, composée d'un projectile d'acier recouvert de cuivre, elle équipe la deuxième génération de fusils d'assaut du bloc soviétique. Le projectile est très long et sa conception volontairement hétérogène (incluant un vide en tête d'ogive) fait que sa bascule s'opère après un neck d'environ 7 cm, provoquant précocement par son tournoiement une volumineuse cavité temporaire. Il occasionne sans fragmentation des plaies très délabrantes. L'aspect bilobé du profil lésionnel (Fig. 2C) est caractérisé par une première cavité plus importante que celle des munitions de l'AK-47 (Fig. 2B). Par ailleurs, sa trajectoire terminale très curviligne est caractéristique de cette munition. Réputée très vulnérante, elle peut ne réaliser qu'un trajet en coup de fleuret au niveau d'une extrémité.

Munition 5,56 x 45 mm type M193

Chemisée et de très petit calibre (5,56 soit .22), elle est le standard du M16, fusil d'assaut utilisé par l'armée américaine. La Figure 2D illustre son profil lésionnel caractéristique. Après un neck moyen d'environ 12 cm en parties molles, le projectile bascule à 90°, se scinde en une pièce triangulaire (60 % de la masse) et de nombreux fragments qui se distribuent de façon radiale autour du cheminement initial. Les seules lésions caractéristiques d'un type de munition sont celles résultant de la fragmentation de ce projectile pour lequel fut évoquée l'idée d'une onde de choc « explosive ». Son instabilité est constante. Bascule et fragmentation partielle agissent en synergie. La fragmentation partielle est responsable d'une très volumineuse cavité permanente, à

laquelle s'ajoutent les dilacérations tissulaires (stretching, *cutting*) que causent les nombreux fragments diffusant au sein d'une vaste cavitation temporaire.

Munition 5,56 x 45 type M855 (États-Unis) ou SS109 (OTAN)

Cette munition a les mêmes spécifications et sensiblement un même profil lésionnel que la munition M193 dont elle est l'évolution. Chemisée, mais de structure hétérogène avec un noyau double acier et plomb, elle équipe le FAMAS (Fusil d'Assaut de la Manufacture d'Armes de Saint-Étienne) et les évolutions du M16. Plus perforante dans l'acier, plus lourde, plus stable, elle est très vulnérante par l'abandon précoce de son énergie cinétique dans la cible. Elle est toutefois réputée pour un moindre pouvoir lésionnel. Après un neck inférieur à 10 cm, elle fragmente pour moitié et crée une volumineuse cavité permanente incluant les débris musculaires engendrés par sa fragmentation.

Munition 7,62 x 51 mm SP

Il s'agit d'un projectile semi-blindé ou soft point (SP) dont le noyau de plomb apparaît au niveau du nez, dépassant partiellement du chemisage. Il équipe les tireurs d'élite des groupes d'intervention de police. Ce projectile provoque à l'impact une expansion d'allure explosive, doublant son diamètre, réalisant immédiatement (neck de 3 cm) une fragmentation d'environ 30 % se distribuant de façon radiale autour du cheminement initial, arrachant des éléments tissulaires. Fragmentation et cavitation agissent ici de manière synergique, aboutissant à la formation d'une très volumineuse cavité permanente (Fig. 2E), Le tunnel de sortie est plus large que celui de la munition 5,56 (Fig. 2D).

Conclusion

Le caractère vulnérant d'un projectile tient essentiellement à l'écrasement tissulaire qu'il provoque dans la cible : la cavité permanente, liée à la dissipation de l'énergie cinétique du projectile lors de son déplacement dans les tissus. Accessoirement, la cavitation temporaire induit un refoulement tissulaire, d'intensité très variable selon le projectile et le tissu rencontré. Tout projectile est conçu pour un usage précis ; tous obéissent aux lois de la biomécanique, mais l'interaction avec un obstacle situé avant ou à l'intérieur de la cible (os), annule ces lois [11], déstabilise le projectile et modifie constamment le comportement projectiltaire.

Tout projectile d'arme de guerre ou de police a un potentiel vulnérant majeur : champignonnage, bascule, trajectoire curviligne, fragmentation, polycrillage interne. Il n'est pas réaliste depuis les attentats de l'année 2015 d'opposer traumatismes balistiques militaires et civils. Les victimes civiles d'armes de guerre doivent bénéficier d'une prise en charge proche du sauvetage au combat et du *Tactical Combat Casualty Care*. Ces méthodes ont été développées par les militaires et sont appliquées par les médecins des groupes d'intervention [12] dans la gestion des hémorragies périphériques et des lésions thoraciques. La réduction des délais d'évacuation et la prise en charge chirurgicale rapide de tout traumatisme pénétrant assurent secondairement la survie de ces victimes.

Liens d'intérêts : Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

1. Lenworth MJ, Karyl J, McSwain N, Carver W (2015) Initial management of mass-casualty incidents due to firearms: Improving survival. *Bull Am Coll Surg* 100:29–31
2. Fackler ML, Bellamy RF, Malinowski JA (1988) The wound profile: illustration of the missile-tissue interaction. *J Trauma* 28 (Suppl):21–9
3. Fackler ML (1989) Wounding patterns of military rifle bullets. *Int Defense Rev* 1:1989
4. Fackler ML (1985) Wound ballistics. *Ann Emerg Med* 14:936–7
5. Breteau JP, Fackler ML, Sendowski IC, et al (1989) Combatant protection vest effect on projectile behavior wounding outcomes. *Trav Sci Cherc Serv Sante Armees* 10:173–4
6. Maron BJ, Estes Na 3rd (2010) Commotio cordis. *N Engl J Med* 362:917–27
7. Rose SC, Fujisaki CK, Moore EE (1988) Incomplete fractures associated with penetrating trauma: etiology, appearance and natural history. *J Trauma* 28:106–9
8. Breteau JP, Courbil LJ, Direction des Recherches et Études Techniques de l'Armée (1988) Étude expérimentale des blessures provoquées par les projectiles de fusils d'assaut modernes. Rapport de synthèse n° 83-1051 et 84-1057
9. Jourdan P, Breteau J, Volff P, Direction des Recherches et Études Techniques de l'Armée (1991) Atteintes médullaires après passage projectiltaire extrarachidien. Rapport de synthèse n° 1035/87
10. Stone J, Licorne T, Fitzgerald L, et al (1996) Civilian cases of tangential gunshot wounds to the head. *J Trauma* 40:57–60
11. Fackler ML (1996) Gunshot wound review. *Ann Emerg Med* 28:194–203
12. Service Médical du RAID (2016) Retour d'expérience des attentats du 13 novembre 2015. Gestion de l'attaque terroriste du Bataclan par les médecins d'intervention de la Police Nationale. *Ann Fr Med Urgence* 6:3–8