

Les traumatismes balistiques

B Rouvier¹, B Lenoir¹, S Rigal²

¹ Service d'anesthésie-réanimation, ² service d'orthopédie et traumatologie, hôpital d'instruction des armées Percy, 101, avenue Henri-Barbusse, 92141 Clamart cedex

SFAR 1997

POINTS ESSENTIELS

- Les traumatismes balistiques sont autant une pathologie du temps de guerre que du temps de paix.
- La diversité des armes et munitions disponibles est considérable. Toute tentative de classification est une gageure.
- Les traumatismes par explosion prédominent en temps de guerre. En pratique civile, les armes le plus souvent incriminées sont les armes de chasse, le fusil à pompe et le 22 long rifle.
- Aucune théorie physique ne permet de prévoir avec certitude le comportement d'un projectile dans le corps humain.
- Plus que l'arme, c'est l'organe blessé qui fait la gravité du traumatisme balistique.
- En temps de guerre l'exploration systématique des plaies pénétrantes est la règle. Le traitement initial à l'avant est limité aux gestes d'urgences. La prise en charge définitive s'effectue dans les structures de l'arrière.
- En pratique civile, la disponibilité des moyens d'exploration complémentaire permet d'établir de véritables stratégies diagnostiques et d'avoir devant certaines lésions une attitude non chirurgicale.
- S'il existe un consensus sur la réanimation peropératoire du blessé hémorragique, la stratégie préopératoire n'est pas univoque.
- Les lésions des membres sont les plus nombreuses en temps de guerre. Les fracas complexes posent de difficiles problèmes de prise en charge.
- Si l'hémorragie est la première cause du décès précoce, l'infection en est la deuxième dès la vingt-quatrième heure. La prévention de cette infection est capitale.

Les traumatismes balistiques sont la conséquence de la pénétration dans l'organisme d'un projectile : balle, plomb, fragment métallique provenant de l'enveloppe ou du contenu d'un engin explosif (grenade, mine, obus, bombe, etc).

Ils ne sont plus l'apanage des guerres. En effet aujourd'hui aux États-Unis par exemple, « modèle » de la violence civile urbaine, on dénombre 230 millions d'armes à feu en

circulation, 24 000 tués et 300 000 blessés par an, soit l'équivalent des pertes des forces américaines durant le conflit du Vietnam [1]. Ce sont les adolescents et les jeunes adultes des couches sociales les plus défavorisées qui en paient le plus lourd tribut [2]. Ces traumatismes sont responsables d'une charge financière considérable pour la société, qui se chiffre en milliards de dollars [3].

LES ARMES

Armes d'épaule, de poing et leurs munitions

Armes d'épaule

Les fusils Lebel et Mauser, connus depuis 1914, sont encore utilisés dans les conflits actuels en particulier dans le tiers monde. D'une portée de 400 m, ils tirent des balles de calibre 7,62 mm, pesant 9 à 10 g.

Ils ont été remplacés dans les armées modernes par le fusil mitrailleur ou fusil d'assaut. Le très médiatique kalachnikov ou AK 47 est certainement l'arme la plus répandue dans le monde, on l'estime à 50 millions d'exemplaires ; il tire une balle de 7,62 mm à vitesse supersonique. Les fusils d'assaut les plus récents type famas en France ou M16 aux États-Unis tirent des munitions plus petites, de calibre 5,56 mm, pesant 3 g, à vitesse supersonique ($800 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) ; leur portée est d'environ 300 m. La munition de l'avenir sera encore plus petite, d'un calibre de 4,45 mm et d'un poids de 2 g, ce qui permettra d'en accumuler davantage dans le chargeur. Le pouvoir (pénétrant) vulnérant de ces munitions est très important du fait de leur vitesse et de l'effet de déstabilisation qui les caractérise, ce qui les rend aussi dangereuses que les balles à fragmentation ou à écrasement [1].

En « pratique civile », à l'exception des armes de chasse, les fusils les plus courants sont le fusil à pompe qui tire une cartouche de 18,2 mm et le fusil 22 long rifle qui tire une balle de 5,5 mm. Armes de « monsieur tout le monde » pratiquement en vente libre, ils sont responsables de la majorité des traumatismes balistiques en temps de paix.

Armes de poing

Les pistolets MAC 50 ou MAS 61, dérivés du parabellum de 1904, le 38 spécial ou le 357 Magnum sont les armes de poing des forces de l'ordre en France. Tous tirent des munitions de calibre 9 mm pesant 8 à 10 g, de vitesse initiale subsonique. Ces projectiles sont en plomb, non chemisés et s'écrasent en pénétrant leur cible en réalisant un effet de champignonnage.

Le colt 45, très apprécié par les américains et le milieu du banditisme, tire une munition de calibre 11,43 mm pesant 15 g à vitesse initiale faible ($70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Par ailleurs, de très nombreuses armes de poing de la Seconde Guerre mondiale, Luger P08, P38 allemand, sont toujours en circulation. Elles tirent toutes des balles de 7,65 ou 9 mm.

Munitions

Très nombreuses, leur calibre et leur poids sont très variables. Leur composition peut avoir un effet sur les blessures observées. On distingue les munitions homogènes faites le plus souvent de plomb et qui vont entraîner un effet de champignonnage par écrasement, les munitions

chemisées ou blindées dont le corps est recouvert de métal, ce qui évite leur fragmentation ou leur écrasement, les munitions semi-chemisées dont le nez n'est pas recouvert de métal et dont l'enveloppe va se défaire et se fragmenter dans les tissus. Si les conventions internationales précisent que toutes les munitions militaires doivent être chemisées, afin de minimiser les effets lésionnels, cette règle est en fait souvent ignorée.

Par ailleurs, le pouvoir lésionnel des munitions dépend aussi de leur forme, de leur caractère explosif ou non, de leur capacité à se fragmenter, en particulier.

Ainsi, un très grand nombre d'armes et de munitions sont donc « disponibles sur le marché ». Leur diversité empêche toute classification rigoureuse et toute tentative de présentation exhaustive.

Engins explosifs

Sous ce terme général, est réuni tout un ensemble d'armes allant de la bombe artisanale aux grenades, mines, bombes et obus du champ de bataille.

Très utilisées dans les conflits actuels, ces armes sont responsables de la majorité des lésions pénétrantes observées [\[5\]](#) [\[6\]](#) [\[7\]](#) . Elles sont aussi l'arme préférée du terrorisme.

Les engins explosifs sont caractérisés par la présence d'une enveloppe métallique préfragmentée ou non. Lors de la décomposition de la charge explosive, l'hyperpression ainsi brutalement libérée va rompre l'enveloppe et entraîner la projection de très nombreux éclats sur une distance variable, en fonction de la puissance et de la nature de l'engin. Tout est conçu pour obtenir un effet de projection maximale de petits fragments afin d'augmenter leur pouvoir lésionnel. L'adjonction à l'intérieur de l'enveloppe de l'engin explosif de billes, de grenailles, voire simplement de clous qui seront projetés avec des débris de l'engin lors de l'explosion, augmente encore leur pouvoir vulnérant.

Grenades

Les grenades défensives sont conçues pour avoir un pouvoir vulnérant maximal. Ces grenades sont constituées d'un fil d'acier préfragmenté qui va après explosion, libérer 550 éclats dans un rayon maximal de 20 mètres. Leur « efficacité » est de 80 % à 5 m et de 20 % à 10 m.

Les grenades offensives ont un pouvoir vulnérant plus limité. Lors de leur explosion, les 250 fragments ne sont projetés qu'à 1 ou 2 m.

Mines

Il existe dans le monde plus de 300 modèles de mines.

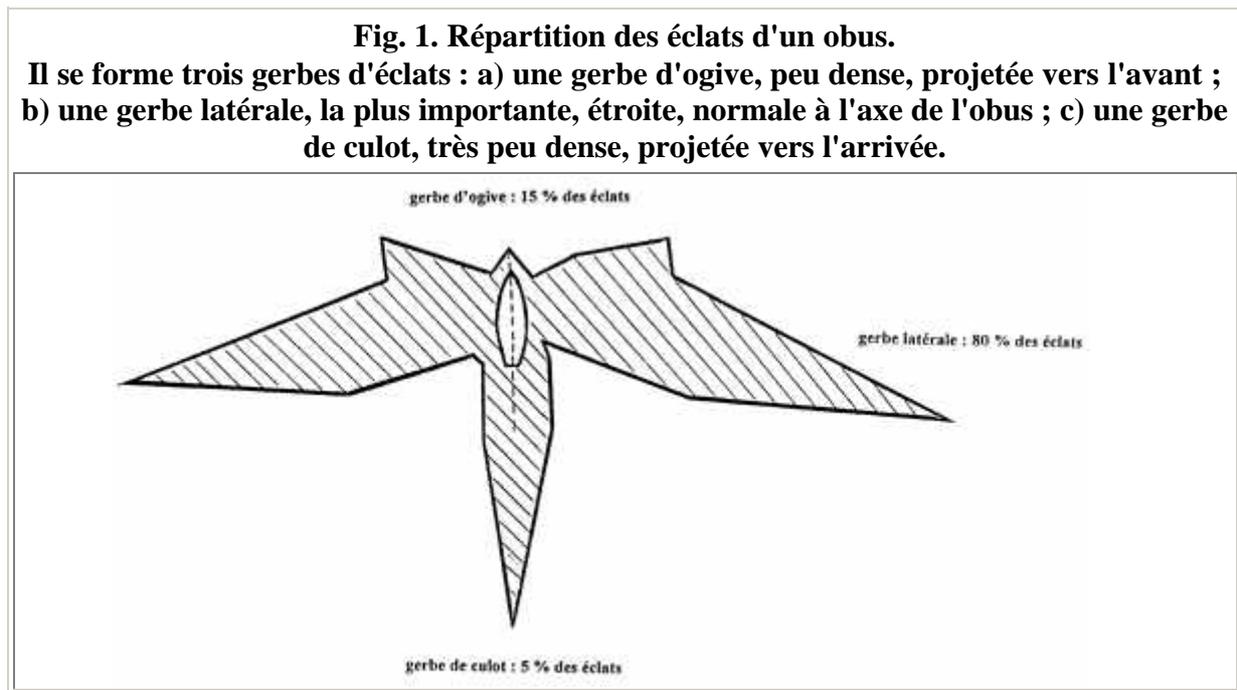
Les mines antipersonnelles en plastique sont des engins indétectables, qui agissent uniquement par effet de souffle et qui sont responsables du classique pied de mine ouvert ou fermé.

Les mines à fragmentation vont projeter après explosion 300 à 500 fragments dans un rayon de 30 m. Près de la moitié de ces fragments sont potentiellement mortels. L'efficacité de ces mines est encore supérieure si la projection des fragments se fait à 1 m 50 de hauteur. C'est

l'effet recherché des mines bondissantes, qui sont d'abord projetées au-dessus du niveau du sol avant d'exploser.

Munitions d'artillerie (canons-mortiers)

Les munitions d'artillerie transportent une charge explosive à distance. À titre d'exemple, un obus de 100 mm, portant une charge explosive de 1 kg va produire 2 370 éclats d'un poids moyen de 2 g à la vitesse initiale de $1\,300\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. La répartition des éclats dépend de la forme de l'obus. La [figure 1](#) donne un exemple de cette répartition pour un obus ogival.



Ces munitions d'artillerie ont été largement utilisées au Rwanda et en ex-Yougoslavie contre la population civile et les forces d'interposition. Elles ont été responsables de nombreux décès par lésions d'amputation et d'arrachement.

Bombes

Les bombes du temps de guerre ont une puissance considérable. Ainsi, une bombe conventionnelle de 250 kg larguée par avion, libère en explosant au sol plus de 16 000 éclats ayant une vitesse initiale de $2\,000\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. À 300 mètres du point d'impact, il persistera encore 400 éclats en mouvement. Les bombes à fragmentation (*Cluster Bomb*) sont constituées de sous-munitions, elles-mêmes explosives. L'explosion du vecteur (bombe-obus) va entraîner un véritable épandage de bombes « filles », dont la taille ne dépasse pas celle d'une balle de golf. N'explosant souvent pas toutes d'emblée, ce type de bombe réalise une véritable « pollution » potentiellement explosive. Les populations civiles et particulièrement les enfants leur paient un lourd tribut.

Les bombes artisanales, tristement d'actualité utilisent souvent un explosif conventionnel comme la poudre noire placée dans un contenant de type bouteille de gaz ou cocotte minute. Le pouvoir lésionnel de ces engins souvent de faible puissance, est renforcé par l'adjonction de clous ou de grenailles qui constitueront autant de projectiles secondaires.

Devenus l'arme essentielle des champs de bataille, les engins explosifs actuels, du fait d'une capacité de polycrillage constamment améliorée, ont un fort pouvoir vulnérant jusqu'à 50 mètres du site de l'explosion, comparable à celui des projectiles tirés par les armes légères.

PHYSIOPATHOLOGIE DES TRAUMATISMES BALISTIQUES

La physiopathologie des traumatismes balistiques repose sur le comportement du projectile dans l'organisme, comportement dépendant de facteurs balistiques et anatomiques [\[1\]](#) [\[8\]](#) [\[9\]](#) [\[10\]](#).

Facteurs balistiques

Un traumatisme balistique correspond à un transfert d'énergie entre un projectile en mouvement et l'organisme. Ce transfert est fonction de l'énergie initiale du projectile, proportionnelle à la moitié de sa masse et au carré de sa vitesse ($E = 1/2 mV^2$). Les projectiles à haute vitesse, c'est-à-dire supersonique, ont donc théoriquement le pouvoir vulnérant le plus important. La vitesse du projectile décroît avec la distance du fait de la résistance de l'air à sa progression. Cette donnée joue un rôle lors d'une explosion car les fragments projetés sont irréguliers et leur vitesse initiale décroît rapidement. Dans les traumatismes par arme à feu, cet élément est moins important du fait de l'aérodynamisme des balles et des faibles distances de tir le plus souvent constatées. Indépendamment de la vitesse du projectile, le transfert d'énergie va dépendre de la nature du projectile (balle, éclats, plombs), de sa composition (capacité à s'écraser, à se fragmenter), de sa stabilité (effet de bascule, de rotation). Tous ces éléments en augmentant la surface de transfert d'énergie du projectile à l'organisme vont aggraver les lésions observées.

Facteurs anatomiques

Plusieurs facteurs tissulaires jouent un rôle important dans la morphologie des blessures observées, surtout la densité et l'élasticité des tissus concernés par le traumatisme. Plus la densité des tissus sera élevée et leur élasticité faible, plus le transfert d'énergie sera important. Ainsi, les structures osseuses, les plus denses de l'organisme seront celles à haut transfert d'énergie avec pour conséquence la possibilité de fracas complexes.

Les organes à haute teneur en eau, denses et peu élastiques, comme les organes pleins abdominaux, les reins, le cœur et le cerveau, sont le siège de lésion à type d'éclatement et de broiement.

Les organes à haute teneur en air, peu denses et élastiques, comme le poumon, l'estomac, la vessie, sont plus résistants aux traumatismes balistiques du fait du faible transfert d'énergie observé, en l'absence de fragmentation du projectile. Toutefois, un estomac plein ou une vessie pleine se comporteront comme des organes denses au regard d'un traumatisme balistique.

Les [figure 2](#) à [figure 9](#), à partir du comportement d'une munition dans un bloc de gélatine, donnent des exemples de lésions en fonction des régions anatomiques.

Fig. 2. Trajet rectiligne d'une balle très lourde à travers les muscles donnant un tunnel d'attrition assez régulier.

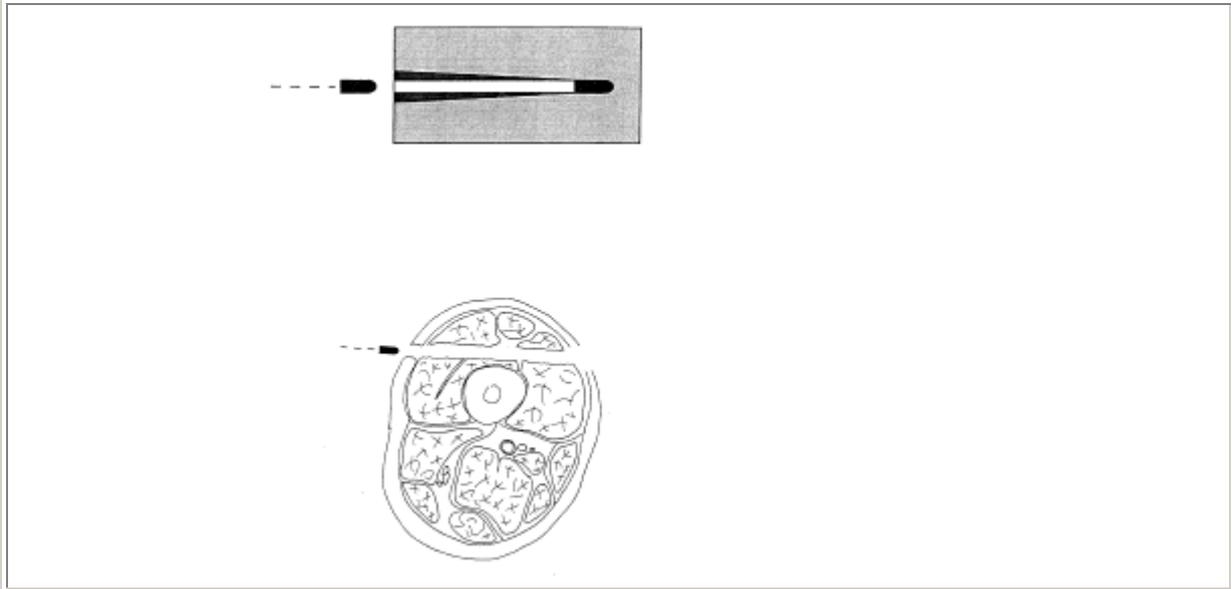


Fig. 3. Trajet rectiligne d'une balle très lourde à travers le poumon donnant un tunnel d'attrition moins régulier qu'à travers les muscles.

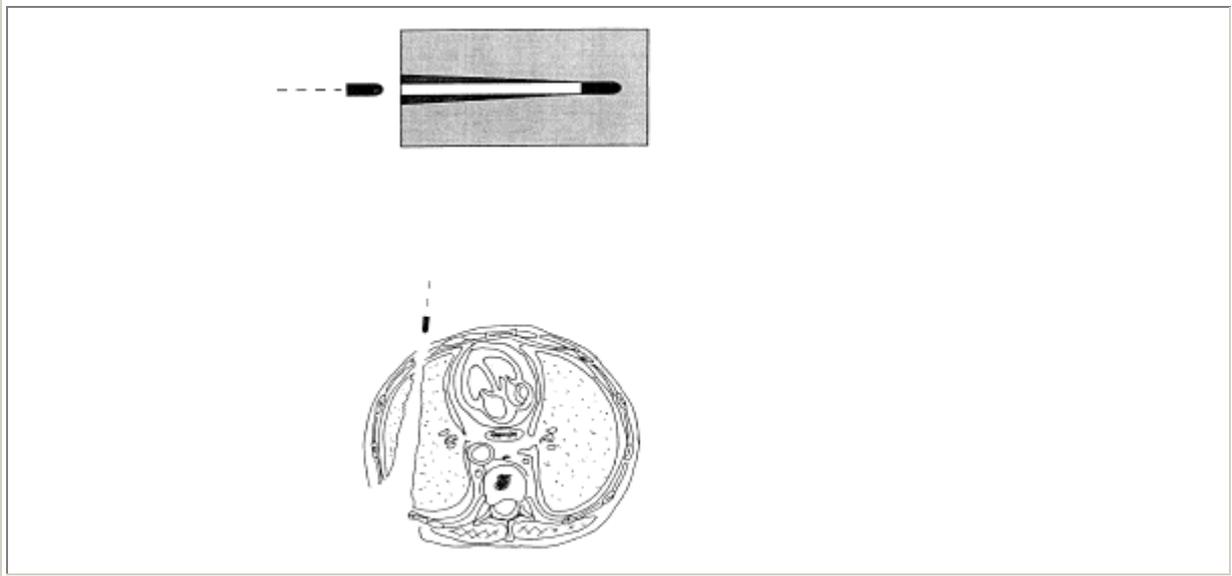


Fig. 4. Effet de champignonnage d'une balle en plomb non blindée : chambre de cavitation, absence d'orifice de sortie.

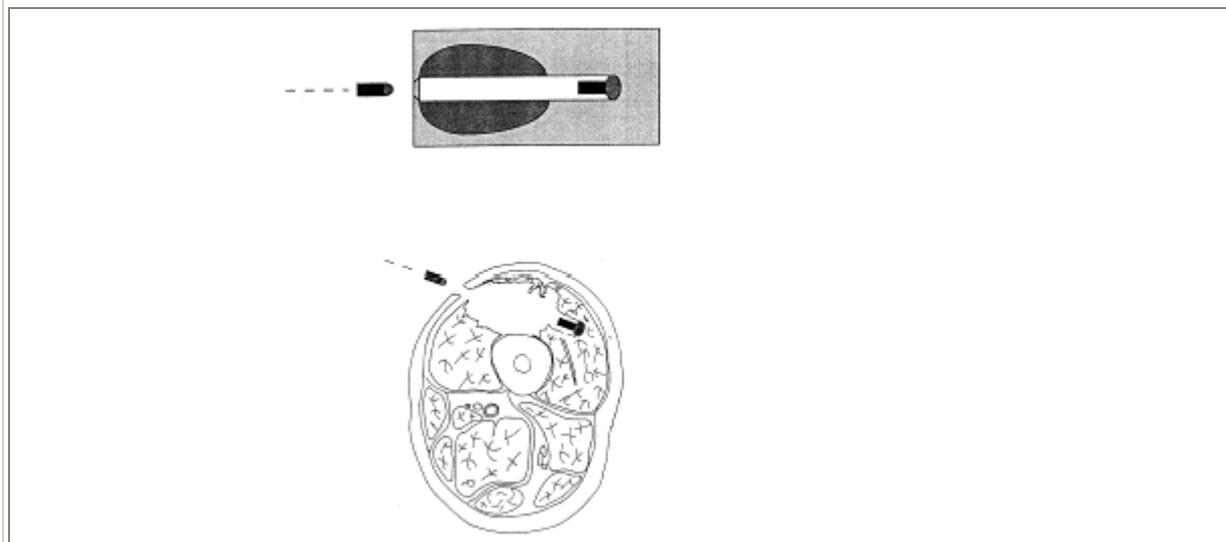


Fig. 5. Balle blindée, de vitesse supersonique, déstabilisée sur sa trajectoire. Pas d'orifice de sortie, mais les chambres de cavitation définitive et temporaire ont détruit un pédicule vasculo-nerveux.

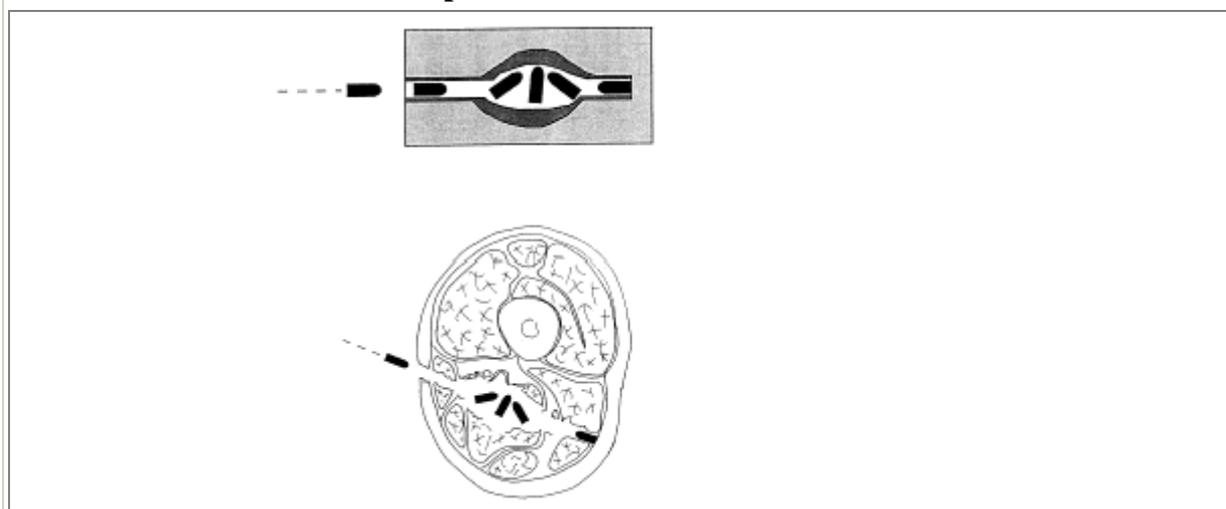


Fig. 6. Même type de balle que dans la [figure 5](#) , mais énorme orifice de sortie correspondant aux chambres de cavitation.

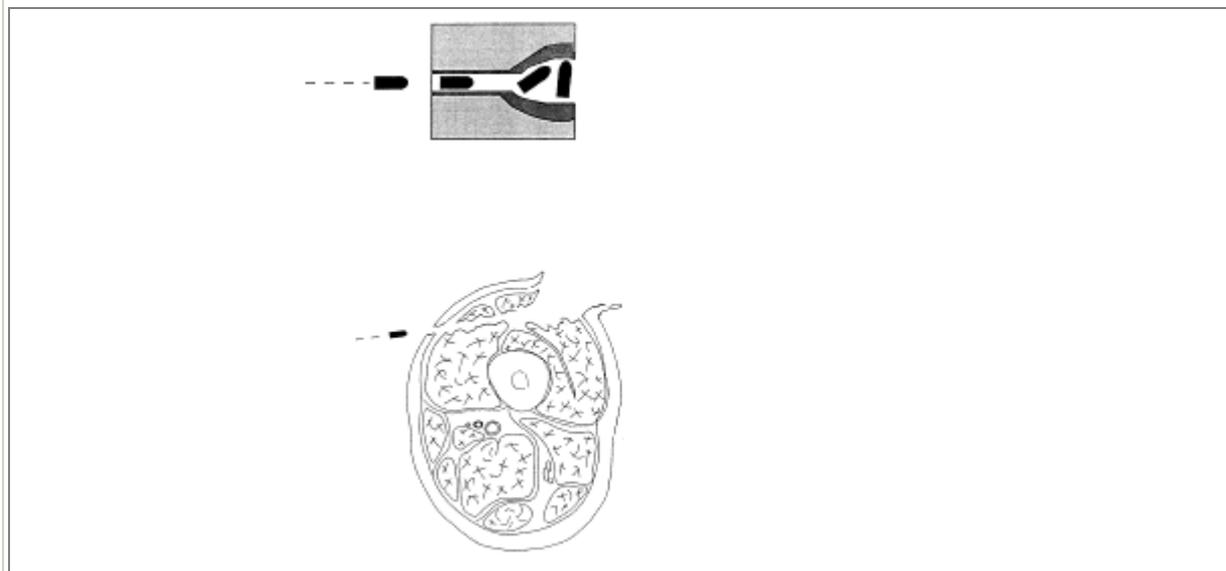


Fig. 7. Effet d'une balle à fragmentation avec en plus, fragments osseux multiples.

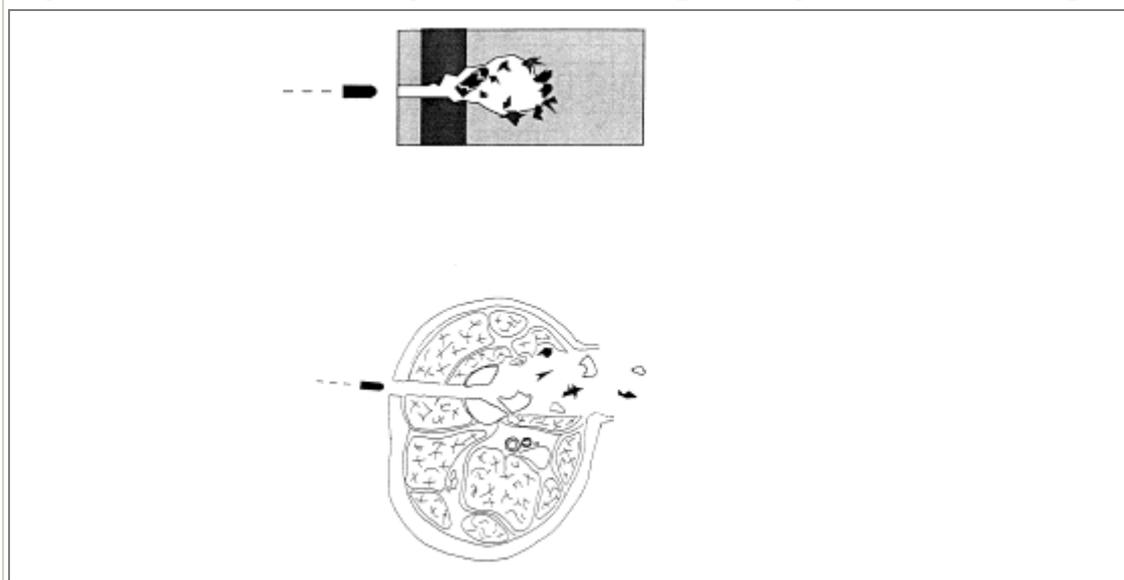


Fig. 8. Comportement totalement aléatoire d'éclats multiples qui sont plus vulnérants que les plombs de chasse.

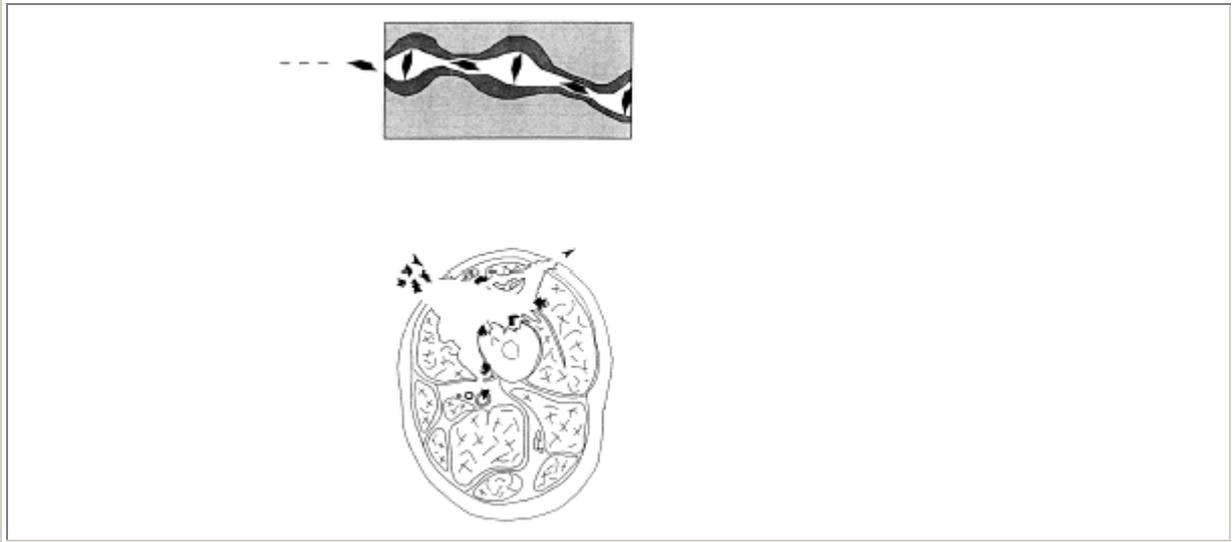
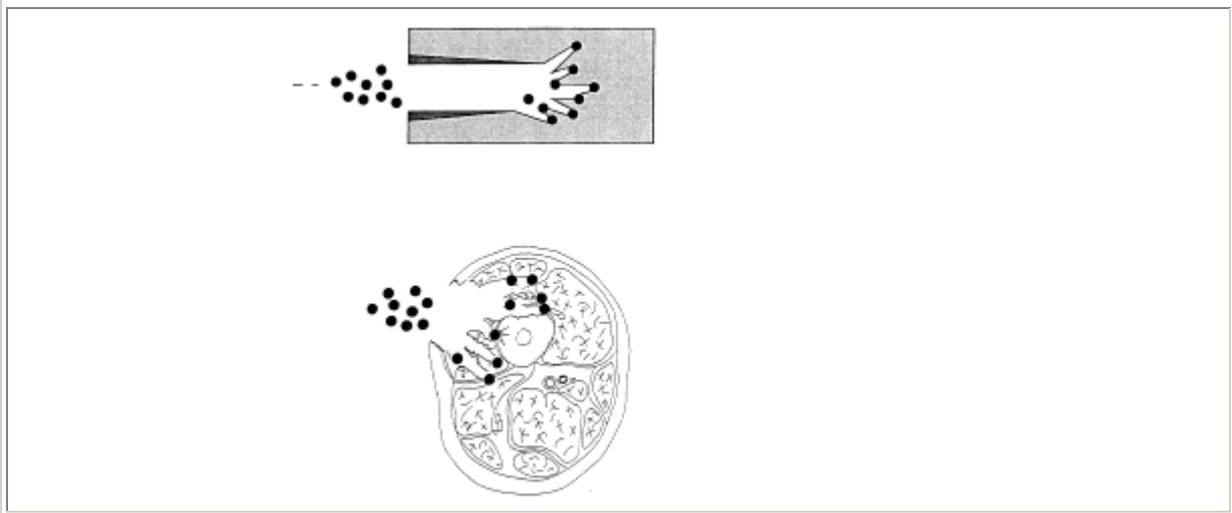


Fig. 9. Comportement aléatoire de plombs de chasse qui sont moins vulnérants que les éclats [\(figure 8\)](#).



Ces données physiopathologiques succinctes reposent sur les travaux expérimentaux consacrés au comportement des projectiles et sur des observations cliniques. Il faut surtout souligner la très grande variabilité de ce comportement en fonction des différents facteurs exposés précédemment (nature, composition, vitesse, stabilité du projectile, densité, élasticité des tissus traversés). En pratique, aucune théorie physique ne permet cependant de prévoir avec certitude le comportement d'un projectile dans le corps humain [\[1\]](#) [\[11\]](#).

Toutefois, ces éléments peuvent aider le clinicien dans sa prise en charge d'un blessé victime d'un traumatisme pénétrant. La connaissance du type d'arme, du type de munitions, de la distance d'impact, du port d'un gilet pare-balles [\[12\]](#) lui permettra d'estimer le pouvoir

lésionnel potentiel. Il faut toutefois rappeler que la gravité de la blessure va surtout dépendre de l'organe touché, plus que du type de projectile vulnérant.

La topographie lésionnelle a été bien étudiée en temps de guerre [7]. Les lésions des membres sont prédominantes (65 % des cas, 95 % pour les personnels porteurs de casque et de gilet pare-éclats) [6]. Les lésions céphaliques, du cou, du tronc sont observées dans 10 à 20 % des cas. Ces lésions ont une mortalité considérable, 80 % pour les lésions céphaliques, 70 % pour les lésions thoraciques. La cause du décès est soit une atteinte du système nerveux central, soit une hémorragie. Les lésions médullaires sont pourvoyeuses d'une grande morbidité [13].

PRISE EN CHARGE DES TRAUMATISMES BALISTIQUES

Les traumatismes balistiques nécessitent, plus souvent et plus rapidement que les traumatismes fermés, un geste chirurgical. Le rôle de l'anesthésiste-réanimateur est capital puisqu'il intervient à tous les stades de la prise en charge de ces blessés : réanimation initiale et transport primaire, surveillance des procédures diagnostiques, anesthésie et réanimation peropératoires, suivi postopératoire.

Habituellement les conditions de la prise en charge de ces blessés sont différentes selon qu'elle se situe en temps de guerre ou en temps de paix.

Le temps de guerre se caractérise par des délais d'évacuation souvent prolongés, par un environnement technique restreint, en particulier en ce qui concerne les moyens diagnostiques, par des procédures chirurgicales standardisées et limitées aux gestes de survie et par un traitement complet et définitif qui n'intervient qu'après une évacuation secondaire.

À l'inverse, en temps de paix les délais d'évacuation primaire sont courts, les hôpitaux disposent d'une infrastructure diagnostique solide, les procédures chirurgicales sont personnalisées et le traitement en un temps de l'ensemble des lésions, s'il est possible, est la règle.

En réalité, cette distinction est trop schématique. La diminution considérable des délais d'évacuation primaires observée dans les conflits les plus récents (Vietnam, ex-Yougoslavie) permet aux blessés les plus atteints, qui n'auraient pas survécu autrefois, d'arriver à présent dans les structures chirurgicales de l'avant. À titre d'exemple, sur les 1 000 premières plaies vasculaires observées au Vietnam, 50 concernaient les vaisseaux carotidiens !

Or, ces blessés les plus graves, que ce soit en temps de paix ou de guerre, ne nécessitent pas d'explorations complémentaires, mais un geste chirurgical d'extrême urgence qui pourrait être réalisé dans n'importe quelle structure, pour autant qu'elle dispose d'un chirurgien expérimenté.

La gravité d'un traumatisme balistique est fonction de son retentissement clinique, du site de la lésion et du mécanisme lésionnel. Ainsi, les blessés à l'état hémodynamique instable, les blessés du cou, du tronc et en particulier de l'aire cardiaque, de la région de l'aîne, ainsi que les blessés par balles à haute vélocité ou par armes de chasse à faible distance, doivent être transportés le plus rapidement possible en salle d'opération pour un geste chirurgical éventuel tout en poursuivant la réanimation.

Prise en charge des lésions les plus graves

Les plaies du coeur et des vaisseaux du médiastin représentent jusqu'à 26 % des plaies thoraciques dans certaines séries [14]. Leur mortalité varie entre 20 et 80 % [14] [15] [16]. La possibilité d'une lésion du coeur doit être évoquée devant toute plaie de l'aire cardiaque ou lorsque la reconstitution du trajet du projectile intéresse le coeur. Leur prise en charge dépend de l'importance du retentissement clinique. Chez le blessé agonique, le chirurgien pratiquera une thoracotomie antérolatérale gauche dans le quatrième ou cinquième espace intercostal pouvant s'étendre à travers le sternum [18]. Les indications de ce geste de sauvetage ont été récemment précisées à partir d'une série de 111 cas [19]. Si l'état hémodynamique est contrôlé par la réanimation initiale et s'il n'existe pas de signe de tamponnade, la voie d'abord préférentielle sera une sternotomie, en raison de la meilleure exposition chirurgicale qu'elle procure. En présence de signes de tamponnade, la procédure chirurgicale doit être précédée par une ponction péricardique éventuellement échoguidée ; celle-ci, effectuée sous anesthésie locale, permettra l'induction anesthésique avec un moindre risque [14] [20]. Jusqu'à ce que cette ponction soit réalisée, le maintien de l'hémodynamique sera assuré par un remplissage vasculaire rapide et l'utilisation d'agents inotropes. Toutefois pour certains auteurs ce remplissage vasculaire pourrait être délétère [21]. Seulement 2 % des plaies cardiaques nécessitent la mise en place d'une circulation extracorporelle pour leur réparation, il s'agit essentiellement des plaies complexes du coeur gauche et des plaies coronaires. En cas de corps étranger intracavitaire, le risque de migration et d'embolie secondaire impose son extraction immédiate ou différée [17]. La réparation des lésions des gros vaisseaux thoraciques requiert le plus souvent la mise en place de shunts temporaires.

Les plaies des gros vaisseaux de l'abdomen peuvent aussi conduire à une thoracotomie antérolatérale gauche d'extrême urgence permettant le clampage de l'aorte descendante avant la laparotomie. Cette technique d'exception est le seul recours possible chez les blessés arrivant exsangues, mais les pourcentages de survie ne sont que de 2 à 7 % [22]. Les plaies complexes du foie, dont l'hémostase chirurgicale ne peut être obtenue, font l'objet d'un tamponnement intra-abdominal temporaire, qui est retiré secondairement après une période de réanimation intensive, tendant à obtenir un état hémodynamique stable, une correction des troubles de la coagulation et des troubles de l'équilibre acido-basique. La réintervention s'effectue ainsi chez un patient stabilisé et les gestes chirurgicaux définitifs sont alors réalisés. Cette stratégie introduite par Rotondo et al [23] sous le terme de *damage control* a été aussi préconisée par Henao et Aldrete dans le traitement des hémorragies pelviennes massives [24].

Tous ces gestes chirurgicaux d'urgence nécessitent un remplissage et des transfusions massives, dont l'importance a été encore récemment soulignée dans le cadre de ces traumatismes balistiques [25] [26]. Il faut donc pouvoir disposer rapidement de concentrés érythrocytaires, puis secondairement de plaquettes et de plasma frais congelé. L'usage de l'autotransfusion peut être d'un appoint intéressant, même si dans le cadre de ces traumatismes le volume de sang autologue retransfusé représente rarement plus de 10 à 20 % du volume global transfusé [27].

En revanche, l'effet bénéfique en terme de survie du remplissage massif préopératoire par des solutions cristalloïdes ou colloïdes, avant l'obtention de l'hémostase chirurgicale est très controversé et certains auteurs [28] préconisent des apports initiaux limités au maintien d'un équilibre hémodynamique minimum avant le passage au bloc opératoire. Secondairement ce

remplissage pourra être optimisé par une étude hémodynamique prenant en compte les paramètres circulatoires et les paramètres d'oxygénation [\[29\]](#) .

Sur le plan anesthésique il n'existe pas d'agent idéal. Comme pour les traumatismes fermés, le choix sera fonction de l'état clinique du blessé, du site de la lésion, de l'urgence de la situation et du type d'intervention. Le contrôle des voies aériennes, la prise en charge de l'hypotension artérielle, des troubles de l'hémostase, du saignement, de l'hypothermie et de leurs conséquences sont les tâches principales de l'anesthésiste.

Attitude devant les autres lésions

Heureusement tous les traumatismes balistiques n'ont pas cette gravité, qui impose un geste chirurgical d'extrême urgence. Dans la plupart des cas, il est possible d'élaborer une véritable stratégie diagnostique cherchant à préciser les lésions anatomiques consécutives à la pénétration du projectile. C'est dans cette situation que la pratique du temps de guerre et celle du temps de paix vont le plus diverger. En effet, en temps de guerre, dans un environnement technique limité, l'exploration chirurgicale systématique des lésions balistiques est la règle. Ceci est particulièrement vrai pour les lésions cervicales [\[30\]](#) et les lésions abdominales pour lesquelles la laparotomie d'emblée reste un dogme. La ponction lavage du péritoine peut alors représenter un appoint diagnostique non négligeable [\[31\]](#) , que ce soit dans les plaies semblant superficielles (plaies en séton), dans les plaies thoraciques basses ou dans les plaies du dos et des flancs pour mettre en évidence une éventuelle effraction intrapéritonéale. Il faut toutefois souligner la faible sensibilité de cet examen et surtout l'incapacité qu'il a à diagnostiquer la perforation d'un viscère creux, lésion la plus fréquente des traumatismes pénétrants de l'abdomen.

En pratique civile, mais aussi en situation de guerre urbaine, la disponibilité des moyens diagnostiques permet d'évaluer les conséquences des traumatismes balistiques et de localiser le ou les projectiles impliqués.

Les données récentes fournies par les auteurs bosniaques et croates [\[32\]](#) [\[33\]](#) , ainsi que les données des *trauma centers* américains [\[34\]](#) [\[35\]](#) sont à cet égard très démonstratives sur l'intérêt des explorations angiographiques et ultra-soniques dans les suspicions de plaies vasculaires et sur l'intérêt de la scanographie en double ou triple contraste dans les plaies du dos, des flancs et dans les plaies fessières. De même, la scanographie est irremplaçable dans l'évaluation des plaies du crâne et de la face.

Durant le déroulement de ces examens l'anesthésiste-réanimateur poursuivra la surveillance et la réanimation du blessé. Il devra être prêt à faire face à toute dégradation de l'état clinique et prévoir sans délai un éventuel passage au bloc opératoire.

Au terme de ces examens complémentaires, en fonction des lésions observées, une décision d'intervention ou de mise en observation sera prise. L'extraction simple des corps étrangers balistiques est souvent dangereuse, elle n'est pas toujours obligatoire, compte tenu de leur tolérance et de la faible incidence des complications septiques, même au niveau du cerveau ou de la moelle épinière [\[36\]](#) [\[37\]](#) . Les embolies vasculaires de projectiles doivent être opérées d'urgence [\[38\]](#) [\[39\]](#) .

Les plaies vasculaires artérielles peuvent, en fonction de leur localisation, être embolisées ou réparées [\[40\]](#) [\[42\]](#) . En urgence, elles peuvent être temporairement obstruées par une sonde

occlusive [41]. Si une intervention chirurgicale ne se discute pas dans les plaies de l'abdomen s'accompagnant de lésions des organes creux ou des organes pleins, les lésions balistiques thoraciques ne relèvent de la chirurgie que pour 15 à 20 % des cas [43] [44]. La majorité des lésions thoraciques pénétrantes ne nécessitent qu'un simple drainage. La pratique de la chirurgie thoracique en urgence exige des équipes chirurgicales et anesthésiques entraînées [45].

Les lésions des membres sont les plus fréquentes en chirurgie de guerre [6] [46] et représentent dans ces circonstances plus de 60 % des traumatismes balistiques. Si en pratique civile, devant de simples fractures ouvertes l'ostéosynthèse primaire est concevable [47] [48], l'utilisation du fixateur externe est en temps de guerre une attitude de sagesse [49]. Les problèmes sont plus complexes lors de la prise en charge des fracas de membre par balles à haute vitesse ou par polycrissage où aux lésions osseuses sont associées des lésions des parties molles et des structures vasculonerveuses. Le dilemme posé est alors éventuellement celui de la conservation ou non du membre lésé. Le choix technique sera alors souvent guidé par les conditions de prise en charge et la possibilité de faire face aux complications des traitements conservateurs (rhabdomyolyse, infection, nécessité de chirurgie itérative).

Prévention de l'infection

La prévention de l'infection dans les traumatismes balistiques est un élément capital de leur prise en charge. En effet, si leur mortalité précoce a considérablement diminué grâce à une optimisation des soins initiaux (réanimation, chirurgie), l'infection est actuellement la première cause de mortalité secondaire.

La contamination bactérienne peut être primaire, concomitante de la blessure. Elle implique alors les germes de l'environnement tellurique (clostridies, bacillus) et aqueux (Pseudomonas) associés à la flore vestimentaire et cutanéomuqueuse résidente du blessé (staphylocoque, streptocoque). Une lésion des viscères creux abdominaux fait intervenir une contamination par la flore intestinale (anaérobies, entérobactéries, entérocoques). La contamination peut aussi être d'origine secondaire et nosocomiale.

La prévention de l'infection primaire repose sur une chirurgie de débridement élargie et précoce avec excision des tissus devitalisés et nécrosés. L'antibiothérapie associée est destinée à prévenir la pullulation microbienne qui est logarithmique et qui débute dès la sixième heure suivant le traumatisme.

L'antibiothérapie la plus utilisée actuellement en temps de guerre reste la classique association pénicilline G-métronidazole. Son efficacité sur les germes les plus dangereux à court terme, *Clostridium* et streptocoques responsables des cellulites, fasciites et myonécroses précoces est excellente. Mais son spectre étroit fait qu'elle est insuffisante lorsqu'il existe une plaie digestive et qu'elle favorise l'émergence secondaire des bactéries contaminantes insensibles (staphylocoques, pyocyaniques).

L'utilisation de produits à plus large spectre et à demi-vie plus longue a été essayée lors de différents conflits [50] [51]. Mais cette attitude n'a pas encore été validée.

La réflexion menée au sein du service de santé des armées a amené à proposer comme antibiothérapie probabiliste l'association pipéracilline tazobactam ou pipéracilline + métronidazole [52] [53] couvrant les principales bactéries toxigènes, les

entérobactéries, les cocci à Gram positif et le pseudomonas. Cette antibiothérapie doit être administrée le plus précocement possible après le traumatisme. Sa durée ne fait actuellement l'objet d'aucun consensus. Sa réévaluation par des prélèvements bactériologiques (cultures tissulaires en particulier) doit être la plus précoce possible.

La prévention de l'infection secondaire d'origine nosocomiale répond aux règles classiques de prévention de ces infections et n'a pas de caractère particulier dans le cadre des traumatismes balistiques.

CONCLUSION

Les traumatismes balistiques ont quitté actuellement le domaine réservé de la chirurgie de guerre. La disponibilité en temps de paix des moyens de diagnostic moderne a permis de faire évoluer la stratégie de prise en charge de ces lésions. Toutefois, pour les lésions les plus graves chez les blessés les plus sévères, la chirurgie d'extrême urgence associée à une réanimation intensive reste la seule tactique possible. La connaissance de notions élémentaires de balistique apporte une aide au chirurgien et à l'anesthésiste dans l'évaluation de la gravité potentielle d'une lésion.

RÉFÉRENCES

- 1 Jourdan Ph. *Éléments de balistique lésionnelle*. Cours de l'EASSA, Edit Val-de-Grâce, Paris, 1995
- 2 Weesner CI, Hargarten SW, Aprahamian C, Nelson DR. Fatal childhood injury patterns in an urban setting. *Ann Emerg Med* 1994;23:231-6
- 3 Ryan M, Leighton T, Pianim N, Klein S, Broncard F. Medical and economic consequences of gang-related shootings. *Am Surg* 1993;59:831-3
- 4 Ritchie AJ. Plastic bullets: significant risk of serious injury above the diaphragm. *Injury* 1992;23:265-6
- 5 Nissan FK. Penetrating abdominal injuries. *Rev Int Serv Sant Forces Arm* 1988;61:132-4
- 6 Crey ME. Analysis of wounds incurred by US Army Seventh Corps Personnel treated in Corps hospital during Operation Desert Storm, February 20 to March 10, 1991. *J Trauma* 1996;40:165-9
- 7 Bellamy RF. The medical effects of conventional weapons. *World J Surg* 1992;16:888-2
- 8 7th International Symposium of Weapons traumatology and Wound ballistics. *J Trauma* 1996;40 (Suppl 3):S1-227
- 9 Pons J. Mécanisme des lésions par balle. *Def Arm* 1986;50:49-52
- 10 Bonath KH, Vannini R, Koch A, Schnettle R. Schussverletzungen-Ballistik, Pathophysiologie, chirurgisches Behandlungsprinzip. *Tierarztl Prax* 1996;24:304-5
- 11 Fackler MLG. Gunshot Wound Review. *Ann Emerg Med* 1996;28:194-203

- 12 Roberts GK, Bullian ME. Protective ability of the standard US Military Personnel Armor System Ground Troops (PASGT) fragmentation vest against common small arms projectiles. *Mil Med* 1993;158:560-3
- 13 Parsons TW, Laverman WC, Ethier DB, Gormley W, Cain JE, Elias Z, Coe J. Spine injuries in combat troop Panama, 1989. *Mil Med* 1993;158:501-2
- 14 Jancovici R, Szymczyszyn P, Dellambre F, Castier Y. Plaies du péritoine: thérapeutique d'urgence. *Réanim Soins Inten Med Urg* 1994;10:322-9
- 15 Macho JR, Markison RE, Schecter WP. Cardiac stapling in the management of penetrating injuries of the heart: rapid control of hemorrhage and decreased risk of personal contamination. *J Trauma* 1993;34:711-6
- 16 Rizoli SB, Mantovani M, Baccarin V, Vieira RW. Penetrating heart wounds. *Int Surg* 1993;78:229-30
- 17 Dupeyron C, Rigal S, Pons F. Problèmes périopératoires posés par une plaie du coeur en situation d'exception. *JEUR* 1995;8:101-6
- 18 Ivatury RR. Resuscitative thoracotomy. In: Ivatury RR, Caiten CG, eds. *The textbook of penetrating trauma*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996:207-16
- 19 Brown SE, Gomez GA, Jacobson LE, Scherer T, Mc Millan RA. Penetrating chest trauma: should indications for emergency room thoracotomy be limited? *Am Surg* 1996;62:530-3
- 20 Grewak H, Ivatury RR, Divakar M, Simon RJ, Rohamn M. Evaluation cardiac tamponade with a myocardial wound: the effect of rapid intravenous infusion of saline. *J Trauma* 1992;33:25-8
- 21 Gyhra A, Pierart J, Torres P, Prieto L. Experimental cardiac tamponade with a myocardial wound: the effect of rapid intravenous infusion of saline. *J Trauma* 1992;33:25-8
- 22 Kashuk JL, Moore EE, Millikan JS, Moore JB. Major abdominal vascular trauma: a unified approach. *J Trauma* 1982;22:672
- 23 Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, Phillips GR, Fruchterman TM, Kauder DR et al. Damage control: an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma* 1993;35:375-83
- 24 Henaio F, Aldrete JG. Retroperitoneal hematomas of traumatic origin. *Surg Gynecol Obstet* 1985;161:106-16
- 25 Shanin IN, Shanin VI. Anesthesia in severe combined gunshot and mine blast injuries. *Vestn Khir Im II Grek* 1993;150:65-8
- 26 Takauchi Y, Abe K, Demizu A. Anesthetic management for emergency operation in seven patients with gunshot injury. *Masui* 1994;43:111-5

- 27 Gentilello LM, Jurkovich GJ. Autotransfusion. In: Ivatury RR, Cainen CG, eds. *The textbook of penetrating trauma*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996:207-16
- 28 Bickell WA, Wall MJ, Pepe PE, Martin RR, Ginger VF, Allen MK et al. Immediate versus delayed fluid, resuscitation for hypotensive patients with penetrating torso injuries. *N Engl J Med* 1994;331:1105-9
- 29 Bishop MH, Shoemaker WC, Appel PL, Meade P, Ordog GJ, Wasserberger J et al. Prospective, randomized trial of survivor values of cardiac index, oxygen delivery, and oxygen consumption as resuscitation endpoints in severe trauma. *J Trauma* 1995;38:780-7
- 30 Walsh MS. The management of penetrating injuries of the anterior triangle of the neck. *Injury* 1994;25:393-5
- 31 Maron S, Baker MS. Splenic rupture due to intraperitoneal gunshot wound: use of peritoneal lavage in the low-technique environment. *Mil Med* 1994;159:249-50
- 32 Trooskin SZ, Sclafani S, Winfield J, Duneau A, Scalea T, Vieux et al. The management of vascular injuries of the extremity associated with civilian firearms. *Surg Gynecol Obstet* 1993;176:340-4
- 33 Lovric Z, Wertheimer B, Candrljic K, Lehner V, Rubin O. Reconstruction of the popliteal artery after war injury. *Unfallchirurg* 1994;97:375-7
- 34 Ross SE, Dragon GM, O'Malley KF, Rehm CG. Morbidity of negative coeliotomy in trauma. *Injury* 1995;26:393-4
- 35 Burns RK, Sariol HS, Ross SE. Penetrating posterior abdominal trauma. *Injury* 1994;25:429-31
- 36 Chaudhri KA, Choudhury AR, Al Moutaery KR, Cybulski G. Penetrating craniocerebral shrapnel injuries during « Operation Desert Storm »: early results of a conservative surgical treatment. *Acta Neurochir (Wien)* 1994;126:120-3
- 37 Velmahos G, Demetriades D. Gunshot wounds of the spine: should retained bullets be removed to prevent infection? *Ann R Coll Surg Engl* 1994;76:85-7
- 38 Nazir Z, Esufali ST, Rao NS, Rizvi I. Venous bullet embolism: a case report and review of the literature. *Injury* 1992;23:561-3
- 39 Van As AB, Pillay R, Domingo Z. Shotgun pellet embolus to the anterior cerebral artery. *Injury* 1995;26:631-2
- 40 Demetriades D, Theodorou D, Asensio J, Golshani S, Belzberg H, Yellin A et al. Management options in vertebral artery injuries. *Br J Surg* 1996;83:83-6
- 41 Gilroy D, Lakhoo M, Charalambides D, Demetriades D. Control of life-threatening haemorrhage from the neck: a new indication for balloon tamponade. *Injury* 1992;23:557-9

- 42 Luetic V, Sosa T, Tonkovic I, Petronic M, Cohadzic E, Loncaric L et al. Military vascular injuries in Croatia. *Cardiovasc Surg* 1993;1:3-6
- 43 Tominaga Gt, Waxmann K, Scannell G, Annas C, Ott RA, Gazzaniga AB. Emergency thoracotomy with long resection following trauma. *Am Surg* 1993;59:834-7
- 44 Roostar L. Indications for surgery in penetrating chest injuries. *Ann Chir Gynaecol* 1993;82:177-81
- 45 Janvovici R, Pons F, Dubre J, Lang Lazdunski L. Traitement chirurgical des traumatismes thoraciques. *Encycl Med Chir* (Elsevier, Paris) Techniques chirurgicales - Thorax, 42445 A 1996
- 46 Korzinek K. War injuries of the extremities. *Unfallchirurg* 1993;96:242-7
- 47 Keiler A. The management of gunshot fractures of the humerus. *Injury* 1995;26:93-6
- 48 Nicholas RM, Mc Goy GF. Immediate intramedullary nailing of femoral shaft fractures due to gunshots. *Injury* 1995;26:257-9
- 49 Rigal S, Tripon P, Rochat G. *Le fixateur en chirurgie de guerre*. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Tome 58. Expansion Scientifique Française
- 50 Hell K. Characteristics of the ideal antibiotic for prevention of wound sepsis among military forces in the field. *Rev Infect Dis* 1991;13:5164-9
- 51 Siegal B, Adam Y, Oland Y. Blessures de guerre et infections. Étude comparative de l'évolution des blessures chez les combattants israéliens et égyptiens de la guerre d'octobre 1973. *Ann Chir* 1976;30:781-6
- 52 Jacob E, Erpelding JM. A retrospective analysis of open fractures sustained by US military personnel during operation Just Cause. *Mil Med* 1992;157:552-7
- 53 Cavallo JD, Bercion R, Vlaminck J. Prévention de l'infection dans les plaies et brûlures de guerre. *Med Arm* 1991;19:139-46
- 54 Baechle JP, Leroy P, Laplace E, Ceyrat A, Beaulaton A. Antibiothérapie pré-hospitalière du temps de guerre? *Med Arm* 1996;24:109-11