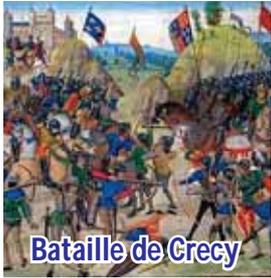




CARUM
Club des Anesthésistes-Réanimateurs
et Urgentistes Militaires



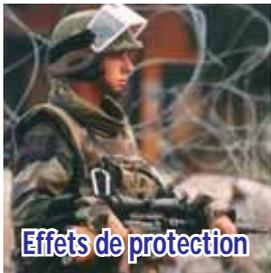
Bataille de Crécy



Engins explosifs



Flash-ball



Effets de protection



Modèle balistique



Accident de chasse

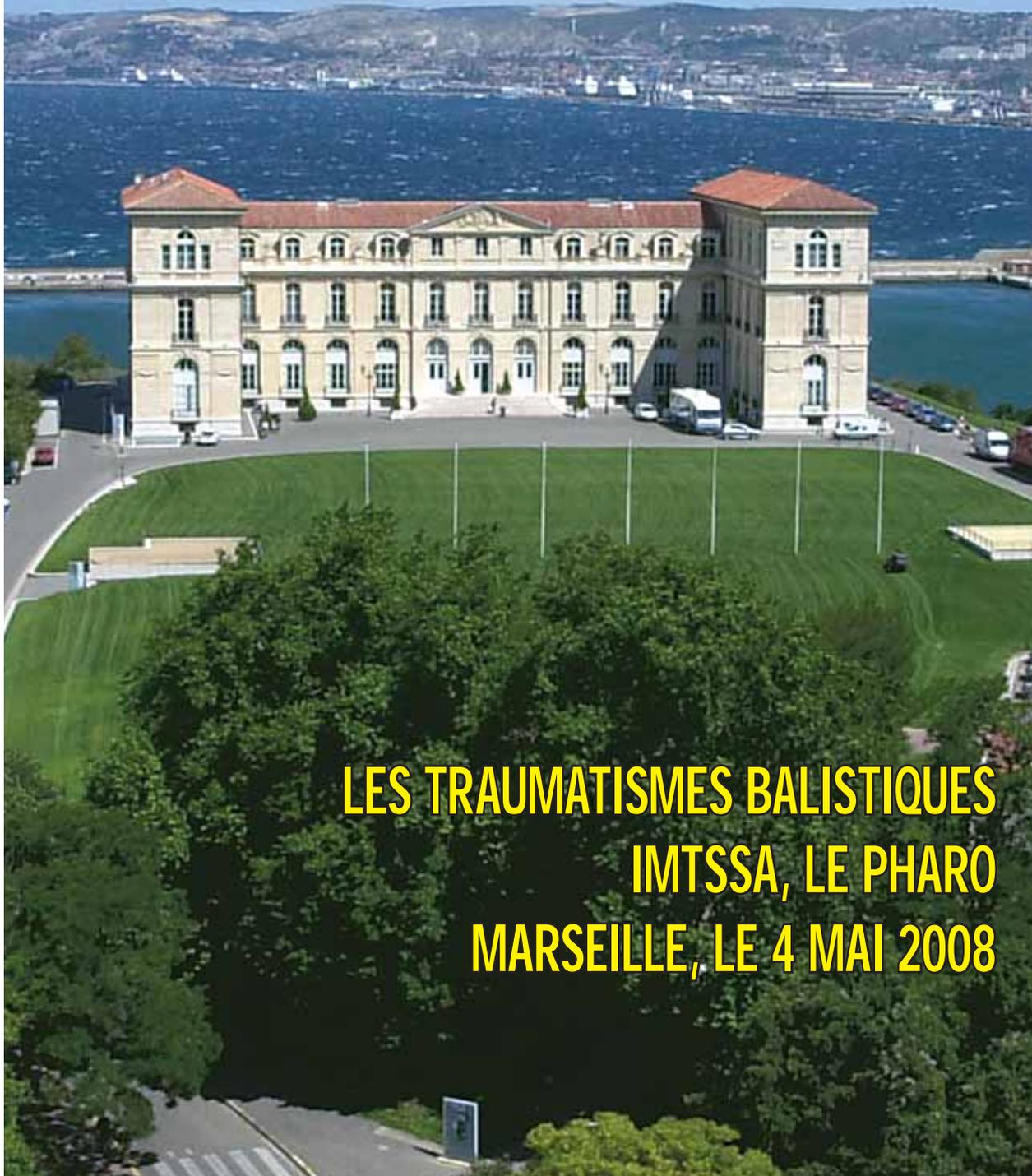
CARUM-Réanoxyo
Service d'Anesthésie-Réanimation
HIA Bégin, 94160 Saint-Mandé

La Revue du CARUM

Réanoxyo

www.carum.org

N° 23
Juin 2008



LES TRAUMATISMES BALISTIQUES
IMTSSA, LE PHARO
MARSEILLE, LE 4 MAI 2008

Club des Anesthésistes-Réanimateurs et Urgentistes Militaires



Propaq[®] LT

«Votre moniteur de l'urgence»

Compact, Performant, Robuste.
La solution la plus adaptée à la
prise en charge des victimes dans
toutes les situations.



WelchAllyn[®]
Advancing Frontline Care[™]

Propaq[®] LT, la référence !

Le Comité de rédaction

RÉDACTEUR EN CHEF

J.P. Carpentier

COMITÉ DE RÉDACTION

C. Fuilla
P. Le Dreff
B. Lenoir
G. Mion
E. Kaiser

I. Vincenti-Rouquette

CORRESPONDANTS

Dakar (Sénégal) : B. Diatta
Cotonou (Bénin) : A. Gnangnon
Libreville (Gabon) : R. Tchoua
Rabat (Maroc) : S. Siah

Toute correspondance est à adresser :

- par mail impérativement aux
2 adresses suivantes :
jean-pierre.carpentier@
interieur.gouv.fr
georges.mion@club-internet.fr

- par courrier à :
CARUM-Réanoxyo

Service d'Anesthésie-Réanimation
HIA Bégin - 94160 Saint-Mandé

3 numéros annuel

EDITION

Urgence Pratique Publications

Directeur de la Publication

Jean Claude Deslandes

Secrétaire de Rédaction

Georges Bousquet

BP 26 - 34190 Ganges

Courriel :

revue@urgence--pratique.com

Tél. : 04 67 73 53 61

IMPRESSION

Clément Imprimeurs (Le Vigan)

levigan@clementimprimeurs.fr

Imprimé en France

Droits de reproductions réservés pour
tous pays,
sous quelque procédé que ce soit.
S'adresser au Directeur de la publication.

Photos de couverture :

Palais du Pharo, Marseille

Photo IMTSSA pour Réanoxyo

Les traumatismes balistiques

MCS François PONS

Chirurgien des Hôpitaux des Armées.

Professeur titulaire de la chaire de chirurgie
de l'École du Val-de-Grâce.

Chef du service de chirurgie thoracique et générale
de l'HIA Percy, Clamart.



C'est un plaisir rare et un honneur qui est donné à un chirurgien d'écrire un éditorial pour une revue destinée aux anesthésistes-réanimateurs et aux urgentistes. Le thème de ce numéro, les traumatismes balistiques, est nécessairement passionnant pour tout médecin militaire, appelé à servir en Opération Extérieure. Ces traumatismes, même s'ils sont rares sur certains théâtres, et apparemment de moins en moins fréquents en pratique civile en France, comme le montre l'étude faite à Marseille, provoquent des lésions spécifiques auxquelles doivent se préparer tous les médecins présents sur le terrain : médecins d'unité, anesthésistes-réanimateurs, chirurgiens.

Les articles de ce numéro démontrent bien que l'étude de ces traumatismes balistiques apporte des nouveautés à côté des données classiques, illustrées par les *wound profiles* de Fackler et répétées depuis des années en particulier lors de l'enseignement aux futurs médecins d'unité à l'École du Val-de-Grâce et lors de la préparation des concours d'assistant (praticien certifié) de chirurgie ou d'anesthésie-réanimation. Parmi les nouveautés, rappelons le fait que ces traumatismes balistiques ne sont pas seulement des traumatismes pénétrants comme le démontrent bien les études sur l'effet arrière. Les armes à létalité réduite (ALR), une autre nouveauté, en sont la démonstration puisqu'elles s'attachent à ne pas entraîner de traumatismes pénétrants. A l'autre extrémité de l'arsenal des agents vulnérants se situent les *Improvised Explosive Devices (IED)* ou engins explosifs improvisés (EEI) tragiquement mis en exergue par les conflits d'Irak ou d'Afghanistan. La nouveauté pour ces agents vulnérants relève plus de la fréquence de leur utilisation et de l'ingéniosité diabolique et terrifiante de leur mise en œuvre, que de la nature des lésions qui sont identiques à celles provoquées par des engins explosifs plus conventionnels.

En effet quel que soit le traumatisme balistique une constante demeure : les études de l'effet d'un projectile sur le corps humain sont indispensables pour l'amélioration de la compréhension des effets lésionnels d'une arme et surtout pour le développement des moyens de protection. Elles peuvent aussi permettre de redouter et rechercher certains effets à distance. En revanche, elles sont moins immédiatement utiles pour la prise en charge de ces blessés qui repose, tant pour l'anesthésiste-réanimateur que pour le chirurgien, sur les constatations cliniques et biologiques, plus que sur des extrapolations sur l'agent vulnérant. La phrase bien connue et pleine de bon sens de Lindsey garde toute son actualité et pourrait simplement, pour s'adapter à ces faits nouveaux, s'écrire de nos jours « continuons à traiter le traumatisme et non pas l'arme ». ♦

SOMMAIRE

- ♦ **Balistique lésionnelle : de ses origines à nos jours** p. 4
- ♦ **Les armes à létalité réduite** p. 7
- ♦ **EEG et impact crânien par projectile à létalité atténuée** p. 9
- ♦ **Les simulants en balistique lésionnelles** p. 11
- ♦ **Préparation du modèle animal pour expérimentation balistique** p. 13
- ♦ **Evaluation des effets arrière sur le thorax** p. 15
- ♦ **Actualités sur les lésions traumatiques de guerre** p. 17
- ♦ **Traumatismes thoraciques balistiques** p. 21
- ♦ **Lésions de criblage des explosions** p. 23
- ♦ **Traumatismes balistiques en pratique civile** p. 26
- ♦ **Accidents balistiques de chasse dans le sud de la France** p. 28

Balistique lésionnelle : de ses origines à nos jours

EJ VOIGLIO, J-L CAILLOT

Service de Chirurgie d'Urgence, CH Lyon-Sud, Pierre Bénite ; UMRESTTE, INRETS-InVS-UCBL UMR T n°9405.

La balistique est la science qui étudie les mouvements d'un projectile lancé par une arme à feu. On distingue la balistique interne (à l'intérieur du canon de l'arme) la balistique intermédiaire (immédiatement à la sortie du canon), la balistique externe (trajectoire du projectile dans l'air) et la balistique terminale (lorsque le projectile atteint la cible). Lorsque la cible est un être vivant, la balistique terminale devient balistique lésionnelle.

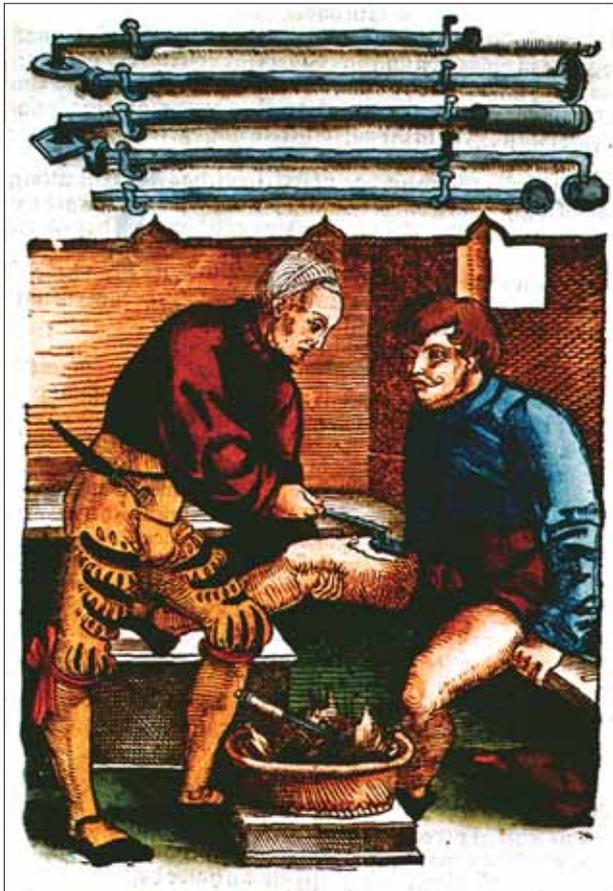


Figure 1. Cautérisation d'une plaie (H Von Gersdorff, F der Wundtarzney, SJ Schott. 1517).

L'histoire de la balistique lésionnelle (BL) débute avec la première utilisation documentée des armes à feu sur un champ de bataille. Celle-ci remonte à 1346 lors de la bataille de Crécy. Villani écrit « (...) si grand bruit et tremblement qu'il semblait que Dieu tonnât avec grand massacre de gens et renversement de chevaux ... » (1) et Froissard rapporte les « effets terrifiants » (2) des armes à feu. En fait, à cette époque les armes à feu sont surtout dangereuses pour l'utilisateur, et pendant un siècle elles seront très peu utilisées. A cette époque, les plaies par arme à feu se compliquent très souvent de gangrène entraînant le décès du blessé d'où l'idée émise par Jean de Vigo : « [Les plaies sont] contuses,

envenimées par la poudre et brûlées par le feu de l'arme... » (3). Dès lors, pour les traiter on applique le cautère (Figure 1) ou, mieux, on verse de l'huile bouillante dans la plaie pour détruire le poison... En 1545, dans son traité, Ambroise Paré écrit : « ... ne plus brûler les pauvres blessés... » « [Les plaies sont] alors peu rebelles à curation et aussi faciles à traicter que celles qui sont faictes par austres bastons faisant vulnèses ronds contus et de telle figure que fait le boulet. » Dans un ouvrage ultérieur (1552) Paré décrit des « ... lésions situées à distance du trajet que fait la balle, lesquelles sont produites par réverbération. » et préconise le débridement des plaies pour l'extraction des corps étrangers et favoriser l'issue de la suppuration « dans de sages limites ». Dans son traité des arbusades,

Joubert écrit : « ... cette contusion est tout simplement le résultat de l'action directe du corps vulnérant. » (5). En 1848, Huguier attribue à la pression latérale des liquides les déchirures observées à la surface de la rate, des reins, du foie et du cerveau (6).

Les idées fantaisistes

Alors que les lois de la physique et les observations cliniques suffisent à expliquer les lésions observées, parfois spectaculaires, certains éprouvent le besoin d'étayer leurs observations par des théories fantaisistes. La première théorie fantaisiste est celle du « projectile air » qui précéderait le projectile solide et se dilaterait subitement

à l'intérieur de la cible produisant des effets explosifs. Cette théorie a été soutenue par Melsens en 1867 et 1872 devant des sociétés savantes prestigieuses et publiée par leurs bulletins (7,8). Elle sera combattue par le Général Morin et le Colonel Henrard qui ont réalisé des expérimentations en tirant des projectiles dans de l'argile (9).

La balistique lésionnelle moderne

Théodore Kocher réalise de nombreuses expérimentations avec le fusil Vetterli et des simulants secs ou mouillés et émet la théorie hydraulique de l'action des projectiles dans l'organisme (10). C'est Delorme qui suite à de nombreuses expérimentations sur simulants et sur cadavres décrit avec précision les lésions de dilacération des tissus sous l'action de

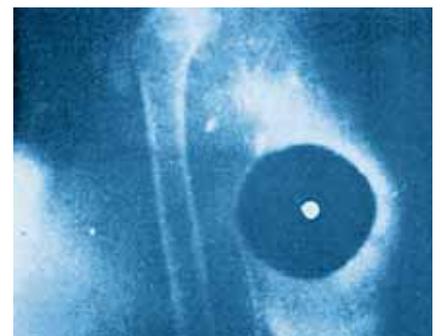


Figure 2. Radiographie éclair d'une cuisse de chat traversée par une balle d'acier de 5,56 mm de diamètre à 900 m/s (Harvey et al, Medical Dpt, US Army, Wound Ballistics, Cap III, p176, Wasigton 1962) montrant la cavité temporaire.

la pénétration du projectile et de contusion des tissus sous l'action de la déformation, de la fragmentation ou de la bascule du projectile (9). Il est le premier à écrire que l'action d'un projectile est fonction de sa vitesse, sa masse, sa forme, sa structure et la nature du tissu rencontré, c'est-à-dire de l'interaction projectile tissu vivant (IPV). En 1894, le neurochirurgien anglais Horsley

insiste sur l'importance de la quantité de mouvement, de la section efficace, de la déformation et de la vitesse linéaire du projectile pour la constitution des lésions et sur le rôle négligeable de l'échauffement et de la vitesse angulaire (11). Woodruff en 1898 définit le terme de cavitation temporaire (12). Harvey, en 1947 définit la cavité permanente et la cavité temporaire (Figure 2) et insiste sur le rôle négligeable de « l'onde de choc » (pression très élevée pendant un laps de temps extrêmement court) (13).

La théorie de la haute vitesse et de l'onde de choc

Nous sommes en pleine guerre du Vietnam, et les chirurgiens militaires soignent des plaies et des délabrements d'une gravité inhabituelle. Les lésions sont simplement dues à la bascule et parfois à la fragmentation de projectiles dont la trajectoire est instable du fait d'un pas de rayure du canon inadapté à la munition. Mais un phénomène spectaculaire ne peut s'expliquer que par une théorie extraordinaire. Toute une série d'auteurs (qui se sont souvent copiés les uns les autres) ont écrit des articles sur les lésions produites par l'onde de choc explosive. Les conséquences thérapeutiques ont été dramatiques pour certains blessés qui ont été plus mutilés par le chirurgien que par le projectile. Ainsi, il a pu même être recommandé : « Quoiqu'il ne soit pas évident que l'effet de la cavitation aboutisse à quelque chose de définitif, il n'en demeure pas moins qu'il y a eu atteinte tissulaire importante bien au-delà de ce qui se voit à l'œil nu. Aussi faut-il suivre les principes du paragraphe radical, le chirurgien devra être bien plus incisif en ce qui concerne l'excision tissulaire en la pratiquant souvent de façon empirique et plus large que ne l'exigerait normalement le bon sens clinique. » (14). Cette fausse conception a la vie dure et ressort de temps en temps dans le milieu médical et chirurgical. En 1980, Lindsey écrit dans le Journal of Trauma un éditorial très ferme intitulé « L'odolâtrie de la haute vitesse en balistique : mensonges, foutus mensonges. » qu'il conclut : « ... en attendant, je continuerai à traiter la plaie et non pas l'arme. » (15).

L'étude de l'interaction projectile tissu vivant

C'est l'objet de la balistique lésionnelle. Cette science a pour objet d'analyser et comprendre les phénomènes observés, sans se laisser subjugué par le spectaculaire. Les observations cliniques doivent toujours servir de référence. La méthodologie d'étude de l'IPV comprend un dispositif

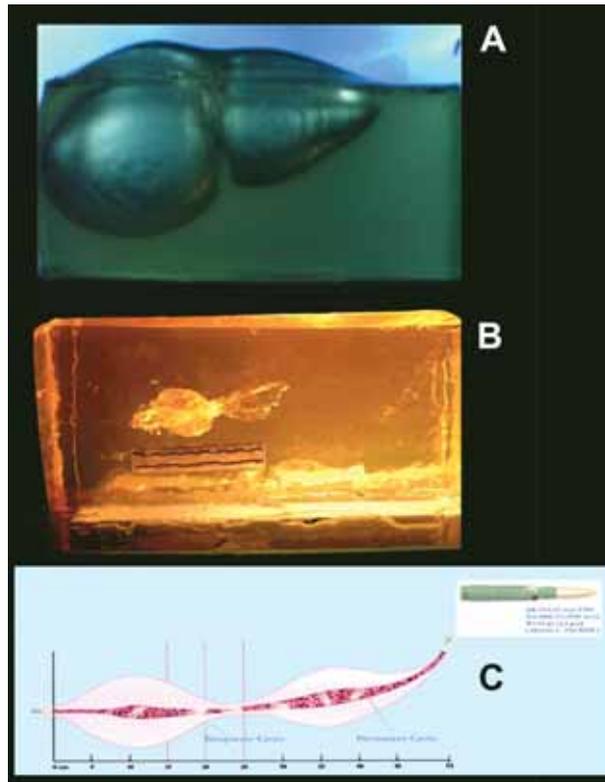


Figure 3. Tir d'AK 74 (5,45x39 mm) dans un bloc de gélatine à 10 % à 4°C. A : image obtenue par caméra haute vitesse montrant la cavité instantanée dans la gélatine. B : photographie d'un bloc après le tir avec visualisation des craquelures par transparence. C : profil lésionnel dessiné selon la méthode de Fackler (16), le diamètre de la cavité temporaire étant obtenu en faisant la somme des rayons des deux plus grandes craquelures. L'erreur (fréquente) consiste à confondre ces trois images. Seul le dessin C reproduit (avec une erreur de 8 %) les dimensions de la cavité temporaire dans le muscle mesurée par radiographie éclair.

de tir (sur affût), un dispositif de mesure de la vitesse du projectile avant l'impact, des munitions éventuellement sous-chargées afin de simuler un tir à distance, un canon dont le pas de rayure est adapté à la distance de tir simulée, une cible qui est le modèle d'étude choisi. La cible peut être un simulant plastique comme l'argile, le savon ou la plastiline qui vont conserver l'empreinte de la cavité temporaire. Il peut s'agir d'un simulant élastique comme la gélatine ou le silicone. Le simulant de référence de l'OTAN est la gélatine à 20 % à température ambiante (20°C). La gélatine à 10 % et à 4°C utilisée par Fackler (16) a des propriétés mécaniques très proches. L'intérêt des simulants biofidèles est de reproduire le comportement du projectile (bascule, déformation, fragmentation), les caractéristiques de l'impact (vitesse, énergie cinétique et quantité de mouvement) et le comportement du milieu (forces, pressions, accélérations et déplacements).

Les mécanismes lésionnels

Les trois effets qu'un agent vulnérant peut produire sont l'étirement (*stretching*), le

broiement (*crushing*) et la coupe (*cutting*). Ces trois effets suivent l'évolution des armes avec utilisation d'une pierre ou d'une massue, puis d'un pieu en bois aiguisé et enfin d'un couteau ou d'une épée lorsque la technologie a permis d'obtenir des lames aiguisées. La deuxième avancée technologique a consisté à lancer l'agent vulnérant à distance au moyen d'une fronde, d'une catapulte ou d'un arcs et plus récemment par un moyen pyrotechnique. Il ne faut pas oublier qu'à énergie égale, la coupe est plus efficace que le broiement, lui-même plus efficace que l'étirement. Ainsi avec une énergie de 70 J, un trait d'arbalète occasionne des lésions plus importantes qu'un projectile d'arme de poing qui lui-même est bien plus vulnérant qu'un projectile de Flash-ball.

Le profil lésionnel

Le profil lésionnel est une méthode qui permet de quantifier les lésions tissulaires par broiement

et étirement produites par un projectile. Le moyen utilisé est un bloc de gélatine calibré par rapport au muscle vivant sur la distance de pénétration (gélatine à 10 % et à 4°C) (16). Il s'agit d'un dessin sur lequel figurent : les composantes de l'IPV (vitesse, distance de pénétration, bascule, déformation, fragmentation, cavité permanente, cavité temporaire) et les dimensions et caractéristiques du projectile avant et après le tir. La profondeur de pénétration corrélée à 3 % près à celle mesurée dans une cuisse de porc vivant. La déformation et la fragmentation des projectiles sont comparables (16). La cavité permanente est un excellent reflet de ce qui est observé dans différents tissus : foie, muscle, tube digestif, poumon... il s'agit de tissus broyés. La cavité temporaire produite par une sphère d'acier de 6 mm, tirée à 1000 m/s, dans une cuisse de porc de 30 kg anesthésié, mesurée par radiographie éclair, reflète avec une erreur de 8 % les craquelures observées dans un bloc de gélatine à 10 %, de 25 x 25 x 50 cm, à 4°C (16). Une erreur de débutant consiste à confondre la cavitation instantanée que l'on peut

filmer avec une caméra haute vitesse lors de la pénétration d'un projectile dans un bloc de gélatine avec la cavité temporaire qui correspond aux craquelures dans la gélatine une fois qu'elle est revenue au repos (et dont le volume est nettement moindre) (Figure 3). La pression mesurée dans la cavité temporaire est de 4 ATA. Sa taille est fonction de la région anatomique atteinte, de l'élasticité et de la densité du tissu traversé, de l'anatomie topographique et du degré de relaxation du muscle. Les lésions par étirement sont variables en

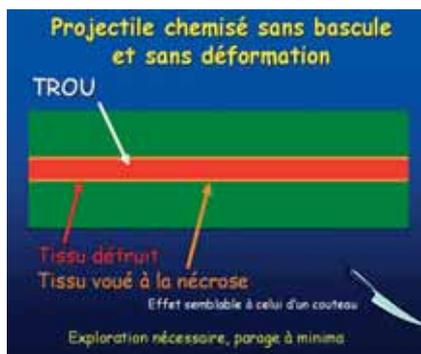


Figure 4. Lésions produites par un projectile chemisé sans bascule et sans déformation. La zone de tissu voué à la nécrose autour du trajet a une épaisseur minimale. Un simple débridement pour évacuer d'éventuels corps étrangers, explorer et laver la plaie suffit.

fonction du tissu traversé : peu importantes pour le poumon, moyennes pour le muscle, très importantes pour les viscères pleins (foie, rate, reins, cerveau). L'intérêt du profil lésionnel est d'avoir une représentation de la pénétration, de la trajectoire, du comportement du projectile (bascule, déformation, fragmentation) sans avoir à

faire des essais in vivo. Le profil lésionnel permet la compréhension du mécanisme lésionnel (peu de lésions au niveau du poumon/traumatismes gravissimes du foie). A perte d'énergie égale, le broiement crée des lésions plus importantes que l'étirement.

Conséquences pour la prise en charge chirurgicale des blessés de guerre

Un projectile chemisé qui ne bascule pas fait un trou. Le trajet composé de tissus broyés est entouré d'une très fine couche de tissu voué à la nécrose comme on peut le voir dans une plaie par arme blanche. Le parage se limitera à l'extraction des corps étrangers (Figure 4).

Un projectile qui bascule ou qui se déforme en champignon va produire autour de la cavité permanente une zone de tissus voués à la nécrose dont le volume est nettement inférieur à la cavité temporaire. Le parage se limitera à réséquer les tissus nécrosés en s'arrêtant là où les tissus sont viables (Figure 5).

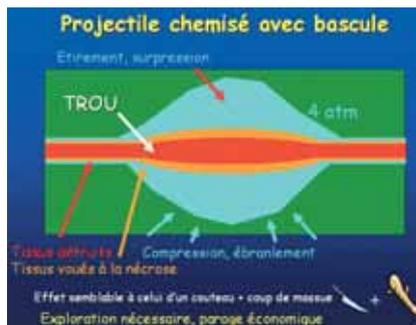


Figure 5. Lésions produites par un projectile chemisé avec bascule. La zone de tissu voué à la nécrose est plus importante et nécessite un parage qui s'arrêtera à la limite du tissu viable.

Un projectile qui fragmente va produire des cavités permanentes secondaires à partir du trajet principal. La zone de tissus voués à la nécrose sera très importante et un parage efficace sera de mise (Figure 6).



Figure 6. Lésions produites par un projectile qui a fragmenté. La zone de tissu voué à la nécrose est importante. Il existe des trajets secondaires qui doivent être explorés. Un parage efficace et complet mais dans de « sages limites » s'impose.

Conclusion

L'équipe médico-chirurgicale prend en charge un blessé, et non pas une arme ou une munition. La connaissance de la balistique lésionnelle permet lors de l'examen d'une plaie par arme à feu de comprendre les phénomènes qui se sont produits et, par exemple, de rechercher des corps étrangers à distance du trajet principal lorsqu'un projectile a fragmenté ou a touché un os. L'onde de choc explosive est un mythe qui parasite encore les décisions chirurgicales. Le débridement et le parage doivent se faire pas à pas, être complets mais dans de sages limites, comme l'avait déjà écrit Ambroise Paré au 16^{ème} siècle. ♦

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Villani G. Cronica I. xii. c. 65.
2. Froissard J. Choniques Tome I, 1369.
3. de Vigo G. Practica Copiosa in Arte Chirurgia, Rome, 1514.
4. Paré A. La méthode de traicter les playes faites par hacquebutes et aultres bastons à feu et de celles qui sont faites par flèches, dards et semblables, Paris 1545.
5. Joubert L. Traité des arbusades, Paris 1570.
6. Huguier PC. Bulletin de l'Académie de médecine, Paris, 1848, t. XIV, p. 7.
7. Melsens. Compte rendu de l'Académie des Sciences, 1867.
8. Melsens. Journal de la Société Royale des Sciences Médicales et Naturelles de Bruxelles, 1872.
9. Delorme E. Traité de chirurgie de guerre. F Alcan Ed., Paris, 1988.
10. Kocher T. Über Schusswunden. Experimentelle Untersuchungen über die Wirkungsweise der Modernen Kleinkalibergeschosse. Leipzig, Verlag von FCW Vogel, 1880.
11. Horsley V. The Destructive Effect of Small Projectiles. Nature, London 1894 ; 50 : 104-8.
12. Woodruff CE. The causes of the explosive effect of modern small caliber bullets. N Y Med J 1898 ; 68 : 593-9.
13. Harvey EN, Korr IM, Oster G, et al. Secondary damage in wounding due to pressure changes accompanying the passage of high velocity missiles. Surgery 1947 ; 21 : 218-39.
14. Gill W, Long WB III. Shock Trauma Manual. Baltimore, Williams & Wilkins, 1978, p 35.
15. Lindsey D. The idolatry of velocity, or lies, damn lies, and ballistics. J Trauma 1980 ; 20(12) : 1068-9.
16. Fackler ML. The wound profile : a visual method for quantifying gunshot wound components. J Trauma 1984 ; 25(6) : 522-9.

Les armes à létalité réduite

J-J DORRZAPF

Centre Technique de la Sécurité Intérieure, Unité de balistique lésionnelle, Le Chesnay.

Les armes à létalité réduite (ALR), considérées comme des moyens de force intermédiaires, sont censées provoquer le minimum de dommage sur les personnes ou les matériels qui en sont la cible. Elles font maintenant partie de l'armement des forces de l'ordre et des armées.

La volonté d'infliger à l'adversaire des dommages justes nécessaires à sa neutralisation ou à sa reddition n'est pas nouvelle. Des écrits datant de 500 ans avant J.C., attribués à Sun Tzu, maître oriental dans l'art de la guerre, démontrent que ce dernier considérait déjà que soumettre une armée ennemie sans perte pour l'un, ni pour l'autre, et que s'approprier un territoire intact plutôt que ses ruines était l'art suprême de la guerre. Il est évident que cette idée n'était pas issue de sentiments humanitaires, mais visait plutôt la récupération du maximum de richesses, tant humaines que matérielles, du pays soumis.

Définitions

Plusieurs définitions des armes à létalité réduite ont fleuri parmi lesquelles on peut retenir cette dernière qui représente bien les ALR dans leur globalité. Elle est un résumé de la directive 3000.3 publiée en 1996 par le département de la défense américain : *« Les armes non létales sont des armes discriminantes qui sont explicitement conçues et principalement utilisées pour frapper d'incapacité le personnel et le matériel, tout en minimisant le risque mortel, les lésions permanentes au personnel et les dommages indésirables aux biens et à l'environnement. Contrairement aux armes létales conventionnelles qui détruisent leurs cibles par explosion, pénétration ou fragmentation, les armes non létales utilisent des moyens autres que la destruction physique totale pour empêcher une cible de continuer à fonctionner. Les armes non létales sont destinées à avoir au moins une des caractéristiques suivantes : elles ont des effets relativement réversibles sur le personnel et le matériel, et elles affectent les objets différemment dans leur zone d'influence ».*

Les cibles des ALR

Les ALR anti-matériels (ALRm)

Elles ont pour objectif de bloquer les systèmes mécaniques, de paralyser les calculateurs numériques, de fragiliser les bâtiments, de dégrader les infrastructures routières, de perturber le climat, etc...

Les ALR anti-personnels

Elles ont des domaines d'applications variés et leurs actions sont multiples : psychologiques (par exemple diffusions de paroles ou d'idées choquantes, notamment dans le domaine de la morale ou de la religion) ; psychotropes (épandage de produits hallucinogènes ou anesthésiants) ; biologiques (agents bactériens provoquant des indispositions passagères) ; sensorielles (lumières violentes continues ou stroboscopiques, bruits intenses, odeurs nauséabondes, etc...) ; électriques (choqueurs de contact, pistolet à impulsions électriques, etc...) ; mécaniques (projectiles en caoutchouc ou en matières plastiques, etc...).

Les ALR cinétiques (ALRc)

Ce dernier type d'ALR, qui génèrent des chocs mécaniques, entre dans la catégorie des ALRc. L'évaluation du potentiel lésionnel de ces dernières est du ressort de la balistique lésionnelle. Une fois ces armes bien caractérisées, elles seront, selon les résultats des tests lésionnels, soit acceptées ou mieux adaptées au besoin opérationnel, soit rejetées. Avant mise en dotation, une doctrine d'emploi est rédigée, élément indispensable qui, en définissant leurs domaine et limite d'utilisation, garantit leur qualification d'ALRc.

Ce terme d'ALRc devrait regrouper tous les moyens de neutralisation à létalité atténuée ou « sub létaux » dont le mode d'action est le choc mécanique. Sont logiquement inclus dans cette catégorie, les bâtons de défense dont l'archétype pourrait être le bâton blanc que le gardien de la paix d'antan arborait à sa ceinture. Son rôle variait selon les circonstances, allant de celui de moyen de communication pour la régulation de la circulation, à celui de bâton de défense ou de coercition face à des individus menaçants ou récalcitrants. Une fois encore, l'on constate que ces armes ne sont pas récentes. Cependant, en étudiant leur évolution ou ayant participé à leur développement, on observe que les ALRc ont commencé à intéresser les forces de l'ordre et conséquemment les laboratoires chargés de les étudier ou de mener des recherches à leur sujet à partir du moment où l'on a

cherché à neutraliser ou à arrêter l'action d'un individu à distance tout en réduisant au maximum le risque de le tuer ou de lui porter des blessures irréversibles.

La caractérisation des ALRc

Dans les premiers temps des balbutiements des ALRc, le ministère de l'intérieur, dont les agents ont pour mission d'appliquer la force en temps de paix, souhaitait se doter de systèmes strictement non létaux et ne devant pas générer de lésions irréversibles. Il s'est avéré assez rapidement que ce désir ne pourrait jamais être exhaussé. A la suite des premières expérimentations menées par le Centre technique de la sécurité intérieure (CTSI), un important travail d'information a dû être effectué face à la croyance grandissante et euphorisante en des armes neutralisantes non létales et non traumatisantes. Cette croyance était d'autant plus tenace qu'elle était renforcée par les arguments commerciaux diffusés par des fournisseurs qui, faute de moyens de tests adaptés et de compétences dans le domaine de la balistique lésionnelle, n'avaient aucune idée du potentiel lésionnel réel des armes qu'ils mettaient sur le marché. Cette mission d'information se trouva confrontée à deux obstacles majeurs : la frustration des utilisateurs toujours à la recherche de la panacée et le mécontentement des industriels qui voyaient dans nos résultats d'évaluation une contradiction à leurs déclarations, quoi que peu contraignantes pour eux car verbales, de non dangerosité de leurs produits.

Les besoins des forces de l'ordre évoluent constamment en fonction des violences multiformes auxquelles elles doivent faire face. S'il existe des programmes de dotation d'ALRc à long terme qui nécessitent de longues expérimentations, très souvent l'administration se trouve confrontée à l'obligation de répondre à un besoin urgent exprimé par les personnels sur le terrain. L'impossibilité de mettre en service une ALRc sans l'avoir préalablement évaluée impose une réponse rapide du CTSI afin de satisfaire l'attente des services. Cette

célérité dans la réponse de notre laboratoire est rendue possible grâce à une veille technologique et des tests systématiques sur les nouveaux matériels, aux études prospectives sur l'évolution de la violence et les moyens de la juguler. La mise en place de protocoles permettant d'obtenir des résultats pertinents dans un temps raisonnable est, de même, un élément fondamental pour répondre aux besoins urgents du terrain (Photo 1).

Les protocoles de tests suivis pour caractériser les ALRc doivent tenir compte du mode d'action de ces matériels et intégrer la nécessité d'un équilibre entre des lésions acceptables et l'efficacité sur le plan de la neutralisation. D'une manière générale, la problématique des ALRc est plus complexe que celle de l'armement conventionnel. En effet, la capacité de neutralisation d'une arme classique dépend d'un seuil lésionnel minimal alors que l'action d'une ALRc doit se situer entre une limite basse (seuil d'efficacité) et une limite haute au-delà de laquelle le risque de létalité, ou simplement de lésions irréversibles, est majeur. Les lésions occasionnées par un impact dépendent, pour un projectile donné, de sa



Photo 1. Contusion pulmonaire.

vitesse. Cette dernière étant une fonction de la distance de tir, l'effet du projectile peut être, selon les cas, très dangereux ou carrément inefficace. Cette dangerosité dépend également régions anatomiques atteintes.

Depuis 1991 le CTSI mène des expérimentations en balistique lésionnelle. En 1998, une étroite collaboration avec la faculté de médecine de l'université Claude Bernard à Lyon s'est engagée. Les premières évaluations du potentiel lésionnel d'ALRc en vue de sa mise en dotation à grande échelle remontent à 1994 avec le Flash-ball.

Résultats expérimentaux

Le potentiel lésionnel d'un lanceur de balles en caoutchouc qui devait répondre à un cahier des charges prévoyant des distances de tirs comprises entre 5 et 15 m a été évalué. Le lanceur tirait des projectiles sphérique

en caoutchouc mou d'un diamètre de 40 mm environ. Le protocole de tests en lésionnel était le suivant : les tirs sont effectués sur les régions anatomiques en regard desquelles sont situés les organes



Photo 2. Plaie stellaire du foie.

les plus critiques sur le plan des lésions susceptibles d'être générées lors de chocs contondants à savoir les régions thoracique, abdominale et crânienne. Au niveau thoracique et abdominal, sont recherchées les lésions pulmonaires et hépatiques. Lors des tests en région pulmonaire sont vérifiés les points suivants : présence de fracture(s) de côtes (nombre de côtes fracturées, types de fractures) ; perforation de la plèvre consécutive aux fractures costales ; contusion, perforation du poumon sous-jacent. Pour le foie, est vérifiée la présence de plaies ou de fissures du parenchyme hépatique susceptibles de générer des hémorragies. Les chocs générés par les projectiles sur les régions testées doivent être contondants. Toute pénétration intra thoracique ou abdominale d'un projectile est éliminatoire. Seule une effraction cutanée limitée aux plans superficiels peu profonds peut être tolérée.

Pour le crâne, les tests portent généralement sur la région temporale, notamment l'écaille temporale en raison de sa fragilité par rapport aux autres parties osseuses crâniennes et de la présence sous-jacente de l'artère méningée moyenne. Est notamment prise en compte la présence des éléments lésionnels suivants : fractures osseuses ; embarrures ; lésions des éléments intracrâniens (vaisseaux sanguins, méninges,



Photo 3. Absence de fracture osseuse.

encéphale). Le choc doit être contondant. Toute pénétration intracrânienne du projectile est éliminatoire.

L'évaluation des lésions constatées au droit de l'impact et, éventuellement, à distance, permet d'attribuer à la munition un indice lésionnel en fonction de l'existence de lésions et, le cas échéant, de leur gravité. Lors des tests des premiers lots de munitions, réalisés sur porcs anesthésiés, les énergies atteintes étaient de l'ordre de 300 J pour une distance de tir de 5 m. On constatait (Photo 1) une lésion du poumon due aux éléments osseux des côtes brisées accompagnée d'une contusion hémorragique dans toute la profondeur du parenchyme sous-jacent et une plaie stellaire du foie (Photo 2).

La gravité des lésions observées dépassait largement le niveau lésionnel acceptable pour une ALRc. Plusieurs expérimentations ont permis de définir une énergie d'impact à 5 m de l'ordre de 180 J. Les lésions observées dès lors, tant en région thoracique, abdominale que crânienne (Photos 3 et 4), montraient un niveau acceptable.

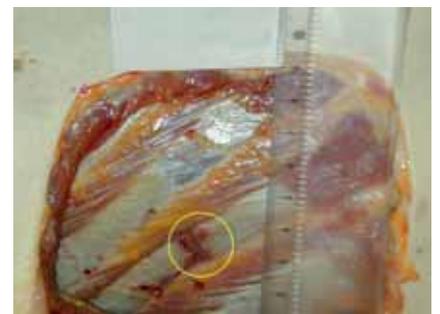


Photo 4. Présence d'une fracture costale simple.

Conclusion

Les ARL antipersonnels sont présentes dans le maintien de l'ordre et sur les théâtres d'opérations extérieurs. Elles doivent demeurer un moyen d'action intermédiaire et ne pas tendre à remplacer l'armement conventionnel. Malgré leur faible niveau lésionnel, leur usage doit être contrôlé. Il n'existe pas d'ALR par essence leur utilisation doit être encadrée par une doctrine d'emploi. Au plan médical, ne pas négliger les lésions qu'elles sont susceptibles de générer du seul fait de leur appellation souvent faussement rassurante.

L'action des ALRc doit se situer dans un espace lésionnel étroit, borné par les besoins à la fois d'efficacité et de létalité atténuée. Des tests rigoureux sont nécessaires dans le domaine de la balistique lésionnelle devenue une science multidisciplinaire. ♦

Analyse de l'EEG pendant les 30 minutes suivant un impact crânien par projectile à létalité atténuée

JC SARRON (MC)¹, C DESTOMBE (VEC)², C AGLIONI (IACS)³, VEC G FLORENCE (VEC)⁴

1. DGA/D4S/SASF, Bagneux ; DCSSA/AST/REC, Vincennes ; 3. IMTSSA, Le Pharo, Marseille ; 4. IMASSA, Brétigny sur Orge.

Sur tous les théâtres d'opérations récents, 20 à 25 % des blessés souffrent de traumatisme crânien (TC). Il est admis que le TC est l'une des causes principales de lésion au combat après la blessure des membres. Les blessures à la tête sont soit des blessures pénétrantes, le plus souvent par des projectiles conventionnels ou des éclats, soit des blessures non-pénétrantes par des chocs directs ou indirects.

Les armes cinétiques à létalité réduite ou atténuée (ALRc) infligent des blessures non pénétrantes de nature balistique par un contact direct entre le projectile et le corps. Le phénomène a été décrit lors de l'introduction des projectiles caoutchouc « bâtons » dans les années 1970 lors des conflits entre l'armée britannique et les populations d'Irlande du Nord. Le taux de mortalité est alors de 1 pour 18 000 tirs en raison de projectile très énergétiques (> 350 J). L'intifada et les conflits israélo-arabes entre 1990 et 2002 sont aussi marqués par des blessures sévères et des décès notamment par des atteintes de la face et du crâne (1). Les munitions conventionnelles de petits calibres sont aussi susceptibles de provoquer des blessures non-pénétrantes lorsqu'elles sont stoppées par un casque de protection balistique. Le traumatisme est alors indirect ; la blessure est induite par la déformation du casque et on parle d'« effets arrière » (2). La nature des nouveaux conflits et la recrudescence des engins explosifs improvisés génèrent également des TC fermés qui peuvent être gravissimes.

La conception et le développement de nouvelles protections individuelles imposent de connaître précisément les effets provoqués par ces projectiles sur l'extrémité céphalique. La démarche suppose de bien connaître les effets lésionnels mais aussi les effets fonctionnels tant sur le plan physiopathologique que sur le plan biomécanique. Or l'investigation cérébrale des blessés crâniens survient toujours tard à l'hôpital, au mieux une demi-heure après l'agression. Ce travail s'est attaché à étudier les effets cérébraux et systémiques très précoces lors d'impacts crâniens contrôlés sur des animaux anesthésiés, ventilés et analgésiés. L'étude est fondée, entre autre, sur une analyse électroencéphalographique (EEG) afin d'appréhender les modifications dynamiques de l'activité corticale contemporaine de la constitution des endommagements.

Moyens d'investigations

L'étude a impliqué 28 veaux âgés d'environ deux mois, pesant en moyenne 53 kg, anesthésiés selon un protocole présenté et accepté par le comité d'éthique de l'Institut de médecine tropicale du Service de santé des armées. Le modèle a été choisi en raison de la masse du cerveau et de l'épaisseur de la voûte osseuse qui sont similaires à celles de l'homme et à l'absence de sinus frontaux à cet âge. Chaque animal a été prémédiqué par une injection IM d'une molécule $\alpha 2$ -agoniste (romifidine, Sedi-

SE50, SE95 et analyses bispectrales : bispectre, bicohérence). Les grandeurs ont été calculées sous Matlab® puis traitées statistiquement par ANOVA. Chaque animal était son propre témoin.

Analyses EEG

Tous les animaux présentent sous anesthésie, avant l'impact, de grandes ondes delta monomorphes amples et régulières. Ces ondes sous le choc deviennent moins amples et plus irrégulières pour 60 % de l'effectif. Parmi eux, la moitié montre des

pauses électriques transitoires ou définitives (9 %). L'analyse spectrale confirme une baisse de l'énergie contenue dans le signal EEG, par l'effondrement transitoire de la densité de puissance spectrale ($p < 0,001$) après l'impact (Figure 1) puis à une remontée progressive en 10 à 15 minutes. Il se produit un déplacement du spectre des fréquences vers les très basses fréquences. La fréquence médiane ou SE50 est

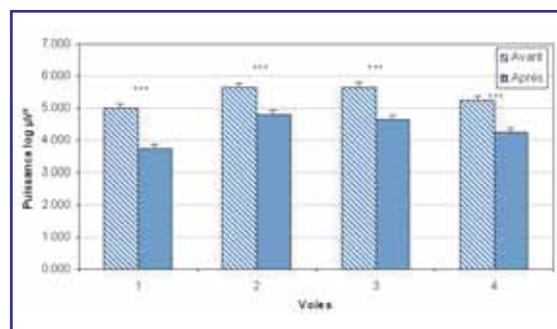


Figure 1. Baisse globale de la puissance spectrale.

vet®), 0,011 mg/kg) et de sulfate d'atropine (0,04 mg/kg). Il a ensuite été anesthésié au masque par un mélange d'isoflurane et d'oxygène avant d'être intubé puis mis sous respirateur (isoflurane 1,5 %). L'analgésie a été obtenue par administration IV de sufentanil (0,4 µg/kg) quinze minutes avant le tir. Les mesures des variables cardiorespiratoires (ECG, SpO₂) et de l'EEG (4 voies unipolaires symétriques : deux frontales et deux occipitales) ont été centralisées sur un enregistreur Datex Ohmeda S5™. L'impact médiolatéral gauche était réalisé par des projectiles ALRc 40 mm de 37 g développant des énergies entre 24 et 143 J.

L'activité électrique cérébrale a été explorée par des enregistrements EEG en continu, recueillis depuis 15 minutes avant et jusqu'à 30 minutes après l'impact (analyses spectrales : densité de puissance spectrale,

de 1 Hz avant le tir ; elle diminue significativement sur les quatre dérivations à 0,7 Hz après le tir ($p < 0,001$). En revanche la SE95 reste stable à 3 Hz. Les faibles valeurs sont liées au modèle et à l'anesthésie. La bicohérence montre que globalement l'impact augmente le couplage entre les fréquences ($p < 0,001$). Cependant, ces variations ne sont pas uniformes sur la bande 0,5-3 Hz qui rassemble la quasi-totalité de l'activité corticale. Il apparaît une augmentation significative pour les basses fréquences inférieures à 0,5 Hz ($p = 0,001$) et des diminutions significatives entre 1 et 1,2 Hz ($p < 0,001$) (Figure 2).

Constatations lésionnelles

L'examen tomodensitométrique (TDM) et l'autopsie révèlent des lésions osseuses, des collections de sang sous forme d'hé-

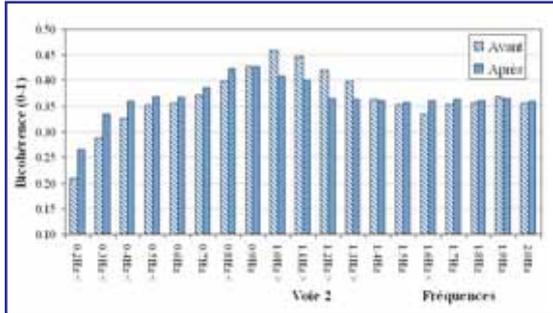


Figure 2. Une analyse fine de la bicohérence pour les fréquences de moins de 2 Hz montre une augmentation significative sous 0,5 Hz ($p = 0,001$), mais une diminution entre 1 et 1,4 Hz significative ($p < 0,001$) pour les voies 1, 2 et 3 (ici la voie 2).

matomes principalement sous-duraux, un cas d'hématome extra-dural et la quasi constance d'hémorragies méningées (Photo 1). Tous les animaux ont présenté une ou plusieurs des lésions sus-citées à l'exception du veau soumis à l'énergie la plus faible. Le niveau d'énergie conditionne la sévérité des blessures cérébrales notamment les fractures osseuses et les contusions cérébrales ($p < 0,001$). En revanche, les hémorragies méningées, quasiment toujours présentes, sont indépendantes du niveau d'énergie. Les perturbations EEG ne sont pas corrélées significativement aux blessures.

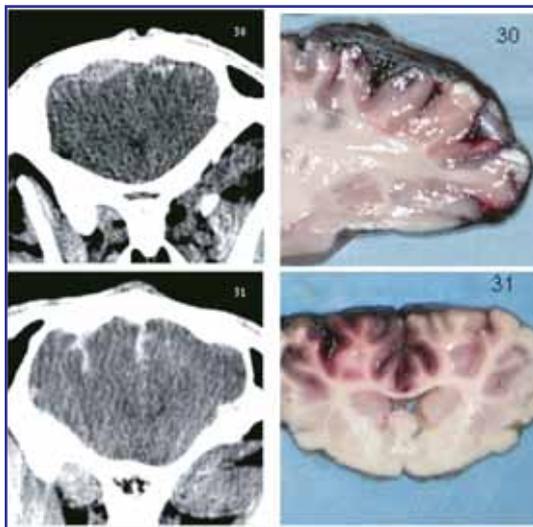


Photo 1. Comparaison TDM et pièces anatomiques confirmant hémorragies méningées et hématomes sous-duraux.

Interprétations

Les résultats de l'analyse spectrale indiquent que le traumatisme crânien est responsable de modifications transitoires de l'activité cérébrale bien que le veau de quelques semaines ait naturellement une activité électrique cérébrale corticale « frustrée » du fait de l'immaturité cérébrale et que l'anesthésie renforce encore le déplacement du spectre vers les ondes lentes. Les très basses fréquences inférieures

à 3 Hz restent clairement une limitation du modèle. En dépit de ces inconvénients, il est montré une réduction de l'activité EEG en amplitude et en rythme provoqué par le choc mécanique. Le plus souvent, une récupération électrique survient en 10 à 15 minutes sans pouvoir trouver une relation avec la sévérité des blessures. La bicohérence a montré son intérêt dans l'étude des événements non-linéaires (induction d'anesthésie, épilepsie, transition veille-sommeil, etc...). Elle est utilisée notamment en anesthésiologie pour évaluer la profondeur de l'anesthésie et ainsi limiter l'utilisation des drogues, écourter la narcose et améliorer la qualité du réveil (3). Sur ce modèle animal, l'anesthésie à l'isoflurane augmente le taux de couplage fréquentiel de 20 % par rapport à l'éveil. L'impact cérébral augmente encore l'intensité du couplage notamment dans les très basses fréquences. Ces éléments pourraient être en faveur d'un changement d'état cérébral vers une narcose plus profonde et s'interprète comme une accentuation de la profondeur du coma qui n'est alors pas qu'anesthésique. Le niveau d'énergie de l'impact crânien conditionne naturellement la gravité des blessures mais ne préjuge en rien des hémorragies méningées très fréquentes. Il n'a pas été mis en évidence de relation entre la gravité des blessures et les

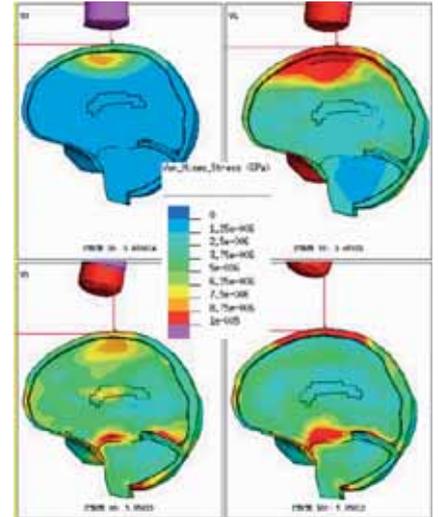


Photo 2. Contraintes mécaniques en cisaillement dans un encéphale humain en simulation.

indicateurs EEG explorés. Il semble, malgré tout, que la suspension transitoire de l'activité cérébrale dépende de l'intensité de l'impact. Un défaut de puissance en est vraisemblablement la raison.

Conclusions et perspectives

L'observation des conséquences immédiates d'un impact crânien par un projectile ALRc confirme la gravité des blessures (fracture, hémorragies méningées, etc...) lorsque l'énergie à l'impact est supérieure à 80 J. Les blessures s'accompagnent de perturbations électriques en faveur d'une synchronisation et d'une suspension transitoire de l'activité corticale. Ce changement d'état serait compatible avec l'installation d'un coma transitoire.

Grâce à la simulation numérique des chocs, ce modèle animal a été transposé à un modèle humain virtuel (Photo 2). L'étude mécanique a mis en évidence des cisaillements sous-duraux, très localisés en coïncidence de l'impact, qui sont compatibles avec les ruptures de vaisseaux à l'origine des hémorragies méningées. La conjugaison des observations fonctionnelles EEG et mécaniques confirme la gravité des blessures et l'intérêt de mieux caractériser les effets immédiats des ALRc. ♦

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Mahajna A, Aboud N, Harbaji I, Agbaria A, Lankovsky Z, Michaelson M, Fisher D, Krausz MM. Blunt and penetrating injuries caused by rubber bullets during the Israeli-Arab conflict in October 2000 : a retrospective study. The Lancet 2002 ; 359 : 1795-800.
2. Sarron JC, Dannawi M, Faure A, Caillou JP, Da Cunha J, Robert R. Dynamic effects of a 9 mm missile on cadaveric skull protected by aramid, polyethylene or aluminum plate. An experimental study. J Trauma 2004 ; 57(2) : 236-42.
3. Billard V, Constant I. Analyse automatique de l'EEG : quel intérêt en l'an 2000 dans le monitoring de la profondeur de l'anesthésie. Ann Fr Anesth Réanim 2001 ; 20 : 763-85.

Les simulants en balistique lésionnelles

N PRAT (Méd)

IMTSSA/UCPE, Le Pharo, Marseille.

Depuis Fackler dans les années 80, lorsque l'on parle de simulateur balistique, la première image qui vient à l'esprit est un bloc de gélatine marqué d'un profil lésionnel. Mais la balistique lésionnelle ne se limite pas à l'étude de ces profils. Elle s'intéresse de façon beaucoup plus large à l'Interaction Projectile-Vivant (IPV).

Il faut donc définir le terme de simulateur comme l'ensemble des techniques permettant de simuler l'interaction entre le projectile et le corps humain. Là aussi, il ne faut pas être réducteur avec le terme de projectile. Il englobe tout ce qui va percuter le corps humain. Il peut-être perforant (balle, éclat) ou non-perforant (arme à létalité réduite cinétique ou effets arrière des protections balistiques). Il existe donc plusieurs types de simulateurs dont le choix dépendra du type de projectile étudié et des informations recherchées.

Les matériaux de référence

Isotropes et homogènes, les matériaux de référence permettent de caractériser le projectile en étudiant de façon précise et reproductible son comportement et ses effets lors de l'impact. Cependant, même si certains comme la gélatine possèdent des caractéristiques proches de certains tissus vivants, ils ne peuvent pas renseigner sur des données physiologiques locales ou générales, ni même sur des données physiques de tissus complexes.

La gélatine

Généralement à 10 % (de 8 à 30 %), la gélatine est très employée car elle possède des caractéristiques physiques et dynamiques comparables à celles du muscle vivant (1). Lors de la formation de la cavité temporaire due au passage du projectile, la gélatine se déchire de façon stellaire, et le diamètre maximal de ces déchirures correspond au diamètre de la cavité temporaire provoquée dans le muscle par le même projectile, dans la mesure où la calibration et les conditions d'utilisation de la gélatine sont correctes. Il est important d'insister sur le fait que ce sont les marques laissées dans la gélatine par la cavitation temporaire et non la cavitation elle-même qui doit être comparée à la cavité temporaire du muscle. De même, la cavité permanente laissée par le projectile dans la gélatine est comparable à celle retrouvée dans le muscle. La gélatine étant un matériau transparent, cela permet une observation visuelle simple du profil lésionnel décrit par Fackler (1) ainsi que

du comportement propre du projectile lors de son trajet « intra corporel ». Il est également possible, via la mesure du diamètre des fissures de connaître la quantité d'énergie cédée par le projectile à chaque moment de sa pénétration (2).

La plastiline

C'est le matériau de référence pour la plupart des normes de protection balistique (effets arrière), même s'il en existe un très grand nombre de variétés aux propriétés mécaniques très disparates empêchant la comparaison des résultats obtenus. La plastiline est une matière plastique, faiblement élastique, constituée d'une sorte d'argile huileuse. Son principal intérêt est de conserver la forme de la déformation maximale créée par le passage du projectile, permettant par exemple des moulages en plâtre donnant un aperçu global de la cavité temporaire maximale. Ses deux principaux défauts sont l'impossibilité de distinguer les cavités permanentes et temporaires, ainsi que son absence de calibrage par rapport aux tissus biologiques. Ceci implique une absence totale de corrélation entre la déformation observée à l'arrière du gilet de protection dans la plastiline et les effets lésionnels (3).

Les autres matériaux

Le savon balistique se rapproche par ses caractéristiques de la plastiline. Cependant sa plus grande rigidité lui permet d'être découpé après l'impact et de fournir des éléments pour le profil lésionnel comme la cavité temporaire, mais toujours avec l'absence de notion de calibration. D'autres matériaux comme le silicone sont en cours de développement et restent assez peu répandus.

Les modèles animaux

L'intérêt de l'utilisation d'un modèle vivant est bien évidemment l'étude et l'enregistrement des données physiologiques lors de l'impact. Ceci permet d'appréhender les réelles conséquences lésionnelles de l'impact, et non plus seulement la caractérisation du projectile. Il faut cependant

faire attention à bien prendre en compte les spécificités physiologiques et anatomiques de chaque espèce (ECG différent et thorax aplati latéralement chez le porc, tissu cérébral immature avec EEG difficilement interprétable chez le jeune veau) ainsi que les éventuels biais induits par l'anesthésie éthiquement obligatoire (3).

Le modèle animal de référence pour les traumatismes thoraco-abdominaux est le porc. Cet animal s'est imposé pour ses similitudes morphométriques avec l'homme (3) et l'expérience acquise dans le domaine cardiovasculaire (4,5). Pour ce qui est de l'extrémité céphalique, le jeune veau reste plus adapté grâce à une épaisseur de boîte crânienne similaire à celle de l'homme.

Le cadavre humain

L'utilisation de modèles cadavériques (*Post Mortem Human Subjects*) permet de s'affranchir des différences morphologiques des modèles animaux. Bien évidemment, le fait de ne pas travailler sur du matériel vivant empêche l'acquisition de paramètres physiologiques. Par contre, l'enregistrement de données physiques telles que des pressions et des déplacements reste réalisable. Différentes méthodes de remise en conditions physiologiques (mise en pression vasculaire, mise en pression pulmonaire, position corporelle) sont disponibles, mais aucune n'a réellement pu être scientifiquement validée (6).

L'absence de réponse musculaire sur le cadavre n'est pas à considérer comme facteur limitant au niveau global car même chez le vivant, les phénomènes physiques lors de l'impact sont trop rapides pour engendrer une réponse musculaire (7). Cependant, au niveau local, les modifications induites par l'absence de tonus musculaire ne sont pas clairement établies.

L'aspect éthique de l'utilisation de corps humains doit être pris en compte et il est important de bien apprécier les bénéfices réels de l'expérimentation (7).

Les modèles numériques

Les plus connus en balistique lésionnelle sont ceux utilisant la méthode des éléments finis, appliquée à des milieux continus déformables (8). Chaque partie (projectile, protection, thorax) est modélisée à l'aide d'un nombre fini d'éléments (Figure 1) (9), dont la taille, et donc le nombre, dépend du rapport précision/complexité du calcul



Figure 1. Exemple de représentation d'un thorax humain par éléments finis (ESI Group).

souhaité (10). Chacun de ces éléments est défini en termes de comportement mécanique. A la fin du calcul correspondant à un impact, il est possible d'extraire, pour chaque élément de base, des données de temps, de pression, de contrainte, de déplacement, de vitesse et d'accélération. L'intérêt majeur de l'utilisation et du développement d'un tel modèle numérique réside dans la visualisation et la quantification des événements que l'observation expérimentale est incapable de fournir, compte tenu de leur brièveté (durée de l'impact inférieure à 500 μ s) (10). Bien

entendu, après validation expérimentale du modèle, son utilisation permet de se passer des autres moyens expérimentaux, et en particulier humains et animaux.

Il existe un autre type d'outil permettant de prédire les lésions observées en fonction des données de l'impact (11). Ce modèle probabiliste a été conçu à partir d'un recueil rétrospectif de données. Malheureusement, il n'est pas possible de faire varier d'autres paramètres que la localisation des orifices d'entrée et de sortie, ce qui enlève beaucoup d'intérêt au produit.

Les modèles mécaniques

Utilisés principalement pour l'étude de traumatismes thoraciques non pénétrant, ces modèles essaient de reproduire, sur le plan biomécanique, la réponse du corps humain à certaines sollicitations. Il existe plusieurs modèles dédiés aux effets arrière, de conceptions différentes, comme le RIG anglais (Figure 2) ou le THOR canadien.



Figure 2. RIG, modèle physique de thorax (Royaume Uni).

Les avantages de tels modèles sont d'une part une instrumentation pratique, et d'autre part une bonne reproductibilité des résultats obtenus, due à l'utilisation de matériaux non biologiques. Les limites de ce modèle résident dans sa gamme de réponse très étroite, tant en terme de type de sollicitation, qu'en terme de couple masse-vitesse.

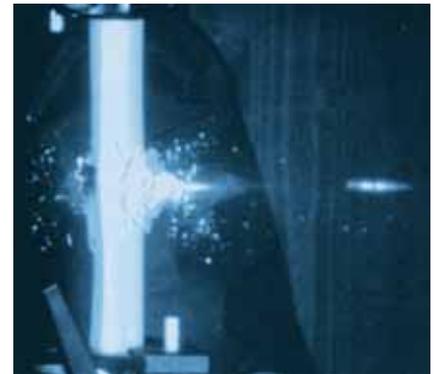


Figure 3. Modèle synthétique balistique d'os long (12).

Les modèles synthétiques

Il est possible d'élaborer certains modèles « anatomiques » à partir de matériaux homogènes. On retrouve entre autres un modèle d'os long (Figure 3) (12) ou le modèle « skin, skull, brain » (13). Ces modèles offrent un comportement assez fidèle lors de l'impact. Il est ainsi possible de les utiliser comme base de comparaison pour expliquer certains phénomènes, principalement dans le domaine médico-légal. ♦

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Fackler ML, Malinowski JA. The wound profile : a visual method for quantifying gunshot wound components. J Trauma 1985 ; 25(6) : 522-9.
2. Jussila J, Measurement of kinetic energy dissipation with gelatine fissure formation with special reference to gelatine validation. Forensic Sci Int 2005 ; 150(1) : 53-62.
3. Sendowski I et al. Effets arrières des gilets de protection en mode non transfixiant : recherche de normes de tolérance. Rapport DRET 93/1349J. Diffusion Restreinte. 1994.
4. Williams CH, Hardaway RM, Dozier M, Hémorragie and simulated traumatic shock in domestic pigs. Swine in biomedical research, ed. p. press. Vol. 3. 1986, New York.
5. Leek KT. Swine as animal models in cardiovascular research. Swine in biomedical research, ed. p. press. Vol. 3. 1986, New York.
6. Prat N. Mise au point d'un modèle de PMHS bio-instrumenté pour l'étude des lésions produites par des armes dites non létales. Lyon 2004.
7. King AI et al. Humanitarian benefits of cadaver research on injury prevention. J Trauma 1995 ; 38(4) : 564-9.
8. Sarron J, Destombe C. Place de la modélisation numérique dans la compréhension des blessures par projectile de guerre sous protection antibalistique. Médecine et Armées 2001 ; 29(5) : 479-85.
9. Chen P. Finite element dynamic structural model of the human thorax for chest impact response and injury studies. Aviation, Space, and environmental medicine 1978 ; january : 143-9.
10. Sarron J. La modélisation numérique dans la définition de nouvelles protections individuelles antibalistiques. L'Armenent, revue interne DGA 2001 ; décembre : 54-61.
11. Ogunyemi O. Methods for reasoning from geometry about anatomic structures injured by penetrating trauma. J Biomed Inform 2006 ; 39(4) : 389-400.
12. Kneubuehl BP, Thali MJ. The evaluation of a synthetic long bone structure as a substitute for human tissue in gunshot experiments. Forensic Sci Int 2003 ; 138(1-3) : 44-9.
13. Thali MJ et al. The "skin-skull-brain model" : a new instrument for the study of gunshot effects. Forensic Sci Int 2002 ; 125(2-3) : 178-89.

Préparation du modèle animal pour expérimentation balistique

V MARDELLE (MP)¹, W MENINI (IACN)², C AGLIONI (IACS)^{1,2}, E. PEYTEL¹ (MC)

1. Service de réanimation, HIA Laveran, Marseille. 2. Unité de chirurgie et physiologie expérimentale, IMTSSA, Le Pharo, Marseille.

La balistique lésionnelle est une science expérimentale étudiant l'interaction entre un projectile et les tissus vivants. Le développement d'armes nouvelles (armes à létalité réduite par exemple), l'évaluation de nouveaux matériaux utiles à l'élaboration d'effets de protection impose à cette recherche multidisciplinaire une mise à jour permanente des connaissances acquises.

L'issue de cette recherche sert trois principaux champs d'application : l'expertise balistique (sciences médico-légales, potentiel lésionnel des armes, etc...), l'étude des effets de protection (efficacité, étude de l'effet arrière, etc...), et l'amélioration des techniques de prise en charge médicale des blessés. L'expérimentation animale reste d'actualité en l'absence de modèle physique ou numérique fiable.

Intérêt de l'expérimentation animale

L'étude comparative de cas réels auprès des hôpitaux, instituts médico-légaux ou du Comité International de la Croix-Rouge permet de disposer de données statistiques rétrospectives qui ne peuvent, seules, satisfaire les impératifs de connaissance dans le domaine de la balistique lésionnelle. Les études sur des tissus vivants sont incontournables. L'organisme humain présentant les caractéristiques mécaniques d'un milieu inhomogène, anisotrope et de géométrie complexe, différents modèles inertes permettent de reproduire ses caractéristiques biomécaniques. Ce sont des modèles simulants simples, constitués de matériaux dits de référence.

La gélatine à 10 et 20 % présente des caractéristiques mécaniques proches de certains tissus biologiques. La plastiline est encore utilisée pour sa capacité à conserver sa forme après enfoncement par un projectile. Ces matériaux sont utiles à l'analyse balistique terminale des projectiles pénétrants ou contondants (armes à létalité réduite, effet arrière des effets de protection, etc...). Le modèle biologique vivant, contrairement aux modèles inertes, permet la description des phénomènes physiopathologiques consécutifs au traumatisme (hémorragies, emphysème, œdème, état de choc, etc...). Enfin, il reste celui qui reproduit au mieux la complexité des structures anatomiques à étudier. Cette complexité structurelle rend compte de la difficulté à développer des modèles numériques.

Réglementation et éthique

Les impératifs d'éthique et de respect de la condition animale ont conduit le législateur à encadrer l'expérimentation animale de règles précises. La convention européenne sur la protection des animaux vertébrés utilisés à des fins expérimentales ou à d'autres fins scientifiques, adoptée à Strasbourg le 18 mars 1986 et signée par la France en 1987, détaille les soins et les conditions d'hébergement des animaux dans les centres d'expérimentations, les autorisations et les qualifications requises des personnels, les conduites des procédures, la tenue des divers registres et des autorisations des centres et personnel. Le non-respect de cette convention entraîne des sanctions pénales conformément au décret n° 2001-464 du 29 mai 2001 modifiant le décret n°87-848 du 19 octobre 1987 relatif aux expériences pratiquées sur les animaux vertébrés. Dans ce cadre, le ministère de la défense ne bénéficie d'aucune dérogation réglementaire.

L'expérimentation animale doit être raisonnée et justifiée par des valeurs et intérêts prépondérants. Les scientifiques ont le devoir de montrer la nécessité et le bien fondé de toute expérience sur l'animal et d'examiner consciencieusement si elle est éthiquement justifiable par le moyen d'une pesée des intérêts mis en jeu. L'absence d'alternative à l'utilisation d'animaux doit être prouvée. Chaque projet de recherche doit être soumis à une commission chargée d'en effectuer l'expertise éthique. Elle se compose de 3 à 15 membres, comprenant des expérimentateurs, des vétérinaires et des non scientifiques. Elle veille au respect des principes de légitimité, de limitation et de sensibilité dans cette activité. Elle s'assure également de la conformité des protocoles de recherche avec la réglementation et de leur pertinence.

En pratique, l'élaboration du protocole d'étude doit respecter la règle des 3R édictée par Russel et Burch.

- Le « remplacement » des espèces sensibles par des espèces non sensibles ou des modèles non vivants.
- La « réduction » du nombre d'animaux au minimum nécessaire à l'obtention de résultats valides.
- Le « raffinement » correspondant à l'utilisation de protocoles anesthésiques et analgésiques pour les interventions douloureuses.

Choix d'un modèle animal

Le modèle animal choisi pour une étude balistique doit présenter des caractéristiques anatomiques et physiologiques proches de celles de l'homme, de telle sorte que les impacts et/ou lésions observées ainsi que leurs conséquences puissent être comparables à celles attendues chez l'homme. En outre, il doit permettre une instrumentation fiable. Pour l'étude des impacts thoraco-abdominaux pénétrants et non pénétrants, le modèle utilisé est le porc de race Large White de 70 à 80 kg. Le tissu cutané est souple et peu lâche, l'anatomie des organes cardio-circulatoires, respiratoires et digestifs, leur topographie interne, s'approche de l'anatomie humaine. Ces similitudes s'étendent aux caractéristiques hémodynamiques (pression artérielle, volémie, etc...) et respiratoires. Certaines particularités sont à connaître (cou court et large, membres de petites tailles, quatre lobes pulmonaires droits, etc...). Pour les impacts crâniens le choix se porte sur le veau de race Holstein de 60 à 70 kg, dont la composition des os de la boîte crânienne s'apparente en épaisseur et en densité avec celle de l'homme.

Organisation pratique

La préparation de l'animal vivant anesthésié et instrumenté pour l'expérimentation balistique requiert plusieurs étapes. Le choix du protocole anesthésique est un compromis entre la nécessité de minimiser les interférences entre agents anesthésiques et homéostasie de l'animal, d'obtenir des

effets stables et reproductibles, et de se conformer aux règles éthiques.

La survenue d'effets indésirables (hypotension, bradycardie, apnée, baisse de l'activité cérébrale, hypothermie) doit être prise en compte. La diète est fonction de l'animal choisi. Pour un porc, la diète solide est de 24 h et liquide de 3 h. Pour un veau non sevré, la diète liquide est de 3 h.

La prémédication

Elle permet l'approche de l'animal, sa capture dans de bonnes conditions et le recueil des données biométriques. Elle doit être d'action rapide sans occasionner de stress ni de blessures, et réalisée par un personnel expérimenté. Le délai d'apparition de ses effets doit être court afin d'obtenir l'immobilisation de l'animal. Sa durée d'action doit être suffisante pour permettre le relais par une anesthésie générale. Le maintien d'une ventilation spontanée efficace, jusqu'au contrôle des voies aériennes est impératif. Dans le cas du porc, la prémédication, administrée par voie intramusculaire, associe la kétamine, une benzodiazépine et l'atropine. Dans le cas du veau, il est préféré l'emploi de romifidine chlorhydrate, agoniste des récepteurs- α_2 du système nerveux central (effet sédatif et analgésique). Après l'injection, l'animal est laissé au calme jusqu'à obtention de l'effet sédatif souhaité. Lorsque le protocole d'étude impose de grands animaux (type veaux), l'apparition des premiers effets de sédatifs impose de soulager la chute de l'animal pour prévenir tout traumatisme.

L'anesthésie

Elle associe une narcose, une analgésie et une myorésolution. Elle s'impose dans les protocoles de balistique, ainsi que pour toutes manipulations douloureuses. La narcose est obtenue, par administration intraveineuse continue de kétamine et d'une benzodiazépine, soit par inhalation d'un agent anesthésique volatil halogéné lorsque la ventilation spontanée doit être conservée. Sinon, elle procède de l'emploi du propofol en perfusion continue. Le



Photo. Contrôle des voies aériennes d'un veau au cours de l'anesthésie.

contrôle des voies aériennes est assuré par intubation orotrachéale ou trachéotomie (Photo). Un analgésique morphinomimétique (sufentanil, fentanyl ou rémifentanyl) administré par voie veineuse encadre tout acte douloureux. La contrainte de déplacement de l'animal anesthésié vers le pas de tir, impose la sécurisation de tous les équipements nécessaires à l'anesthésie et à l'acquisition des données. L'euthanasie par administration intraveineuse d'un barbiturique (pentobarbital, Dolethal®) est obligatoire avant autopsie lorsque le tir n'a pas d'effet létal immédiat, en fin expérimentation, ou en cours de procédure si les données collectées s'avèrent inexploitable.

Le recueil des données expérimentales

Ce recueil, qui doit être rapporté dans un cahier d'observation propre à chaque animal, est assuré par de multiples capteurs biométriques.

- Sur le plan physiologique : électrocardioscopie, mesure de la pression artérielle sanglante, paramètres respiratoires (SpO_2 , gazométrie sanguine, spirométrie, analyse des gaz expirés), activité cérébrale par électroencéphalographie et/ou par l'indice bispectral, pression intracrânienne, température rectale sont colligés.
- Sur le plan des données de balistique terminale, divers matériels spécifiques (capteurs de pressions, accéléromètres, jauges de contraintes) sont nécessaires.

Ils sont vissés ou collés dans les régions anatomiques visées après déperiostage local et séchage au nitrate d'argent. Des repères radio opaques peuvent être incérés au niveau des zones étudiées.

Spécificité liée au tir balistique

Les opérations dans le tunnel de tir sont entourées de règles de sécurité strictes pour protéger les personnes et les biens. L'animal est en permanence sous vidéo-surveillance. Le positionnement de l'animal est fonction des spécifications du tir (angle, distance, etc...) sans entraîner de contrainte physiologique supplémentaire.

Dans le cas des impacts céphaliques non pénétrants, l'animal est le plus souvent en décubitus latéral installé parallèlement à l'axe du tir. Le risque d'artéfacts de mesure sur l'électroencéphalogramme impose la myorésolution par curarisation rendant la ventilation contrôlée indispensable. Pour l'étude de la région thoraco-abdominale, l'animal est maintenu dans un hamac en position quadripédique, perpendiculairement à l'axe du canon. Il est laissé en ventilation spontanée, dans des conditions se rapprochant au plus près de la réalité. Lorsqu'il s'agit d'un tir sur un membre, l'animal est en décubitus dorsal.

Conclusion

L'expérimentation en balistique lésionnelle a fait évoluer notre compréhension de la physiopathologie dans ce domaine, permettant de mieux guider notre prise en charge des blessés. La découverte de matériaux de grande qualité mécanique dans l'élaboration des fibres textiles modernes, en fait une discipline encore très actuelle pour valider l'efficacité des protections issues des nouvelles technologies. Par ailleurs, les données colligées grâce au matériel biologique devraient nous permettre de valider des modèles numériques d'impacts, notamment crâniens ou thoraciques, et de répondre à la préoccupation de réduction de l'effectif d'animaux utilisés à fin d'expérimentation. ♦

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Veissier I. Expérimentation animale : biologie, éthique, réglementation. INRA Prod Anim 1999 ; 12(5) : 365-75.
2. Bazin JE, Constantin JM, Gindre G. Anesthésie des animaux de laboratoires, réflexion de son influence sur l'interprétation des résultats. Ann Fr Anesth Réanim 2004 ; 23 : 811-8.

Evaluation des effets arrière sur le thorax

A LONGUET

IIETA, Chargé d'expertise Protection Balistique Individuelle, ETBS, Bourges.

L'arrêt d'une balle dans une protection balistique (casque ou gilet pare-balles) ne suffit pas à assurer la protection du porteur. En effet, lors de l'arrêt d'une munition, la face arrière de la protection se déforme pour absorber l'énergie cinétique de la munition, et vient impacter le thorax ou la tête créant ainsi des lésions plus ou moins graves. On appelle ces phénomènes : les effets arrière ou Behind Armour Blunt Trauma des anglosaxons (BABT).

Alors que toutes les armées sont équipées de systèmes de protection individuelle et qu'il est nécessaire que ces protections deviennent de plus en plus légères, il est essentiel de bien comprendre le phénomène des effets arrière pour pouvoir optimiser la conception des armures individuelles (Figure 1). Pour concevoir des protections permettant de limiter ou de se protéger des effets arrière, il faut pouvoir donner aux industriels des spécifications techniques quantifiables et mesurables.

Des études sont donc menées avec pour objectif de pouvoir établir les spécifications techniques de protections balistiques indi-

années. Ainsi, une coopération existe entre les opérationnels pour leur retour d'expérience (notamment au niveau de l'ergonomie, de la masse des protections), les médecins pour leur retour d'expérience mais aussi en raison des simulants utilisés, les vétérinaires, de nombreux ingénieurs de domaines différents (matériaux, métrologie, simulations, système, etc...).

La démarche retenue pour l'étude des effets arrière (I)

Ces différentes phases sont exposées dans l'ordre logique mais sont en fait (réalité) réalisées (exécutées) en parallèle et recalées les unes par rapport aux autres.

- Observer, identifier et quantifier les lésions (en fonction de l'agression) grâce à des essais sur simulant (ou modèles) : animaux anesthésiés et cadavres et aussi grâce au retour d'expérience (mesures physiologiques).

- Réaliser en parallèle de ces mesures physiologiques, des mesures physiques susceptibles d'être responsables des lésions observées : force, pression, vitesse de déformation, accélération, enfoncement maximal, etc...

- Etablir des lois permettant de relier les paramètres physiques aux lésions et paramètres physiologiques [f (paramètre(s) physique(s)) = lésions] (nécessité d'avoir un nombre de résultats statistiquement exploitables).

- Développer des simulants physiques simples (validés, et prédictifs sur une gamme d'agressions (différentes vitesses d'impact, munitions et protections) afin de pouvoir retrouver les mesures physiques. (essais couteux limité en nombre et en lieu qui demande beaucoup de personnel et impossible à réaliser pour les industriels).

Les principales difficultés

Elles sont liées :

- au manque de retour d'expérience ;

- à la complexité de réaliser des mesures physiques parfaitement fiables et reproductibles sur animaux anesthésiés (et cadavres) ;

- à l'évaluation de l'écart entre animaux anesthésiés (et cadavres) par rapport à l'homme vivant ;

- à l'évaluation et à la prise en compte de la variabilité humaine ;

- à la complexité à réaliser des essais sur cadavres (l'utilisation de munition de guerre nécessite une mise en sécurité importante du stand de tir).

Les essais sur simulants

Ils partent du principe que plus l'enfoncement, la vitesse d'enfoncement ou l'accélération sont importants, plus les lésions risquent d'être graves. Ainsi, bien que tous les processus lésionnels ne soient pas entièrement identifiés, on réalise ces mesures physiques sur les différents simulants.

Essais sur animaux anesthésiés (2-4)

Afin d'observer, d'identifier et de quantifier les lésions provoquées par les effets arrière, des essais sur animaux anesthésiés ont été réalisés à l'Unité de chirurgie et de pathologie expérimentale de l'institut médical et tropical du service de santé des armées (IMTSSA/UCPE) à Marseille avec le SSA, l'Institut de médecine aérospatiale du SSA (IMASSA), l'Institut franco-allemand de Saint Louis (ISL) et l'Etablissement techni-

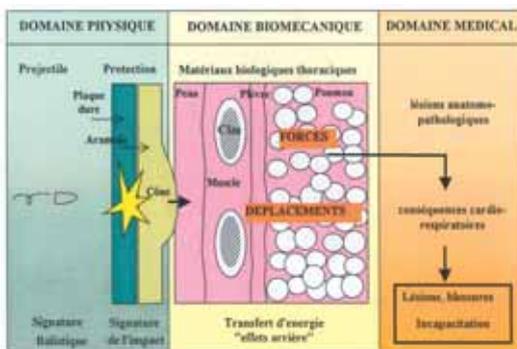


Figure 1. Schéma lésionnel des effets arrière sur le thorax.

viduelles permettant de protéger l'homme des munitions de petits calibres (contre la perforation et contre les effets arrière) en réalisant le meilleur compromis masse-performance.

Méthodologie

Les effets arrière sont évalués à partir d'essais sur différents simulants représentatifs de l'homme ou d'une partie du corps humain (tête, thorax) : simulants simples (plastiline, gélatine, etc...), simulants complexes (membrane thoracique canadienne, mannequin Hybrid III, etc...), animaux vivants anesthésiés, cadavres, simulations numériques.

A la vue de la complexité de ce problème, et notamment de la diversité des modèles utilisés, de nombreux corps de métiers travaillent ensemble depuis plusieurs



Photo 1. Porc anesthésié instrumenté avant tir.

que de Bourges (ETBS). Le modèle animal utilisé pour évaluer les effets arrière sur le thorax est le porc (Photo 1). Les principales mesures physiques effectuées sont des mesures d'accélération, de pression et de déplacement au niveau du point d'impact.

Les résultats physiopathologiques portent sur la mortalité/morbidité, le suivi des paramètres respiratoires, la mesure de la fréquence cardiaque et l'évolution de la saturation périphérique du sang en oxygène. Les résultats anatomo-pathologiques évaluent les lésions pariétales et pulmonaires.



Photo 2. Plaque balistique sur bloc de gélatine.

Essais sur simulants physiques

- Gélatine

En parallèle, de nombreux essais sont effectués sur gélatine référence OTAN (concentration de 20 % à 10°C) (Photo 2). Ce simulant, un peu plus compliqué à mettre en œuvre que la plastiline apporte comme intérêt majeur la visualisation de la dynamique du phénomène des effets arrière. Outre l'enregistrement du film, on réalise la mesure de l'enfoncement en fonction du temps ainsi que le calcul du volume maximal à l'enfoncement maximal ou encore la vitesse de formation de ce cône. Selon le type de protection testée et la présence ou non d'un anti-trauma, on constate des résultats (enfoncements et des volumes) très variables.



Photo 3. Gilet avec plaque dure sur la membrane thoracique.

- Membrane thoracique canadienne (5,6)

Le modèle de thorax canadien est basé sur un concept de membrane similaire au concept du *UK BABT rig*. La membrane est calibrée pour reproduire le comportement dynamique du thorax sous l'impact de projectiles rigides de 140 g (Photo 3). Sa biofidélité pour évaluer les effets arrière reste à valider notamment grâce à la réalisation d'essai sur cadavres avec plaque balistique. Un des avantages de la membrane thoracique par rapport à la gélatine est une réalisation plus fiable et plus aisée des mesures physiques.

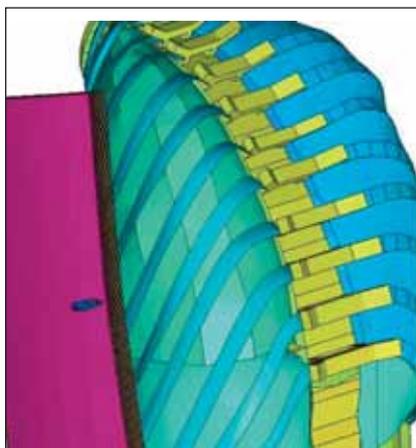


Figure 2 : Biothorso avec plaque balistique.

- Modèle numérique : Biothorso

L'intérêt de Biothorso est de modéliser les effets arrière sur le thorax permettant ainsi de mieux comprendre les phénomènes rapides et difficilement observables lors des essais (Figure 2).

Ces simulations numériques donnent en sortie toutes les mesures physiques (pression, vitesse, déformation, etc...) à chaque endroit du thorax.

Ce modèle est ambitieux et des améliorations au niveau des lois de comportement des matériaux (protection et tissu humain) sont encore nécessaires. De plus des résultats d'essais statistiquement fiables sont indispensables pour recalibrer et valider Biothorso.

Un modèle numérique prédictif serait un simulant très utile dans la conception des protections individuelles et une aide indispensable pour optimiser le nombre des essais à réaliser.

Conclusion

Depuis plusieurs années, de nombreuses études ont été menées, aussi bien au plan national qu'international, pour comprendre les phénomènes mis en jeu lors des effets arrière. Des essais instrumentés sur animaux anesthésiés ont permis d'observer et de comparer les lésions avec différentes plaques balistiques associées ou non à un anti-trauma. Des méthodes de mesures ont été développées et des moyens d'exploitation des résultats ont été acquis dans un but de fiabilité et de reproductibilité. Ainsi, plusieurs simulants physiques sont aujourd'hui disponibles et permettent des comparaisons avec les mesures réalisées sur animaux anesthésiés.

Néanmoins, un certain nombre de points reste à améliorer, parmi eux non seulement la construction de lois reliant les lésions aux mesures physiques, la poursuite des campagnes d'essai visant à valider les nouveaux simulants mais aussi la prise en compte des différences entre animal, cadavre et homme vivant ainsi que la variabilité de ces derniers. ♦

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Longuet A, Vaillant D. Note technique n° 32 Métrologie et expertise liées aux effets des armes à effet cinétique sur l'homme et aux protections associées, 2005.
2. Cunha J Da, Morin Y, Chéné A, Morand-Paulin P. Rapport d'essai n° 88 Quantification des effets à l'arrière d'une plaque balistique - Variation de l'énergie d'impact - Résultats des mesures physiques - Essais à l'IMTSSA, 2002.
3. Sarron JC, Destombes C, Cunha J Da, Morin Y, Chéné A, Vassout P, Magnan P. Gravité des blessures non pénétrantes du thorax protégé par un gilet pare-balles en fonction de l'énergie d'impact d'une munition de calibre 7,62, 2003.
4. Magnan P, Vassout P, De Mezzo S. Influence de la zone de l'impact sur la récupération physiologique suite à tir non transfixiant d'un projectile de calibre 7,62 standard OTAN, 2004.
5. Vaillant D, Auchère R. Rapport d'essai n° 3425. Mesure de déformation sur simulant -Campagne 1, 2006.
6. Bourget D, Longuet A. Rapport de synthèse de l'arrangement spécifique franco-canadien n° 22. Protection thoracique du combattant contre les effets arrière, 2008.

Actualités sur les lésions traumatiques de guerre

A NAU, A DEWAROQUIER, Ch PONCHEL, A BECRET, E PEYTEL

DARU, HIA Laveran, Marseille.

Durant la campagne « Iraqi Freedom », les deux tiers des urgences absolues reçues au Walter Reed Army Medical Center étaient dues à des blessures projectilaires (armes à feu : 39 %, explosions 31 %), alors que les blessures non liées directement aux armes représentaient encore 34 % des blessures (chutes, collisions ou accidents de la route) (1). Ces blessures, non liées directement aux hostilités, représentent presque la moitié (45 %) des décès de militaires américains engagés sur les théâtres du Moyen-Orient (2).

Agents vulnérants et contexte

L'éloignement des unités sur un même théâtre d'opération, et l'éloignement des théâtres d'opération de la métropole sont une caractéristique constante des opérations menées par les forces occidentales depuis la Guerre du Golfe. En 2005, le service de santé des armées français assurait le soutien sanitaire d'une dizaine d'opérations extérieures, déployant 41 postes de secours, dont 16 pour la seule opération Licorne en Côte d'Ivoire. Cette élongation pose des problèmes médicaux (aggravation et tolérance du transport) et logistiques (engorgement au niveau du poste d'évacuation par voie aérienne, évacuation sur plusieurs boucles en Afghanistan).

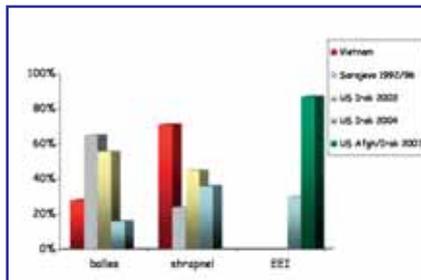


Figure 1. Agents vulnérants des conflits modernes.

L'agent vulnérant de guerre (Figure 1) est projectilaire (1,3-6) : balles, éclats d'engins explosifs. Les armées modernes équipent leurs combattants de fusils d'assauts utilisant des munitions de faible poids et de petits calibre à haute vitesse (Colt M4 : 223 Remington, Famas : 5,56 mm, 3,6 g, 980 m/s, Kalachnikov AK74 : 5,45 mm, 3,4 g). Les pays en révolte sont inondés de fusils d'assauts type Kalachnikov AK47 équipant les troupes en rébellion (calibre 7,62 mm, 9,7g, 862 m/s). Les fusils de précision sont très employés lors de conflits urbains (*snipping*) avec une atteinte de zones létales augmentée.

Les engins explosifs engendrent une projection d'éclats : grenades, roquettes, obus et bombes d'aéronefs, mines et bombes



Photo 1. Engin explosif improvisé (EEI).

artisanales ou engins explosifs improvisés (EEI) (Photo 1). Ces agents vulnérants permettent, à faible coût, d'occasionner des lésions sur tout un groupe de combattants même protégés par des véhicules blindés (Photo 2).

Topographie lésionnelle

La lésion balistique, dont on peut classiquement reconstruire le trajet à partir d'un orifice d'entrée et de sortie, est souvent plus complexe et impose la prudence. Il faut se souvenir des pièges que représentent les atteintes des régions frontières thoraco-abdominales et abdomino-pelvi-fessières avec ces projectiles puissants. La topographie lésionnelle est modifiée par le port d'effets de protection individuels, avec une diminution des atteintes thoraciques mais surtout abdominales au dépend des membres (Figure 2). Les explosifs entraînent de manière constante un polycrillage, mais les dilacérations (pied de mine), les pertes majeures de substance voire les arrachements

deviennent fréquents. Le choc hémorragique reste l'urgence vitale la plus fréquente (5,7-9). Montgomery et coll. ont évalué la répartition des traumatismes de guerre au sein du Walter Reed Army Medical Center de mars à juin 2003, durant les opérations Iraqi Freedom (Figure 3). Sur 294 admissions, 119 ont été orientées vers une structure de soins immédiats. Parmi elles, sur un total de 184 localisations de blessures, 25 concernaient le thorax, 20 l'abdomen, 74 les membres inférieurs, 36 les membres supérieurs, et 29 les lésions de la tête, de la face et du cou (1).

Sur une série de 1 130 victimes de guerre en Iraq en 2004, 39 % présentaient des blessures de la tête, de la face et du cou ou *Head, Face and Neck Injuries* (HFNI) des anglosaxons. Parmi ces 445 HFNI, 71 % étaient dues aux blessures en combat, et 4 % ont été fatales. Les HFNI sont fréquentes, essentiellement du fait de l'utilisation croissante d'EEI. Les balles sont également responsables de ce type de lésions, souvent délabrantes et han-



Photo 2. Protection collective.

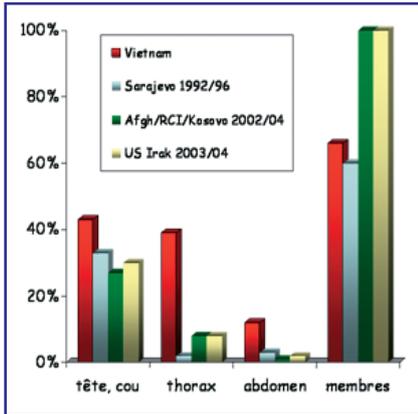


Figure 2. Topographie lésionnelle.

dicapantes, et dont la mortalité n'est pas négligeable. D'autre part, si le cou et la tête sont de mieux en mieux protégés, le port limité de protections oculaires, du fait de la baisse de visibilité qu'elle engendre, fait de cette partie du corps un point toujours vulnérable (2,10).

Gravité et mortalité

La proportion d'urgences absolues (Figure 4) était de 30 % au Vietnam (3), de 44 % à Sarajevo (8), et semble être inférieure dans les conflits les plus récents (5,11). La proportion de chocs hémorragique paraît constante d'un conflit à l'autre, autour de 20 %.

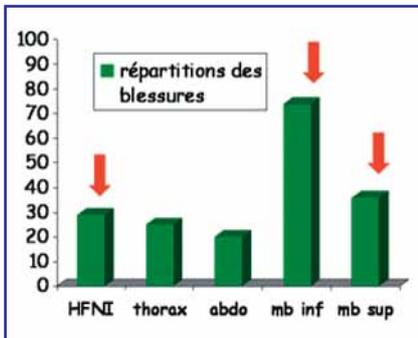


Figure 3. Répartition des blessures (1) ; HFNI = Head, Face and Neck injuries (blessures de la tête, de la face et du cou).

La mortalité des blessés de guerre (Figure 5) a diminué par deux (effets de protection ? efficacité de la chaîne santé ?) depuis le conflit du Vietnam, avec une mortalité globale autour de 12 % (2 % après prise en charge médicale). La mortalité initiale du combattant blessé est maximale dans les minutes qui suivent la blessure puis dans la première heure (Figure 6). La prise en charge des premières minutes (platin ten minutes des anglosaxons) dépend de la réactivité des camarades de combat puis de l'auxiliaire sanitaire ou opérateur premiers secours réagissant en posant un garrot sur un arrachement de membre ou

en effectuant une manœuvre de libération des voies aériennes supérieures. Améliorer la prise en charge des combattants ayant survécu aux premières minutes, c'est probablement trier les blessés chez qui un geste chirurgical simple sera le plus utile dès le poste de secours et organiser leur évacuation rapide vers la structure médico-chirurgicale adaptée disponible, en moins d'une heure (*golden hour* des anglosaxons).

Prise en charge sur le terrain

L'éloignement des théâtres d'opérations extérieurs, l'étendue de leurs zones, les rigueurs climatiques et l'insécurité posent des problèmes pour les structures de la chaîne santé. Cette situation dégradée

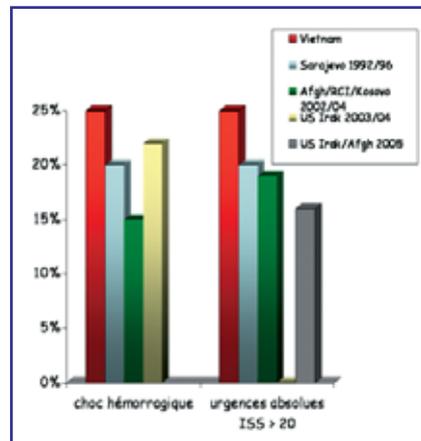


Figure 4. Gravité des lésions.

par rapport aux conditions de métropole nécessite une organisation de prise en charge des blessés spécifique. Il s'agit de la médicalisation de l'avant avec des médecins urgentistes (ou des *paramedics* dans la conception Nord américaine) au plus près des combattants (Rôle 1), une réanimation chirurgicale précoce (Rôle 2 : antennes chirurgicales ou *Forward Surgical Team*) proche de l'avant pour les urgences absolues, et des hôpitaux de dégagement plus lourds (Rôle 3 : Groupements médico-

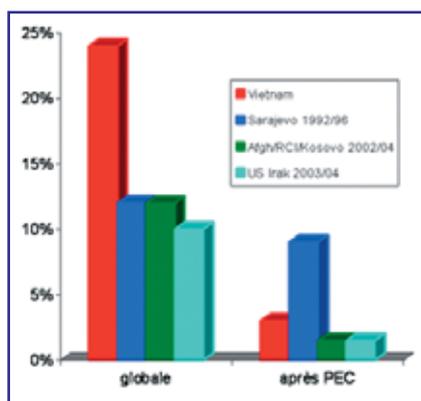


Figure 5. Mortalité.

chirurgicaux ou *Combat Support Hospital* équipés de moyens d'imagerie performants) pour conditionner les blessés temporairement stabilisés avant l'Evasan. Le triage fait largement appel à l'imagerie (radiographie : 100 %, échographie, examen tomodensitométrie : 32 % des blessés pris en charge dans les conflits récents) permettant d'orienter la décision thérapeutique sur des gestes chirurgicaux standardisés et sélectifs (55 % des blessés sont opérés avec un temps d'intervention < 2 h, *damage control* par *packing*, amputation, etc...) avec une économie de temps et de moyens. Cette stratégie permet même en cas d'afflux saturants de diminuer les délais de prise en charge chirurgicaux des urgences absolues à moins de 6 ± 4 h et autorise des Evasan plus précoces (7,8,10).

Le sang total prélevé sur le théâtre d'opération occupe une place grandissante dans la réanimation de l'avant. En effet, le caractère souvent imprévisible des besoins transfusionnels (pics d'afflux de blessés) rend difficile un approvisionnement logistique programmé. Dès lors, dans la stratégie transfusionnelle, le dépôt de produits sanguins labiles à l'avant n'a plus pour objet que de laisser le temps nécessaire



Photo 3. Transfusion massive.

pour l'organisation d'une collecte de sang total sur le terrain, qui constitue alors le cœur de l'approvisionnement en sang (12). Dans le cas d'une hémorragie traumatique majeure, la transfusion sanguine doit être débutée précocement, alors même que l'hématocrite (Ht) ou l'hémoglobine est encore faussement rassurant. L'Ht n'est en effet pas le reflet de la masse sanguine épanchée, car le remplissage aura été prudent (en terme d'objectif tensionnel) pendant le ramassage (Photo 3). Dans le cadre de la transfusion massive à l'avant, le facteur VII recombinant activé (Novoseven®) administré précocement permettrait une économie de produits sanguins de l'ordre de 20 % (13,14).

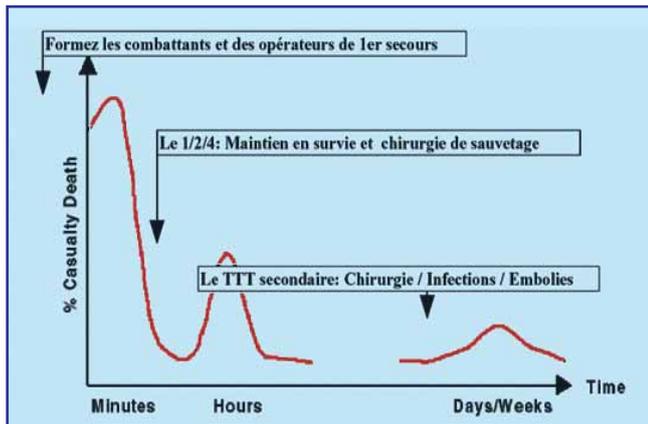


Figure 6. Platin ten minutes et golden hour.

L'antibiothérapie initiale, systématique, est guidée par le fait que les plaies par armes à feu sont fréquemment contaminées par des germes telluriques. Le parage et le débridement total des plaies par éclats restent utopiques. Les lésions des organes digestifs dans les traumatismes abdominaux sont autant de facteurs de risque de sepsis. Celui-ci peut apparaître dès la sixième heure, surtout lorsqu'il s'agit de *Clostridium*, bactérie fréquemment retrouvée, mais aussi dès le 3^{ème} ou 4^{ème} jour, et concerne alors plutôt des streptocoques (15). La prévalence des germes multirésistants est extrêmement faible dans ce type de

lésions, et n'est que le reflet d'un portage communautaire préalable. Depuis le mois de juillet 2006, le C 135 FR version Morphée (Module de réanimation pour haute élévation d'évacuation) est opérationnel. Il s'agit d'un avion spécialement équipé pour l'évacuation collective sur de longues distances de patients nécessitant des soins de réanimation. Ce vecteur est capable de transporter 6 à 12 blessés graves avec une autonomie médicale et aéronautique de 10 heures environ. Cette autonomie permet de couvrir la totalité des théâtres d'opérations extérieures où sont actuellement engagés des militaires français (16). Dans les conflits les plus

récents impliquant les forces françaises, les évacuations sanitaires aériennes médicalisées stratégiques réalisées ont permis d'admettre les blessés dans les hôpitaux militaires de l'infrastructure en 29 ± 11 h après la prise en charge chirurgicale initiale sur le terrain (Figure 7). L'évacuation

Evacuation

La capacité de triage et de traitement des structures du théâtre d'opération ne peut être maintenue dans le temps que grâce à une chaîne d'évacuation performante vers les hôpitaux de l'infrastructure, évitant l'engorgement d'aval.

Depuis le mois de juillet 2006, le C 135 FR version Morphée (Module de réanimation pour haute élévation d'évacuation) est opérationnel. Il s'agit d'un avion spécialement équipé pour l'évacuation collective sur de longues distances de patients nécessitant des soins de réanimation. Ce vecteur est capable de transporter 6 à 12 blessés graves avec une autonomie médicale et aéronautique de 10 heures environ. Cette autonomie permet de couvrir la totalité des théâtres d'opérations extérieures où sont actuellement engagés des militaires français (16). Dans les conflits les plus

récents impliquant les forces françaises, les évacuations sanitaires aériennes médicalisées stratégiques réalisées ont permis d'admettre les blessés dans les hôpitaux militaires de l'infrastructure en 29 ± 11 h après la prise en charge chirurgicale initiale sur le terrain (Figure 7). L'évacuation

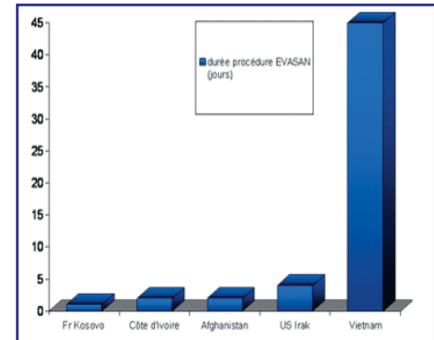


Figure 7. Délais d'Evasan dans les conflits modernes.

précoce, la protection du combattant (en constante évolution) et un haut niveau de réanimation chirurgicale de l'avant sont les défis, continus exigeant en ressources humaines et financières que doivent relever les forces armées modernes qui souhaitent maintenir la mortalité de leurs combattants blessés au plus bas niveau possible. ♦

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Montgomery SP, Swiecki CW, Shriver CD. The evaluation of casualties from Operation Iraqi Freedom on return to the continental United States from March to June 2003. *J Am Coll Surg* 2005 ; 201 : 7-12.
- Willy C, Voelker HU, Steinmann R, Engelhardt M. Patterns of injury in a combat environment : 2007 update. *Chirurg* 2008 ; 79(1) : 66-76.
- Jones E. Early management of battle casualties in Vietnam. *Arch Surg* 1968 ; 97 : 1-15.
- Versier G, Le Marec C, Rouffi J. Quatre ans de chirurgie de guerre au GMC de Sarajevo (juillet 1992 à août 1996). *Med Armées* 1998 ; 26 : 213-8.
- Peake JB. Beyond the purple heart-continuity of care for the wounded in Iraq. *N Engl J Med* 2005 ; 352 : 219-22.
- Stansbury LG, Lalliss SJ, Branstetter JG, Bagg MR, Holcomb JB. Amputations in U.S. military personnel in the current conflicts in Afghanistan and Iraq. *J Orthop Trauma* 2008 ; 22 : 43-6.
- Fackler M. Bullet fragmentation : A major cause of tissue disruption. *J Trauma* 1984 ; 24 : 34-9.
- Peytel E, Lemarec C, Versier G, Saïssy JM. Incidence des effets de protection sur les caractéristiques et la mortalité des blessures de guerre. 42^{ème} congrès national d'anesthésie et de réanimation, Paris. *Ann Fr Anesth Réanim* 2000 ; 19 : 316s.
- Gawande A. Casualties of war- military care for the wounded from Iraq and Afghanistan. *N Engl J Med* 2004 ; 351 : 2471-5.
- Wade AL, Dye JL, Mohrle CR, Galarneau MR. Head, face, and neck injuries during Operation Iraqi Freedom II : results from the US Navy-Marine Corps Combat Trauma Registry. *J Trauma* 2007 ; 63 : 836-40.
- Chambers LW, Green DJ, Gillingham BL, Sample K, Rhee P, Brown C, Brethauer S, Nelson T, Narine N, Baker B, Bohman HR. The experience of the US Marine Corps' Surgical Shock Trauma Platoon with 417 operative combat casualties during a 12 month period of operation Iraqi Freedom. *J Trauma* 2006 ; 60 : 1155-61.
- Joussemet M, Sailliol A, Deshayes AV, Janus G, Foisseau V, Vest P. Les produits sanguins disponibles à l'avant. *Reanoxyo* 2008 ; 22 : 11-3.
- Perkins JG, Schreiber MA, Wade CE, Holcomb JB. Early versus late recombinant factor VIIa in combat trauma patients requiring massive transfusion. *J Trauma* 2007 ; 62 : 1095-9.
- Schreiber MA, Tieu B. Hemostasis in Operation Iraqi Freedom III. *Surgery* 2007 ; 142 : 61-6s.
- Murray CK, Roop SA, Hospenthal DR, Dooley DP, Wenner K, Hammock J, Taufen N, Gouridine E. Bacteriology of war wounds at the time of injury. *Mil Med* 2006 ; 171 : 826-9.
- Borne M, Grasser L, Derain P, Boissin J, Man M, Détré JL, Pats B. Morphée, un rêve devenu réalité ! *Reanoxyo* 2007 ; 19 : 21-3.

Traumatismes thoraciques balistiques

P MICHELET

Praticien Hospitalier, Réanimation des Urgences, Hôpital Sainte Marguerite, Marseille.

Le traumatisme balistique est la conséquence du transfert d'énergie d'un projectile sur l'organisme. Ce traumatisme peut être pénétrant ou non. Classiquement, le traumatisme balistique est considéré comme pénétrant, les lésions observées résultant de l'attrition tissulaire secondaire à la trajectoire du projectile. Néanmoins, le traumatisme balistique peut aussi correspondre à des lésions secondaires à l'arrêt du projectile sans pénétration dans l'organisme, on parle alors volontiers de traumatisme thoracique avec effets arrières.

Cette distinction est également importante sur un plan épidémiologique. Si les traumatismes balistiques thoraciques pénétrants sont de plus en plus nombreux en médecine civile avec la « démocratisation » des armes à feu, l'amélioration des conditions de protection du militaire favorise l'apparition des lésions thoraciques non pénétrantes et de l'effet arrière.

Caractéristiques des projectiles

Les projectiles réalisant des traumatismes thoraciques balistiques sont de plusieurs natures. On distingue ainsi les balles dont le calibre et la vitesse varient, les éclats secondaires à l'explosion d'une charge centrale et les projectiles à létalité réduite tel que les très actuels « flash-ball ». Les balles à vitesse élevée réalisent une pénétration profonde des tissus avec une extension des lésions profonde par cavitation du projectile. Les balles provenant des armes de points réalisent plus régulièrement des lésions d'écrasement du projectile (effet de champignon) moins profonde mais souvent plus destructrice sur leur trajet. Les éclats secondaires comme les cartouches (plombs de diamètre variable) sont à l'origine de poly-criblage avec des lésions unitaires moins profondes mais des trajectoires lésionnelles multiples pouvant entraîner des pertes de substances majeure à faible distance. Enfin, les projectiles à létalité réduite fréquemment représentés par des balles en caoutchouc compressé génèrent des traumatismes thoracique fermés dont les conséquence internes sont très variables (cf infra).

Traumatisme thoracique pénétrant

Si de nombreux modèles existent afin de décrire la balistique terminale théorique en fonction du type de projectile et de la distance, les caractéristiques de l'organisme

avec la superposition de structures solides et d'autres plus élastiques explique qu'il n'existe pas de prévisibilité absolue des lésions (Figure 1).

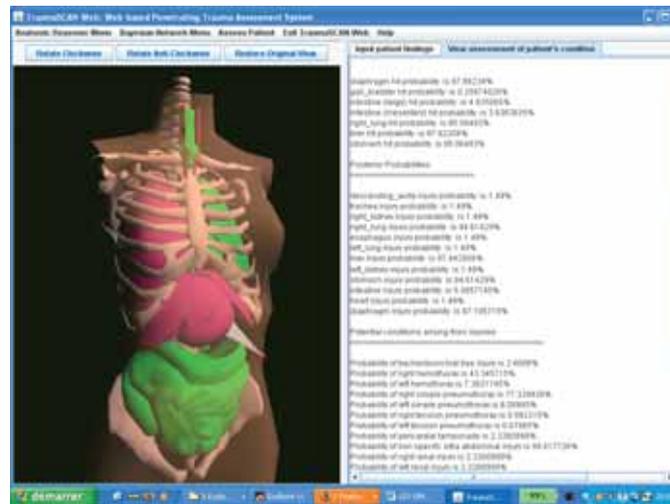


Figure 1. Traumascan®.

Dans cet optique, le thorax représente une structure qui peut-être qualifiée de tri-compartimentale :

- une enveloppe musculo-osseuse (la cage thoracique) susceptible de modifier la balistique du projectile avec génération de fragments osseux eux-mêmes à l'origine de lésions parenchymateuses.
- le parenchyme pulmonaire lui-même à haute teneur en air, peu dense et élastiques paradoxalement plus résistant au traumatisme pénétrant en raison du faible transfert d'énergie.
- le médiastin où tout trajet lésionnel est susceptible de créer des lésions vitales immédiates ou différées.

En dehors de l'hémo-pneumothorax fréquent, le pronostic va donc à la possible lésion médiastinale que celle-ci concerne les structures vasculaires ou aériennes. Toute instabilité hémodynamique, respiratoire ou l'existence d'un emphysème extensif dans le cadre d'un traumatisme thoracique balistique doit faire craindre une atteinte des structures médiastinales. L'urgence est

alors à l'acte chirurgical qui seul permettra un contrôle de la lésion (1). Le délai du transfert vers une structure d'accueil bénéficiant d'une expertise chirurgicale dans

le domaine thoracique est donc le premier principe à retenir. Le seul geste justifiant un délai dans le transfert est une ponction péricardique sous xiphoidienne face à un tableau typique de tamponnade (2). A l'arrivée en unité de décharge, les plaies de l'aire cardiaque s'accompagnant d'une instabilité hémodynamique majeure doivent conduire à une tho-

racotomie antérolatérale au 4^{ème}-5^{ème} espace inter-costal gauche afin de contrôler l'aorte, de libérer le péricarde si besoin. L'existence d'une plaie soufflante avec dégâts pariétaux doit bénéficier d'une occlusion après pose d'un drainage thoracique afin de prévenir le caractère compressif et suffoquant de l'épanchement. Le drainage thoracique se fera, dans la mesure du possible, en dehors de l'orifice car l'introduction de celui-ci au sein du trajet lésionnel peut favoriser le saignement. En l'absence de détresse vitale, le bilan lésionnel doit être très complet avec tentative de reconstitution du ou des trajet(s) lésionnel(s) (si fragmentation ou polycyblage) (Figure 2). Après réalisation de la radiographie thoracique de face, la réalisation d'un examen échographique cardiaque et thoracique permet d'évaluer les épanchement pleuraux, leur nature et leur quantité, la fonction cardiaque et l'existence éventuelle d'un épanchement péricardique (3). La tomодensitométrie thoracique avec injection permettra de compléter et de préciser le bilan lésionnel.

Tout doute sur une plaie des voies aériennes ou de l'œsophage doit faire réaliser des examens endoscopiques parfois répétés face à des perforations difficiles à individualiser. En effet, le caractère élastique des structures fait que les perforations sont souvent de diamètre plus réduit que celui du projectile responsable. Enfin, la thoracoscopie s'avère souvent utile afin de réaliser un bilan exhaustif des lésions avec recherche de lésions primitivement muettes et de réaliser les premiers gestes curateurs (4). Au total, les lésions balistiques thoraciques ne relèvent directement de la chirurgie que dans 15 à 20 % des cas et le drainage thoracique n'est souvent que le seul geste nécessaire. Le drainage thoracique permet en effet de contrôler le débit hémorragique, de poser l'indication chirurgicale si le drainage dépasse les 1 500 ml d'emblée ou si celui-ci se pérennise avec plus de 200 ml/h durant plus de 3 h.

Traumatisme thoracique non pénétrant

Ce type de traumatisme peu se retrouver soit lors d'un conflit armé avec protection du personnel militaire par des gilets de différente nature, soit en pratique civile lors de l'utilisation de plus en plus répandue d'armes à létalité réduite (balle en caoutchouc notamment). Les lésions sont alors regroupées sous la dénomination « d'effet arrière » avec présence de fractures costales, d'hémo-pneumothorax fermés, de contusion pulmonaire et éventuellement myocardique. L'importance des lésions retrouvées dépend de l'énergie du projectile qui va être transférée à la structure thoracique à travers le dispositif de protection ou par l'intermédiaire direct de la cage thoracique pour les armes non létales. La physiopathologie du traumatisme se rapproche alors de la traumatologie routière et la prise en charge également. Ainsi, l'indication chirurgicale est probablement moins fréquente car les conséquences médiastinales plus rare. Dans ces conditions

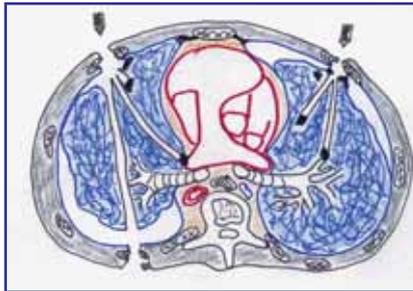


Figure 2. Exemple de traumatisme thoracique pénétrant avec fragmentation du projectile et multiplication des trajets lésionnels impliquant les structures médiastinales sans que la trajectoire initiale l'implique.

de traumatisme thoracique fermés, il s'avère important de considérer deux aspects : la stratégie ventilatoire et la gestion des épanchements pleuraux.

- Le poumon de traumatisme thoracique fermé est un poumon hétérogène où coexiste des zones contuses, des lésions bulleuses et des zones de parenchyme pulmonaire sain. Ces lésions définissent donc un syndrome restrictif avec un poumon ventilable de taille réduite et prompt au collapsus (5). La ventilation doit donc associée une réduction modérée du volume courant ainsi qu'une PEP modérée afin de préserver l'aération alvéolaire.
- La gestion des épanchements pleuraux en contexte de traumatisme thoracique balistique s'apparente à celle de la polytraumatologie. Un épanchement aérien (décollement < 2 cm latéral, 5 cm à l'apex) ou hématic de faible abondance peut être respecté sous couvert d'une surveillance clinique stricte. Un épanchement aérien de plus grand volume (> 20 %) doit être drainé en raison du risque d'évolution compressive surtout si une ventilation artificielle est appliquée. Un hémithorax de plus grande abondance mais bien toléré cliniquement doit pouvoir être drainé en milieu spécialisé après un bilan iconogra-

phique et dans les meilleurs conditions d'asepsie. L'indication du drainage repose ici sur l'impossibilité d'une résorption spontanée, l'altération de l'oxygénation secondaire aux troubles ventilatoires induits, les conséquences infectieuses ou fonctionnelles futures (séquelles rétractiles) (6). Le drainage permet en outre de surveiller le débit hémorragique et de poser éventuellement l'indication d'une thoracotomie secondaire. Une thoracotomie ou vidéo-thoracoscopie peut être indiquée lors d'un drainage > 1 500 ml d'emblée, d'un débit de drainage > 250-300 ml/h pendant 2 à 4 h, un drainage quotidien > 1 500 ml. Enfin, retenons l'adage chirurgical constamment vérifié en chirurgie thoracique qu'un poumon à la paroi est le meilleur garant de l'hémostase locale.

Concernant les conséquences initiales du traumatisme balistique thoracique non pénétrant, il n'existe que peu de données cliniques ou expérimentales. En effet, l'importance de l'onde de choc et la transmission de celle-ci aux structures cardiaque pourrait avoir des conséquences encore mal évaluées. Des travaux futurs pourraient améliorer ces connaissances utiles tant dans le domaine civil pour une optimisation de la prise en charge précoce pré-hospitalière que dans le domaine militaire pour la médecine de l'avant.

Conclusion

Les traumatismes thoraciques balistiques incluent différentes entités selon qu'il existe ou non un caractère pénétrant du projectile. La pénétration du projectile motive un avis chirurgical d'autant plus urgent qu'il existe des signes de mauvaise tolérance clinique. Un caractère non perforant oriente vers des lésions de type traumatisme thoracique fermés dont la prise en charge est beaucoup plus fréquemment médicale. Des recherches sont encore nécessaires afin de caractériser la physiopathologie des lésions induites précocement. ♦

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Brown SE, Gomez GA, Jacobson LE, Scherer T, McMillan RA. Penetrating chest trauma: should indications for emergency room thoracotomy be limited? *Am Surg* 1996 ; 62 : 530-3.
2. Dupeyron C, Rigal S, Pons F. Problèmes péri-opératoires posés par une plaie du cœur en situation d'exception. *JEUR* 1995 ; 8 : 101-6.
3. Rozycki GS, Pennington SD, Feiciano DV. Surgeon-performed ultrasound in the critical care setting: its use as an extension of the physical examination to detect pleural effusion. *J Trauma* 2001 ; 50 : 636-42.
4. Brusov PG, Kuritsyn AN, Urazovsky NY, Tariverdiev ML. Operative videothoracoscopy in the surgical treatment of penetrating firearms wounds of the chest. *Mil Med* 1998 ; 163 : 603-7.
5. Kishikawa M, Yoshioka T, Shimazu T, Sugimoto H, Yoshioka T, Sugimoto T. Pulmonary contusion causes long-term respiratory dysfunction with decreased functional residual capacity. 1991 ; 31 : 1203-8.
6. Watkins JA, Spain DA, Richardson JD et al. Empyema and restrictive pleural processes after blunt trauma : an under-recognized cause of respiratory failure. *Am Surg* 2000 ; 66 : 210-14.

Lésions de criblage des explosions

P CLAPSON, N DONAT, JL DABAN, B DEBIEN

Service d'anesthésie-réanimation, HIA Percy, Clamart.

Une explosion est une réaction chimique produisant un volume important de gaz en un temps extrêmement court. Cette production brutale de gaz à volume initialement constant génère une surpression très importante qui diminue très vite avec la détente des gaz produits. En conditions expérimentales idéales (milieu ouvert), cette surpression se propage de façon centrifuge comme une sphère de diamètre progressivement croissant avec atténuation progressive du pic de pression.

Certaines explosions se caractérisent par des surpressions particulièrement élevées avec une vitesse de propagation de l'ordre de 8 000 m/sec : ce sont les détonations (produites par les explosifs modernes). L'onde de surpression s'appelle alors « onde de choc » ou « *blast* ».

Les lésions par explosion

L'onde de choc induit des lésions spécifiques appelées « lésions de *blast* » ou « *blast injuries* » qui sont les lésions primaires des explosions. Les autres lésions sont les lésions secondaires (liées à des projectiles atteignant les victimes) et les lésions tertiaires (par projections des victimes elles-mêmes) (1,2). Nous ne traiterons ici que des lésions secondaires.

Les projectiles

Les projectiles sont de natures diverses : en plus des débris de l'explosif ou de l'environnement, on trouve, dans le cas des attentats terroristes, des fragments métalliques rajoutés volontairement autour de la charge explosive afin d'augmenter son pouvoir vulnérant (clous, boulons, écrous, billes d'acier) (3,4) (Photo 1). Enfin, des corps étrangers osseux allogéniques (du terroriste ou d'une autre victime) peuvent se comporter en projectiles secondaires (5-7). Une patiente que nous avons eu à



Photo 1. Criblage d'un coude par des clous. (Dr Debien B).

prendre en charge après un attentat avait une phalange (qui ne lui appartenait pas) encastrée dans le sternum. La taille des projectiles est variable, comme l'illustre Katz qui décrit la projection à 64 m de la porte d'un bus lors d'un attentat avec une « faible » charge (6 kg d'équivalent TNT) (8). Lors de l'attentat contre le magasin Harrod's à Londres en 1983, une voiture a été projetée sur un toit d'immeuble au 5^{ème} étage (9).

Physiopathologie

Les lésions projectilaires sont des traumatismes balistiques : contusions, lacérations, ou trajets pénétrants. Le pouvoir vulnérant d'un projectile dépend de son énergie, donc de sa masse et de sa vitesse ($E = \frac{1}{2} m \times v^2$), de sa forme, de sa stabilité, de la densité et de l'élasticité des tissus traversés et de sa fragmentation éventuelle (10). En cas de projectiles multiples groupés, il existe des pertes de substances à l'emporte-pièce. Les projectiles participeraient aux amputations des victimes proches de l'explosion : l'onde de choc brise l'os et le souffle arrache les tissus mous que les projectiles coupent (11). La vitesse initiale des éclats peut aller jusqu'à 1 500 m/sec mais subit une rapide décélération qui dépend de leur « aérodynamisme » (1). Le rayon vulnérant des projectiles est très important. Wightman rapporte des blessures par bris de verre à une distance de 2 km de l'ambassade des USA, siège d'un attentat à Nairobi en 1998.

Epidémiologie

Fréquence

Les lésions de criblage sont les lésions les plus fréquentes parmi les survivants (85 % des victimes), que l'explosion ait lieu en milieu ouvert ou fermé (12-15). Les projectiles touchent les toutes les victimes : les plus éloignées de l'épicentre de l'explosion dont ils constituent le seul mécanisme lésionnel, mais aussi les victimes les plus proches qui sont aussi projetées, blastées et parfois brûlées et amputées.

Topographie

Les membres sont la région anatomique la plus fréquemment lésée chez les victimes survivant à une explosion (39 % des cas), mais les séries de la littérature sont souvent imprécises quant au mécanisme lésionnel (lésions secondaires ou tertiaires ?) (13,16,17). Chez les morts, Cooper trouve 25 % de lésions thoraciques, 26 % de lésions abdominales et 66 % de lésions céphaliques (12,18). Cette importance des lésions céphaliques se retrouve chez les survivants. Elle est peut être due à un « effet de gerbe » des projectiles et à la fréquence des attentats dans les transports en commun, où les sièges protègent relativement le tronc. Peleg qui compare les fréquences d'atteinte des différentes régions anatomiques des victimes de terrorisme trouve 68 % d'atteinte du tronc par arme à feu contre 43 % d'atteinte de la tête et 25 % du thorax lors d'attentats à l'explosif (19). Hadden suggère un effet protecteur des vêtements en raison d'une fréquence plus importante des lésions sur les zones découvertes (tête et cou, ainsi que les membres inférieurs chez les femmes) (18). Enfin, les lésions oculaires sont fréquentes (de 10 à 27 % des victimes) (14,20).

Gravité

La gravité des lésions secondaires dépend du trajet du ou des projectiles : choc hémorragique par perforation vasculaire, insuffisance respiratoire aiguë par atteinte pleuro-pulmonaire ou des voies aériennes, ou encore trouble de conscience par pénétration intracrânienne. Les lésions projectilaires participent à la répartition aléatoire des victimes d'explosion, une victime décédée jouxtant une victime indemne, protégée des éclats par un objet ou une autre victime. Le fort pouvoir létal des lésions secondaires est exploité avec efficacité par les terroristes. Kluger rapporte un attentat dans une salle à manger d'hôtel avec une bombe contenant des microsphères d'acier. La létalité y est de 22 %, soit deux fois plus importante que dans

les attentats en milieu fermé publiés (21). 34 % des victimes ont un score ISS > 15 (contre 10 % habituellement) et 21 % des survivants ont été admis en réanimation (versus moins de 10 % dans la littérature). Les victimes décédées ont en moyenne 17 corps étrangers (21).

Diagnostic

Clinique

L'examen clinique se focalise d'abord sur la mise en évidence des détresses vitales (respiratoires, circulatoires et neurologiques) puis sur le bilan lésionnel. Affirmer



Photo 2. Criblage superficiel : effet tatouage. (Dr Debien B).

la pénétration d'un projectile est parfois évident (pneumothorax, syndrome péritonéal, hémorragie extériorisée sur plaie vasculaire). Néanmoins, dans la majorité des cas, le diagnostic clinique est difficile, d'autant que les trajets peuvent être complexes (thoraco-abdominaux, abdomino-pelvi-fessiers, etc...) et les orifices nombreux. Un criblage superficiel avec des projectiles de petite taille réalise un effet de tatouage (Photo 2).

Examens complémentaires

• Objectifs

Trouver l'origine d'une détresse d'une grande fonction vitale et mettre en évidence les lésions chirurgicales.

• Pertinence des examens d'imagerie

Les radiographies standards à deux incidences permettent de localiser dans l'espace les corps étrangers (9,22). Cette recherche est néanmoins longue et fastidieuse et ne permet pas de préciser les rapports anatomiques du projectile avec les différents organes (Photos 3).

L'échographie d'urgence (FAST des anglosaxons) a une bonne sensibilité et une bonne spécificité pour la mise en évidence des hémopéricardes, hémothorax ou hémopéritoines dans les traumatismes fermés (23-25). Sa valeur diagnostique est moindre dans les traumatismes pénétrants même si,

pour certains, elle visualise les pneumothorax ou pneumopéritoines (26-28). Quoiqu'il en soit, la rapidité de sa réalisation, sans nécessité de mobiliser le patient en fait un outil de triage performant (29).

La ponction lavage du péritoine permet de faire le diagnostic de perforation digestive ou d'hémopéritoine avec une bonne sensibilité. C'est une technique peu utilisée en France. L'examen est positif lorsque le liquide est hémorragique d'emblée, qu'il contient des selles, des fibres digestives ou de la bile. Après instillation de 500 ml de sérum physiologique, le seuil de positivité est de plus de 10 000 GR ou 500 GB/mm³ (26).

L'examen tomодensitométrique est l'examen de choix, même s'il existe des faux négatifs dans la détection des perforations digestives (26). Pour certains, compte-tenu de la lenteur de sa réalisation, son utilisation doit être limitée et protocolée en cas d'afflux de victimes. Ils le réservent aux patients présentant des lésions encéphaliques et aux patients stables pour poser ou exclure une indication chirurgicale (22,29).

L'exploration d'une plaie abdominale est une technique validée pour en déterminer le caractère pénétrant ou non. Une exploration négative permet d'exclure une lésion intra-abdominale (VPN = 100 %) et toute lésion intra-abdominale s'accompagne d'une exploration positive (sensibilité = 100 %). A contrario, la pénétration intra-abdominale ne signifie pas qu'il existe une lésion chirurgicale sous-jacente (VPP = 40 %) (26).

• Quelle stratégie ?

Les patients morituri (TA imprenable) présentant des lésions projectilaires multiples du tronc sont conduits au bloc opératoire sans imagerie pour une thoracotomie antéro-latérale gauche de ressuscitation (lorsque les ressources en matériel et personnel le permettent).



Photo 3. Explosion de grenade (repérage des éclats). (Dr Debien B).

Les patients instables et stables doivent bénéficier d'une radiographie thoracique et d'une échographie d'urgence. Pour les premiers, il s'agit d'aider le chirurgien dans le choix de la voie d'abord. Pour les seconds, la positivité de l'échographie (comme d'ailleurs l'existence d'un syndrome péritonéal) impose la chirurgie.

Que faire des autres patients, stables, présentant une plaie sans épanchement ni syndrome péritonéal ? S'ils sont parfaitement conscients, sans analgésiques pour une lésion associée, une surveillance clinique répétée peut suffire. Dans les autres cas, un examen tomодensitométrique est souhaitable. Une ponction lavage du péritoine ou l'exploration chirurgicale de la plaie sont des alternatives à l'occasion d'un autre geste chirurgical (chirurgie périphérique par exemple) (26,29).

Traitement

La prise en charge chirurgicale des lésions de criblage est lourde et complexe. Elle représente 34 % des interventions initiales selon Adler (17). Williams rapporte les cas de cinq patients après l'attentat de Soho (à Londres en 1999) qui ont nécessité 26 interventions chirurgicales, 71 concentrés de globules rouges et 40 plasmas frais congelés (30).

Quels patients opérer ?

La chirurgie en urgence a pour objectif de traiter les hémorragies et de limiter le risque de complications infectieuses. Les autres indications sont plus rares (aérostase) ou moins urgentes (préservation du pronostic fonctionnel). Les indications chirurgicales d'hémostase sont les hémothorax (persistance du saignement après drainage), hémopéritoines, hémopéricardes, plaies vasculaires, hématomes rétropéritonéaux et les hématomes extraduraux. La prévention des complications septiques concernent les perforations digestives, les fractures ouvertes, les délabrements des parties molles, et les plaies crânio-cérébrales.

Faut-il enlever tous les fragments ?

L'ablation de tous les corps étrangers n'est pas un impératif chirurgical. Le chirurgien n'opère pas pour enlever les fragments, mais pour effectuer un parage des zones dévitalisées. L'ablation des fragments se discute en fonction du bénéfice escompté (diminution de l'inoculum bactérien, réalisation du bilan lésionnel à ciel ouvert), du risque (augmentation des lésions tissulaires et du saignement) et du siège de la lésion. Pour les atteintes cérébrales, il est recommandé de parer l'orifice d'entrée, de retirer les fragments facilement accessibles, et d'éviter une fuite de liquide

céphalo-rachidien par duroplastie (31). Après drainage et en l'absence de détresse, l'attitude non opératoire est justifiée pour les lésions intra-thoraciques, alors que peu d'équipes se passent d'une exploration chirurgicale pour les corps étrangers intra-abdominaux. Enfin, pour les lésions des membres, l'indication est formelle pour les plaies vasculaires, les lésions articulaires et les fractures ouvertes. Les plaies ne doivent pas être suturées d'emblée mais peuvent bénéficier d'une fermeture différée (9). A distance, l'ablation de certains corps étrangers dont la migration pourrait être dangereuse (au plan vasculaire notamment) peut être envisagée.

Antibioprophylaxie

L'antibioprophylaxie est recommandée. Elle a pour objectif de diminuer les risques de complications infectieuses. Elle vise principalement les bactéries cocci Gram positif (streptocoques) et les anaérobies. L'association amoxicilline et acide clavulanique a un spectre adapté. La gentamycine peut être ajoutée en cas de fracture ouverte (stade III de Cauchoix) ou de perforation digestive. La durée de traitement dépend des lésions (arrêt après le parage chirurgical en cas de plaie des parties molles, après cinq jours pour une perforation colique). L'antibioprophylaxie ne dispense pas du parage chirurgical précoce.

Conclusion

Les lésions projectilaires sont les traumatismes les plus fréquemment après une explosion. Elles sont responsables de décès précoces par hémorragie ou insuffisance respiratoire aiguë chez les victimes les plus graves. Chez les autres, elles posent, en cas d'afflux massif, des problèmes diagnostiques complexes que seule une stratégie optimale d'utilisation des moyens d'imagerie permet de résoudre. ♦

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Wightman JM, Gladish SL. Explosions and blast injuries. *Ann Emerg Med* 2001 ; 37(6) : 664-78.
2. De Palma RG, Burris DG, Champion HR, Hodgson MJ. Blast injuries. *N Engl J Med* 2005 ; 352 : 1335-42.
3. Leibovici D, Gofrit O, Stein M, Shapira S, Noga Y, Heruti R, Shemer J. Blast injuries : bus versus open-air bombing. A comparative study of injuries in survivors of open-air versus confined-space explosions. *J Trauma* 1996 ; 41(6) : 1030-5.
4. Peleg K, Aharanson-Daniel L. Blast injuries. *N Engl J Med* 2005 ; 23 : 352 : 2651-3.
5. Eshkol Z, Katz K. Injuries from biologic material of suicide bombers. *Injury* 2005 ; 36 : 271-4.
6. Braverman I, Wexler D, Oren M. A novel mode of infection with hepatitis B: penetrating bone fragments due to the explosion of a suicide bomber. *Isr Med Assoc J* 2002 ; 4 : 528-9.
7. Wong JM, Marsh D, Abu-Sitta G et al. Biological foreign body implantation in victims of the London July 7th suicide bombings. *J Trauma* 2006 ; 60(2) : 402-4.
8. Katz E, Ofek B, Adler J et al. Primary blast injury after a bomb explosion in a civilian bus. *Ann Surg* 1989 ; 209 : 484-8.
9. Boffard KD, MacFarlane C. Urban bomb blast injuries : patterns of injury and treatment. *Surg Annu* 1993 ; 25pt1 : 29-47.
10. Debien B, Lenoir B. Les traumatismes balistiques du thorax. Conférences d'actualisation 2004. 46ème Congrès national d'anesthésie et réanimation. 2004, Elsevier, Paris et SFAR : 515-32.
11. Hull JB, Cooper GJ. Pattern and mechanism of traumatic amputation by explosive blast. *J Trauma* 1996 ; 40(3) : S198-S205.
12. Cooper GJ, Maynard RL, Cross NL et al. Casualties from terrorist bombing. *J Trauma* 1983 ; 23 : 955-67.
13. Frykberg ER, Tepas JJ, Alexander RH. The 1983 Beirut airport terrorist bombing : injury patterns and implications for disaster management. *Am Surg* 1989. 55(3) : 134-41.
14. Mallonee S, Shariat S et al. Physical injuries and facilities resulting from the Oklahoma city bombing. *JAMA* 1996 ; 276(5) : 382-7.
15. Leibovici D, Gofrit O, Stein M et al. Blast injuries : bus versus open-air bombing. A comparative study of injuries in survivors of open-air versus confined-space explosions. *J Trauma* 1996 ; 41(6) : 1030-5.
16. Hill JF. Blast injury with particular reference to recent bombing incidents. *Ann Roy Coll Surg Engl* 1979 ; 61 : 4-11.
17. Adler J, Golan E, Golan J et al. Terrorist bombing experience during 1975-79. *Isr J Med Sci* 1983 ; 19 : 189-93.
18. Hadden WA, Rutherford WH, Merrett JD. The injuries of terrorist bombing : a study of 1532 consecutive patients. *Br J Surg* 1978 ; 65(8) : 525-31.
19. Peleg K, Aharanson-Daniel L et al. Patterns of Injury in Hospitalized Terrorist Victims. *Am J Emerg Med* 2003 ; 4 : 258-62.
20. Odhiambo WA, Guthua SW, Macigo FG et al. Maxillofacial injuries caused by terrorist bomb attack in Nairobi, Kenya. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002 ; 31(4) : 374-7.
21. Kluger Y, Mayo A, Hiss J et al. Medical consequences of terrorist bombs containing spherical metal pellets : analysis of a suicide terrorism event. *European Journal of Emergency Medicine* 2005 ; 12(1) : 19-23.
22. Hirshberg A, Stein M, Walden R. Surgical resource utilisation in urban terrorist bombing : a computer simulation. *J Trauma* 1999 ; 47(3) : 545-50.
23. Mandavia DP, Hoffner RJ et al. Bedside echocardiography by emergency physicians. *Ann Emerg Med* 2001 ; 38(4) : 377-82.
24. Brooks A, Davies B et al. Emergency ultrasound in the acute assessment of haemothorax. *Emerg Med J* 2004 ; 21(1) : 44-6.
25. Von Kuenssberg Jehle D, Stiller G, Wagner D. Sensitivity in detecting free intraperitoneal fluid with the pelvic views of the FAST exam. *Am J Emerg Med* 2003 ; 21(6) : 476-8.
26. Udobi KF, Rodriguez A, Chiu WC et al. Role of ultrasonography in penetrating abdominal trauma: a prospective clinical study. *J Trauma* 2001 ; 50(3) : 475-9.
27. Jones R. Recognition of pneumoperitoneum using bedside ultrasound in critically ill patients presenting with acute abdominal pain. *Am J Emerg Med* 2007 ; 25(7) : 838-41.
28. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ. Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care* 2007 ; 11(1) : 205.
29. Mayo A, Kluger Y. Terrorist bombing. *World Journal of Emergency Surgery* 2006 ; 1 : 33. www.wjes.org/content/1/1/33.
30. Williams KN, Squires S. Experience of a major incident alert at two hospitals : the Soho bomb. *Br J Anaesth* 2000 ; 85 : 322-4.
31. Wortmann GW, Valadka AB, Moores LE. Prevention and management of infections associated with combat-related central nervous system injuries. *J Trauma* 2008 ; 64(3 Suppl) : S252-6.

Traumatismes balistiques en pratique civile

V LAFORGE¹, D DEL NISTA²

1. SMUR BMPM, Marseille ; 2. Service des urgences, Hôpital Font-Pré, Toulon.

La réputation sulfureuse de Marseille a conduit à étudier la traumatologie balistique dans la cité phocéenne. Ce travail est basé sur les résultats de deux thèses de doctorat en médecine, qui ont recensé 912 cas de plaie par arme à feu entre 1988 et 1996, et une étude rétrospective des cas pris en charge par le SMUR du Bataillon des marins-pompiers de Marseille (BMPM) entre 2003 et 2006.

Les circonstances

48 % concernent des agressions, 47 % des tentatives de suicide et 3 % des accidents, la certitude quant aux circonstances n'a pu être acquise dans 3 % des cas. L'incidence des tentatives de suicide (TS) est de 6,49 cas pour 100 000 habitants, celle des agressions de 6,57 cas pour 100 000 habitants (Figure 1).

La variation relative du nombre des TS, croissant régulièrement avec l'âge, s'oppose à celle du nombre des agressions, maximales pour la tranche d'âge comprise entre 20 et 45 ans et décroissant rapidement par la suite.

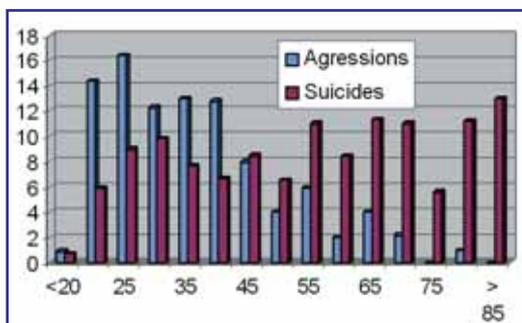


Figure 1. Incidence des tentatives de suicide et des agressions en fonction de l'âge.

L'évolution dans le temps

La diminution globale du nombre de cas est flagrante entre 1990 (129) et 2006

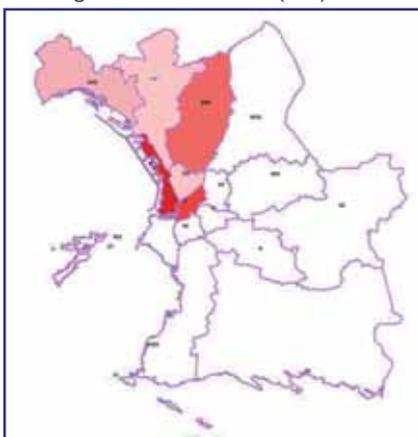


Figure 3. Les arrondissements concernés.

(22) (Figure 2). Deux explications peuvent être avancées : pour les agressions, le déplacement en périphérie de Marseille des « règlements de compte », et pour les TS, l'influence du renforcement de la législation sur les armes. Pour les TS, un premier pic apparaît entre 10 h et 14 h (27 %) et un second entre 16 h et 20 h. Plus de la moitié de ces TS ont donc lieu en fin de matinée ou d'après-midi.

Par contre presque la moitié des agressions est perpétrée entre 18 h et minuit (48 %).

Le lieu

86 % des TS ont lieu à domicile, contre 23 % des agressions. 77 % de celles-ci ont pour cadre un lieu public, contre 14 % lors des TS. Marseille compte 16 arrondissements de démographie, d'activités et de niveaux socio-économiques

très divers. L'incidence communale des interventions pour traumatisme balistique est de 6,2 pour 100 000 habitants. L'arrondissement le plus « dangereux » est le 2^{ème} avec une incidence d'agression de 23,62 (soit plus de trois fois la moyenne), suivi par le 1^{er} avec une incidence de 14,07. Ces deux arrondissements du centre ville correspondent aux quartiers traditionnellement chauds (Opéra, Vieux-Port, Panier, etc...) et à l'arrière-port de la Joliette. Les arrondissements dont l'incidence est supérieure à la moyenne (1^{er}, 2^{ème}, 14^{ème}, 15^{ème} et 16^{ème}) sont ceux du nord-ouest de la ville, dits Quartiers Nord (Figure 3).

L'arme utilisée

L'arme utilisée est connue dans 89 % des cas (Tableau I). Le calibre de l'arme a pu être

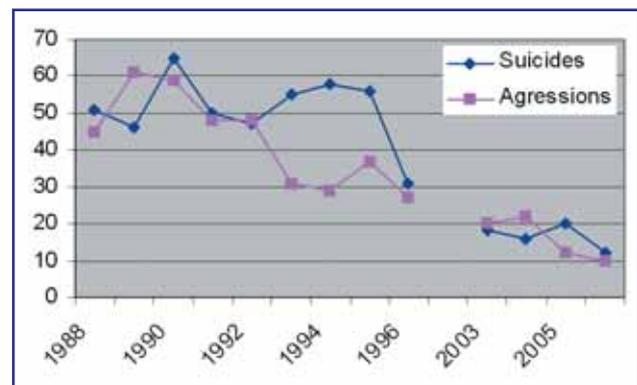


Figure 2. Nombre de suicides et d'agressions.

identifié dans 290 cas (83,6 %) (Tableau II). Trois calibres regroupent à eux seuls 54 % des cas. Les armes à grenailles ont totalement disparu de l'étude effectuée de 2003 à 2006 (réglementées depuis 1995)

Tableau I. Armes utilisées.

Armes de poing	36 %
Fusil à canon lisse	28 %
Fusil à canon rayé	11 %
Armes à grenaille	12 %
Divers	2 %

Tableau II. Calibre utilisé.

Calibre 12	23 %
22. long rifle	19 %
Grenailles	12 %

Pour les TS, une carabine à canon rayé (en grande majorité de calibre 22. long rifle) a été utilisée dans 18 % des cas, un fusil à canon lisse dans 28 % des cas et une arme de poing (y compris les armes à grenailles) dans 48 % des cas. Les agressions ont été commises avec une carabine à canon rayé (7 %), avec un fusil à canon lisse (28 %) ou avec une arme de poing (28 %). La seule différence notable est la plus forte utilisation suicidaire des carabines à canon rayé. Il faut noter que si l'arme est connue dans 94 % des TS (où elle est le plus souvent retrouvée près de la victime), elle ne l'est que dans 82 % des cas d'agression.

L'ensemble des armes non soumises à autorisation (au début des années 90) concernait 70 % des cas où le calibre est

connu (204 sur 290). Les armes dont la détention était réglementée étaient impliquées dans 22 % des TS contre 37 % des agressions ; les deux tiers de celles-ci étaient donc commis avec des armes dont la détention était libre.

Les victimes

Le sex-ratio est de 7,5 hommes pour une femme. Il est identique pour les agressions et les TS. En ce qui concerne l'âge des victimes, deux pics sont à noter pour les TS : l'un entre 25 et 40 ans (19 %), l'autre entre 55 et 70 ans (23 %). Les âges extrêmes sont 12 et 92 ans. Il n'y a que quatre TS en dessous de 20 ans. Pour les victimes d'agression, il existe un pic entre 20 et 30 ans (31 %), puis la courbe se stabilise jusqu'à 45 ans pour décroître rapidement après 50 ans (13 %). Il n'y a que sept victimes en dessous de 20 ans. Les âges extrêmes sont de 10 et 83 ans.

La localisation des impacts

Pour 347 cas étudiés de 1988 à 1990, 395 impacts ont été recensés. L'impact est unique dans 73 % des cas. Les impacts multiples correspondent, soit à des tirs distincts, soit à des criblages par projectiles fragmentables (grenailles, plombs de chasse). Les tirs à bout touchant par plombs de chasse ont été comptabilisés comme impacts uniques, y compris lorsque l'orifice d'entrée ne peut être connu avec précision (fracas crânien).

Les tirs crânio-faciaux sont prédominants (70 %) (Tableau III). Les sites électifs sont alors la tempe droite (45 tirs soit 40 % des tirs crânio-faciaux), la cavité buccale (17 tirs soit 15 %) et la tempe gauche (11 tirs soit 10 %). Les tirs thoraco-abdominaux ne représentent que 27 % des TS et visent principalement l'aire précordiale. On constate une nette prédominance masculine des tirs faciaux, esthétiquement délabrants (21 % chez l'homme, contre 5 % chez la femme) mais une prédominance féminine des tirs thoraciques (37 % chez la femme, contre 18 % chez l'homme). Lors des agressions, la répartition des impacts entre les différentes régions anatomiques est beaucoup plus aléatoire du fait de la « moindre coopération » de la victime.

Tableau III. Localisation des impacts en fonction des circonstances.

	Suicides		Agressions	
Crâne	82	51 %	40	24 %
Face	31	19 %	25	15 %
Cou	3	2 %	21	13 %
Thorax	32	20 %	44	27 %
Abdomen	12	7 %	44	27 %
Membres	2	1 %	59	36 %

Tableau IV. Mortalité pré-hospitalière et globale en fonction du calibre utilisé.

Calibre	Mortalité pré-hospitalière	Mortalité totale
Calibre 12	63 %	69 %
22. Long rifle	39 %	59 %
Grenailles	2 %	22 %
9 mm	40 %	68 %
7.65 mm	22 %	61 %
11.43 mm	82 %	82 %
Calibre 16	64 %	64 %
6.35 mm	33 %	67 %

La mortalité

La mortalité globale est de 57 %. Elle est de 77 % pour les TS, contre 41 % pour les agressions. La mortalité pré-hospitalière est de 56 % pour les premières contre 35 % pour les secondes. 77 % des victimes sont mortes lors de la phase pré-hospitalière : 65 % à l'arrivée des secours et pour 12 % une réanimation infructueuse a été entreprise.

La mortalité est très fortement influencée par le sexe de la victime, aussi bien en ce qui concerne les TS que les agressions. En effet la mortalité féminine globale est de 39 % (53 % de mortalité suicidaire et 29 % par agression). Chez l'homme cette mortalité est de 60 %, avec 80 % de mortalité suicidaire et 43 % par agression. Les traumatismes par arme à feu sont plus fréquents chez l'homme. Ils sont aussi plus graves, et l'on note quatre décès pour cinq suicides contre un pour deux chez la femme. La mortalité croît régulièrement avec l'âge, les pathologies acquises et probablement aussi la plus grande détermination du suicidant assombrissant le pronostic.

Le calibre de l'arme influence nettement la mortalité (Tableau III). L'important pouvoir destructeur des calibres 12 et 16 est à noter (respectivement 63 et 64 % des blessés décèdent avant l'arrivée des secours ou après une réanimation illusoire). Avec du calibre 11,43 mm, instrument historique des règlements de compte du milieu marseillais, l'intention de tuer est manifeste. La surmortalité suicidaire s'explique par des distances de tir très courtes, de meilleures conditions de tir (calme, solitude...) et le choix de points d'impact particulièrement dangereux (crâne, précordium, etc...).

Si la face et le cou sont les deux localisations affectées du plus fort taux de décès pré-hospitalier (respectivement 65 et 67 %),

la localisation crânienne est grevée du plus faible pourcentage de survie à terme du fait de sa forte mortalité hospitalière (29 %) malgré une mortalité pré-hospitalière inférieure (53 %). Un blessé de la face ou du cou a de forte chance de survie s'il atteint l'hôpital (respectivement 93 et 96 %). De même, les plaies thoraciques sont cause de décès pré-hospitaliers (44 %) plus qu'hospitaliers (3 %). Leur pourcentage de survie n'est pas négligeable (53 %). Les mortalités pré-hospitalière et hospitalière des plaies abdominales sont comparables (23 % et 30 %). Enfin les plaies des membres ne sont que rarement mortelles (92 % de survie) et ce d'autant plus que, sur les six cas de décès, un seul est imputable à une lésion isolée de cette région (plaie de la cuisse par chevrotines, décès au bloc).

Les structures d'accueil

La majorité des patients (68 %) a été dirigée vers le service des urgences du secteur. Le reste se partage entre les services de neurochirurgie (16 %), de réanimation (12 %), et l'admission directe au bloc opératoire (4 %). La mortalité des blessés admis en neurochirurgie (87 %) et en réanimation (44 %) a été importante, tandis que celle des victimes qui ont nécessité un acte chirurgical dès leur admission n'a été que de 29 %. Le faible nombre de ces cas (21 patients en neuf ans) ne permet pas de conclure formellement. Sept blessés adressés aux urgences chirurgicales sont décédés secondairement (soit 5 % des blessés admis aux urgences), six présentaient des lésions graves (délabrement facial, éviscération, etc...). On peut s'interroger sur les raisons qui ont conduit des blessés de cette gravité dans une structure inadaptée à leur état.

Conclusion

L'effondrement du nombre de traumatismes balistiques à Marseille depuis 10 ans ne permet plus de constituer une importante série comparable à celles des années 90. La raison de cette forte diminution est probablement due au renforcement des dispositions législatives encadrant la détention d'armes à feu. ♦

Accidents balistiques de chasse dans le sud de la France : caractéristiques préhospitalières

T GROS¹, M SEBBANE², C PLASSE³, D PROST³, T CASPER³, JJ ELEDJAM²

1. Département d'Anesthésie, Clinique Beau Soleil, Montpellier ; 2. Urgences-SAMU, Hôpital Lapeyronie, Montpellier ; 3. Service Santé, SDIS 34, Vailhauquès.

La chasse est un loisir pratiqué par plus d'1,3 million de passionnés en France et chaque année, plusieurs dizaines d'accidents balistiques sont à déplorer. Paradoxalement les spécificités de ce type d'accident sont peu connues des services d'urgences.

Matériels et méthodes

Au travers d'une étude descriptive menée par l'équipe médicale de la base hélicoptère de la Sécurité Civile de Montpellier, nous avons tenté de déterminer les caractéristiques générales des accidents balistiques de chasse survenus dans le Languedoc-Roussillon et les points essentiels de leur médicalisation préhospitalière.

Résultats

Du 1^{er} janvier 1997 au 31 décembre 2007, 40 accidents balistiques de chasse ont été colligés concernant 39 hommes et une femme. Dans 93 % des cas la victime était un chasseur, âgé de 45 [11-72] ans, pratiquant la chasse au gros gibier (70 %) et atteint par un autre chasseur (63 %). Les blessures étaient mortelles d'emblée dans 7,5 % des cas, graves dans 82 % (pronostic vital engagé dans 60 %) et 7,5 % des patients décédaient sur le lieu de l'accident malgré les soins apportés. A la prise en charge initiale, un état de choc hémorragique et une défaillance neurologique étaient présents respectivement dans 68 % et 18 % des cas (Photo 1). Les blessures étaient multiples chez 15 % des patients. Les atteintes les plus fréquentes intéressaient les membres (62 %), puis le thorax (14 %), l'extrémité céphalique (10 %), l'abdomen (10 %) et le cou (4 %). Sur un plan thérapeutique, une réanimation cardiorespiratoire et une intubation trachéale étaient nécessaires chez 10 % et 17,5 % des victimes. Le remplissage vasculaire était la mesure la plus souvent employée (85 %), il était considéré comme massif dans 15 % des cas et une transfusion sanguine était réalisée à deux reprises sur le terrain. Le recours aux amines concernait 10 % des patients et l'administration d'un antibiotique 15 %. La moitié des victimes secourues a bénéficié d'un traitement antalgique puissant (antalgique de niveau III, anesthésie locorégionale ou anesthésie générale). Les autres gestes thérapeutiques étaient beaucoup plus rares : garrot pneumatique (5 %), drainage thoracique



Photo 1. Accident de chasse, arrachement de l'artère poplitée et section du nerf fibulaire (Dr Gros T).

et péricardique (2,5 %), pantalon anti G (2,5 %). Toutes les victimes ont été évacuées par hélicoptère et 34 % d'entre elles ont été l'hélictreuillées. Dans les deux tiers des cas, un centre hospitalier universitaire était l'orientation choisie par le médecin régulateur du centre 15.

Discussion

Au niveau national, le nombre global des accidents balistiques de chasse est en régulière diminution depuis ces dernières années avec un total de 181 victimes durant la saison 2002-2003 (1). Ces accidents surviennent préférentiellement pendant la saison automnale et plus particulièrement le week-end. L'analyse des horaires de déclenchement des secours montre une recrudescence des appels entre 9h00 et 12h00 et entre 14h00 et 17h00 (2). Dans une très large proportion, les auteurs des coups de feu sont des hommes, dépassant la cinquantaine et pratiquant la chasse

depuis de longues années. Les accidents surviennent surtout en milieux fermés et la distance de tir est inférieure à 10 m dans un tiers des accidents. Les tirs directs sont majoritaires, mais les ricochets peuvent représenter plus d'un quart des blessures. La maladresse, le non respect des consignes de sécurité et des règlements sont souvent en cause (1-3).

En France, la chasse aux gros gibiers est autant incriminée que celle aux petits gibiers (plumes et poils) pour le gros gibier, la chasse au sanglier est la plus dangereuse, alors que pour le petit gibier, la chasse aux volatiles présente le plus grand risque (1,3). Les armes à canons lisses sont impliquées dans 80 % des accidents, et représentent 80 % des armes utilisées (3). Les accidents par balles ou par plombs sont aussi fréquents les uns que les autres (Photo 2). Les balles sont volontairement expansives quelle que soient les armes employées et à haute énergie cinétique lorsqu'elles sont tirées par des armes à canon rayé. Le calibre 12 est le plus répandu pour les armes à canon lisse (18,54 mm) et le nombre de projectiles par cartouche est très variable (150 à 900) (Photo 3). Pour les armes à canon rayé, les calibres varient de 7 à 9 mm, voire 12 mm pour les armes de grande chasse.



Photo 2. Accident de chasse, plaie par balle de type Brenneke (Dr Casper T).

La victime est le plus souvent un chasseur « posté » atteint par un ami, un membre de sa famille ou par lui-même lors de chutes ou de manipulations inadéquates de l'arme (1/3 des cas). Le dysfonctionnement de celle-ci est rare. La moyenne d'âge dépasse les 40 ans. Dans 10 à 15 % des cas, la victime n'est pas un chasseur : il peut s'agir d'un accompagnant, mais aussi d'un promeneur, d'un ramasseur de champignon, d'un cycliste, d'un cavalier ou d'un automobiliste (1-3). La mortalité varie de 10 à 20 % selon les années (1). Dans notre étude, la moitié des victimes décède avant l'arrivée des secours et l'autre moitié décède durant la prise en charge préhospitalière. Au niveau national



Photo 3. Accident de chasse, polycrissage superficiel (Dr Casper T).

les accidents balistiques de chasse sont considérés comme graves une fois sur deux et pour notre part, ils concernent près de 80 % des patients en raison de la forte proportion de chasseurs de sangliers dans le Languedoc-Roussillon. Très souvent le pronostic vital est immédiatement engagé (60 %) et les détresses sont avant tout hémodynamiques (68 %), l'hémorragie étant la première cause de mortalité des plaies par balle tous organes confondus (4). Les détresses neurologiques viennent au deuxième rang (18 %), les détresses res-

piratoires isolées sont rares (4 %) et une fois sur dix plusieurs fonctions vitales sont atteintes. Toujours dans notre étude, les blessures des membres sont majoritaires (62 %), parfois provoquées par la victime elle-même. Le membre inférieur est le plus touché (84 %) (Photo 4). Les atteintes du thorax, de l'abdomen et de l'extrémité céphalique sont moins nombreuses mais responsables d'une mortalité plus élevée. Le nombre de blessures sur un même individu dépend de l'arme utilisée, mais aussi des munitions et de la distance de tir (balle, chevrotine, plombs).

L'approche thérapeutique privilégie le maintien des fonctions vitales et la rapidité de mise en œuvre. Le traitement des plaies par balle est avant tout chirurgical et ne peut être effectué sur le terrain. L'abord veineux et le remplissage vasculaire sont les mesures les plus souvent employées (85 %) par nos équipes. Dans 15 % des cas le remplissage est même massif, mais cette attitude doit être discutée pour limiter la dilution des facteurs de la coagulation et ne pas aggraver le saignement. Dans ces situations extrêmes, transfusion ou auto-transfusion peuvent être envisagées si elles n'augmentent pas le délai d'évacuation. Les plaies par balles génèrent d'importants phénomènes douloureux qui nécessitent plus d'une fois sur deux le recours à un traitement antalgique puissant chez nos patients (antalgiques de niveau III, anesthésie locorégionale ou générale). La grande efficacité des blocs tronculaires est à souligner. L'antibiothérapie ne doit pas être négligée car l'infection représente la première cause de complications secondaires des plaies balistiques (4). Elle doit être administrée le plus tôt possible car les plaies sont fortement souillées et les blessures remontent parfois à plusieurs heures. L'obligation de contrôler les voies aériennes n'est pas rare lors de nos prises en charge (17,5 %), que ce soit dans le cadre, de détresses neurologiques, cardiorespiratoires ou du traitement de la douleur. L'indication doit être parfaitement pesée car ce geste est consommateur de temps et de moyens. La mise en place d'un garrot pneumatique par nos équipes est



Photo 4. Accident de chasse, fracture balistique du fémur (Dr Gros T).

peu fréquente (5 %) alors qu'elle mériterait une place plus importante pour traiter les plaies balistiques des membres. Le drainage thoracique doit être maîtrisé car il est le seul geste salvateur des plaies thoraciques asphyxiantes.

L'hélicoptère est le vecteur de choix (100 % de nos missions) car les accidents de chasse surviennent loin des axes de communication et des centres de secours. Les victimes sont difficiles à localiser et un hélitreuillage est parfois la seule solution pour les extraire de zones peu accessibles et les évacuer rapidement vers un centre hospitalier disposant du plateau technique adéquat (bloc opératoire, réanimation, équipe chirurgicale formée aux plaies balistiques).

Conclusion

Les accidents balistiques de chasse sont des situations rares mais graves. La mortalité est importante (15 %), l'urgence vitale fréquente et l'accès aux victimes difficile. Les détresses hémodynamiques prédominent et les membres sont le plus souvent atteints. Le remplissage vasculaire et le traitement de la douleur sont au premier plan. L'orientation vers un établissement possédant un plateau technique de haut niveau est privilégié. ♦

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Enquête accidents de chasse 2002/2003. Comparaison avec les résultats de 1997 à 2002. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.
2. Enquête accidents de chasse 2001/2002. Comparaison avec les résultats de 1997 à 2000. Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.
3. Hervé MA, Butel Y, Desenclos JM, Guillot HM, Kuhn Ph, Jardé O. Accidents de chasse par arme. Enquête nationale. Comparaison des saisons 1997-1998 et 1998-1999. Journal de Médecine Légale Droit Médical 2000 ; 43 : 55-66.
4. Rouvier B, Lenoir B, Rigal S. Les traumatismes balistiques. In: Sfar, editor. Conférences d'actualisation. 38^e Congrès national d'anesthésie et de réanimation. Paris: Elsevier; 1997. P. 703-16.

Quelles formations mettre en place pour l'utilisation de l'échographie par les médecins militaires, notamment en situation isolée ou en Opex ?

FAVIER Jean-Christophe le 10/11/2007

Récemment, le Service de santé des armées (SSA) s'est doté d'échographes compacts (Titan®, Sonolite™). Ceux-ci sont maintenant mis en place au niveau des formations de rôle 2 et sont prévus dans la dotation des prochains HMC. D'autre part, un certain nombre de services de santé occidentaux recourent déjà très largement à l'usage de l'échographie en rôle 2 et 3 (les chirurgiens allemands et américains notamment en sont utilisateurs).

- Quelle formation adopter pour la pratique de l'échographie ? La composante hémodynamique est très importante pour les anesthésistes-réanimateurs. Le DU de JJ Lehot et le DIU national d'échographie pour les réanimateurs répondent à cet objectif. Mais cet aspect ne représente qu'une part des informations qu'apporte l'échographie. Par ailleurs, les urgentistes et les médecins généralistes sont exclus de ces deux formations. Alors ? Deux formations civiles répondent partiellement à nos attentes : le programme rapide d'échographie du polytraumatisé (PREP), formation courte, mais coûteuse et non universitaire ; le DIU national d'échographie générale. Cette dernière formation est complète mais lourde, voire inaccessible aux non spécialistes : validation nécessaire d'un module de physique des ultrasons et quatre modules d'échographie spécialisée pour un volume unitaire de 50 h de cours et 50 vacations par module afin de valider la partie pratique. Ceci est inaccessible à la plupart. Les spécialistes peuvent valider avec au minimum le module de physique et un module de spécialité ce qui est plus accessible.

- Pourquoi former les généralistes ? Les marins embarqués disposent depuis deux ans du titan sur de nombreux bâtiments (porte-avions, SNLE, TCD, etc...) et exercent en situation d'isolement. Il pourrait paraître séduisant de leur apprendre quelques coupes et interroger un expert par télétransmission pour interpréter une situation. Néanmoins la télétransmission est loin d'être assurée et une formation interne a été mise en place ainsi que pour les médecins air (échographie sur avions Evasan). Mais une fois la formation acquise où pratiquer ? Uniquement en situation d'isolement ? L'échographie aux urgences apparaît dans le programme du DESC de médecine d'urgence (recherche d'épanchements abdo-thoraciques, péricardique, etc...). Pourquoi ne pas former aussi nos

urgentistes ? Lesquels ? Les DESC, les seniors, les juniors ? Les formations mises en place en interne par le SSA (Lyon, Metz) ne sont pas validantes pour l'université, mais pourraient l'être si l'Ecole du Val-de-Grâce permettait une validation formelle.

FAVIER Jean-Christophe le 14/11/2007

Les questions que nous posons sont abordées de manière plus ou moins complète par quelques articles et séminaires de sociétés savantes :

- échographie portable chez les malades en état critique. Réanimation 2005 ; 15 : 692-99.
- échographie en traumatologie pour l'urgentiste : de l'enseignement à la pratique. Réanimation 2004 ; 13 : 465-70.
- séminaire Sfm 2001. Place de l'échographie aux urgences (site de la Sfm).

FAVIER Jean-Christophe le 28/11/2007

Le DIU d'échographie générale évolue car les médecins urgentistes (CAMU) sont maintenant considérés comme « spécialistes ». Cela rend l'accès plus facile au DIU avec deux modules à valider comme évoqué précédemment.

ATTRAIT Xavier le 14/01/2008

L'échographie apporte une réelle plus-value à notre exercice de la médecine militaire en Opex. Une expérience récente au Tchad l'atteste. Début novembre, les EFT ont dû faire face à un afflux massif de blessés de guerre de l'armée nationale tchadienne (470 blessés par balles et par éclats en 10 jours) sur Abéché, à l'Est du Tchad. J'ai renforcé le médecin réserviste du PS d'Abéché pendant ces 10 jours pour faire le triage et la première mise en condition d'évacuation des blessés, ceux-ci étant ramassés sur le terrain sans aucune médicalisation. J'ai utilisé pendant cette phase l'un des deux appareils d'échographie de l'ACA (Titan®, Sonolite™). Le triage initial, à l'arrivée des blessés, a consisté bien entendu en un triage clinique sommaire (3 minutes par patient), permettant de catégoriser approximativement les blessés et surtout de prescrire leur traitement initial en précisant si besoin les gestes techniques particuliers à réaliser (quelques drains thoraciques ont été posés, ainsi que quelques VVC), gestes réalisés par le 2^{ème} médecin.

- L'échographie a trouvé sa place dans un 2^{ème} temps, lors de la révision des blessés catégorisés UA (essentiellement des traumatismes abdominaux et thoraciques). L'échographie a permis notamment de dédouaner un abdomen suspect mais

stable pour lequel l'échographie n'a mis en évidence aucun épanchement intra-abdominale. Son intérêt a aussi été remarqué dans l'évaluation des traumatismes thoraciques, l'échographie permettant de définir précisément le type et le volume de l'épanchement, et ainsi d'indiquer soit une exsufflation simple, soit la pose d'emblée d'un drain thoracique. Ainsi, certaines UA ont pu être reclassées UR (plaie abdominale finalement superficielle).

- L'échographie a aussi été utile dans un 2^{ème} temps au niveau de l'ACA à N'Djaména, après l'Evasan tactique des UA (sur les 44 UA, l'ACA en a traité 20). L'échographie a alors permis de définir l'ordre de priorité chirurgicale dès l'accueil des blessés. Elle a aussi permis dans certains cas de surseoir à l'intervention chirurgicale systématique, la faible quantité d'épanchement orientant alors vers une surveillance initiale « armée ». L'ACA de N'Djaména ne disposait pas alors du scanner qui est maintenant opérationnel depuis quelques jours.

- L'échographie a par ailleurs permis, pour l'anecdote, d'éviter un Rapasan pour suspicion de phlébite fémoro-poplitée (érysipèle avec gras paquet ganglionnaire au niveau du scarpa pouvant évoquer une phlébite fémorale, et que l'échographie a totalement éliminé, permettant de se contenter d'un traitement antibiotique avec un traitement par HBPM à dose préventive sans Rapasan).

Urgentiste de formation, je me suis formé à l'échographie d'abord en passant le DIU du Kremlin-Bicêtre (D Benamou, B Vigué) « Traumatismes graves : prise en charge des premières heures », qui intègre un module pratique type *Focused Assessment with Sonography in Trauma patients* (FAST Echo), puis en faisant en juin 2007, le PREP à Nîmes. L'échographie à l'ACA a été faite par le MP PF Wey, assistant d'anesthésie-réanimation à l'HIA Desgenettes de Lyon et instructeur du CITERA Echo de Lyon.

Je pense qu'une formation à l'échographie est extrêmement bénéfique pour le médecin généraliste urgentiste en Opex (aide au diagnostic en situation isolée, triage du blessé de guerre). Actuellement, à ma connaissance, il existe trois façons de se former : le PREP, le CITERA de Lyon, et surtout à mon avis le DIU d'échographie générale module écho appliquée à l'urgence (EAU), qui permet en deux fois 50 h et quelques stages pratiques de se former à l'échographie. Reste l'entretien des compétences en écho : il faut probablement se rapprocher des SAU et des SMUR qui en sont dotés. ♦



Journée CARUM 2009
LA RECHERCHE
1^{er} Trimestre 2009

Responsable : JM ROUSSEAU
HIA Bégin, Saint-Mandé

Pour plus de précision consultez le site www.carum.org



Journée scientifique de la SFMC
CHU Purpan

TRIAGE, ACTUALITÉS et PROSPECTIVES

Toulouse le 14 juin 2008

Pour plus de précision consultez le site www.sfmc.eu



XIV^{èmes} Actualités du PHARO

Intoxications et envenimations tropicales et communications libres sur tout thème de pathologie ou santé publique tropicales

Lundi 8 et mardi 9 septembre 2008

Auditorium du Palais du Pharo, Marseille
IMTSSA le Pharo, BP 46, 13998 Marseille armées
Renseignements : 04 91 15 01 22/86
com@imtssa.fr - www.actu-pharo.com



Journée des Clubs
50^{ème} Congrès
National de la SFAR

14h30- 16h30 Opérations extérieures

Modérateurs : Georges Mion (HIA Val-de-Grâce, Paris), Marc Puidupin (HIA Desgenettes, Lyon).

14h30-15h00 : Diversité et succession des missions d'une antenne chirurgicale : problèmes et solutions. S Mérat, C Cazères, A Marty, L N'Guyen (HIA Val-de Grâce, Paris).

15h00-15h30 : Apport de la balistique terminale dans la prise en charge des blessés par balle. C Giacardi, S Eyrieux, BV NGuyen, G Gadsaud, D Commandeur, M Ould-Ahmed, G Mion (HIA Clermont Tonnerre, Brest).

15h30-16h00 : Echographe portable Titan® en antenne chirurgicale : aide au diagnostic et à l'évaluation préopératoire. J-Y Martinez (9^{ème} ACA, HIA Desgenettes, Lyon), M Imperato (HIA Val-de-Grâce, Paris), JM Martin (HIA Percy, Clamart), P-F Wey (HIA Desgenettes, Lyon), P Précloux (HIA Desgenettes, Lyon), M Puidupin (HIA Desgenettes, Lyon).

16h00-16h30 : Utilisation pratique de l'échographie pour le triage de blessés de guerre : à propos de la prise en charge de 471 blessés tchadiens en novembre et décembre 2007. P-F Wey, X Attrait, T Boulanger, J-F Izabel, M Puidupin, J Escarment (HIA Desgenettes, Lyon).



Brigade de Sapeurs-Pompiers de Paris
Service Médical d'Urgence - MC FUILLA
Conférences de Réanimation Pré-hospitalière



Cycle 2007 - 2008

Ecole du Val-de-Grâce, Amphithéâtre Rouvillois
1, Place Alphonse Laveran - 75230 Paris Cedex

Début des séances à 16 h 30

Contact : Tél : 01 56 76 67 53

Email : chefsmur.ssm@pompierparis.fr

Pour plus de précision consultez le site www.carum.org

« LES JEUDIS DU BATAILLON »

Session 2007 - 2008



Institut de Médecine tropicale du Service de Santé des Armées
Jardin du Pharo, Bd Charles Livon - 13007 Marseille

Début des séances à 9 h 00

Contact : Tél : 04 95 05 40 82 - Fax : 04 95 05 40 78

Email : lesjeudisdelurgence@bmpm.gouv.fr

Pour plus de précision consultez le site www.carum.org

URGENCES 2008



Session encadrée CARUM / SSA

Palais des Congrès, Porte Maillot, Paris
Les 4, 5 et 6 juin 2008

HYPERTHERMIE D'EFFORT
UNE PATHOLOGIE MAL CONNUE

1. Comment la reconnaître ? C Brosset (HIA Laveran, Marseille)
2. Comment refroidir ? JM Rousseau (HIA Bégin, Saint-Mandé)
3. Pourquoi explorer ? R Saby (HIA Val-de-Grâce, Paris)

Coordonnateur : JP Carpentier

Email : jean-pierre.carpentier@interieur.gouv.fr

Palais des congrès - Porte Maillot - Paris
Mercredi 24 septembre 2008
Salle 243

17h00- 18h30 : Médecine d'armée et formation

Modérateurs : Bruno Debien (HIA Percy, Clamart), Jean-Pierre Carpentier (DDSC, Asnières-sur-seine).

17h00-17h20 : Les urgences en unité dans l'armée de terre : quelles formations pour quelles urgences ? C Brescon, R Haus-Cheymol, B Debien (HIA Percy, Clamart).

17h20-17h40 : Réalité et intérêts des stages de formation outre-mer. A Nau, E Peytel (HIA Laveran, Marseille).

17h40-18h00 : Sécurité d'utilisation de l'analgésie morphinique auto contrôlée par le patient par pompe manuelle en Afrique. M Rüttimann, J Nadaud, S Capsalas, E Guibert, C Landy, J-C Favier (HIA Legouest, Metz).

18h00-18h20 : Solutions hypertoniques pour la médecine de l'avant : où en est l'OTAN ?

G Mion, N Libert, J-L Daban, J-P Tourtier (HIA Val-de-Grâce, Paris).

18h20-18h30 : Conclusion.

Allez voir...

Le site du CARUM vient d'être réactualisé. Je vous incite à aller le consulter sur :

www.carum.org

En plus des informations sur l'association (présentation du Carum au cours de la journée des Clubs 2007), vous y trouverez un agenda concernant les principales réunions organisées ou auxquelles le CARUM participe, ainsi que les numéros de la revue Réanoxyo.

Ce site est le votre. Toute proposition susceptible de le faire évoluer est la bien venue. ♦



Réanoxyo RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS 2008

Réanoxyo est un des moyens de communication des membres du Club des Anesthésistes-Réanimateurs et Urgentistes militaires (CARUM). Cette revue est donc ouverte à tous : anesthésistes-réanimateurs, urgentistes diplômés ou non, de carrière ou réservistes.

Rédaction : Les articles originaux ne doivent pas dépasser 3 pages (police Times New Roman, corps 12, simple interligne ou 15 000 caractères espaces compris). Sauf demande particulière, les textes des communications faites au cours des sessions du CARUM (Sfar, Urgences, etc...) ne doivent pas dépasser 2 pages (10 000 caractères espaces compris). Les textes, au format Microsoft Word par exemple, avec les tableaux, figures et photos doivent être envoyés aux 2 adresses suivantes :

jean-pierre.carpentier@interieur.gouv.fr et georges.mion@club-internet.fr

Auteurs : Tout manuscrit doit impérativement être accompagné du nom et du prénom complets des auteurs ainsi que leurs grades, fonctions, téléphone et adresse Email. L'adresse de l'établissement d'appartenance doit être clairement précisée.

Références : Limitées au nombre de 10, elles sont citées entre parenthèse, dans l'ordre d'apparition dans le texte, selon les normes de l'Index Medicus.

Tableaux, figures et photographies : Maximum 4 par article et textes des communications. Les tableaux et figures, dotés d'un titre et accompagnés d'une légende brève, sont numérotés par ordre d'apparition dans le texte, en chiffres romains pour les tableaux et en chiffres arabes pour les figures. Les photographies doivent être numérotées, marquées du nom de l'auteur et accompagnées d'une légende. Les supports photographiques traditionnels (papier et diapo) sont acceptés. Les images numériques doivent être proposées uniquement au format TIF ou JPEG à la résolution minimale de 300 pixels/pouce (1600 x 1200 pixels).

Cotisations au CARUM et abonnement à Réanoxyo pour 2008

Document à renseigner avec le maximum d'attention. Photocopie possible ou téléchargeable sur le site www.carum.org

Nom : Prénom : Grade : Fonction :

Adresse Professionnelle :

..... Ville : Code postal :

Tél : Portable : E-mail :

Adresse Personnelle :

..... Ville : Code postal :

Tél : Portable : E-mail :

SPÉCIALITÉ : Anesthésiste-Réanimateur ; Urgentiste ; Médecin d'unité ; IADE ; IDE ; Autre (préciser) :

TITRE : Agrégé du SSA ; Spécialiste du SSA ; Assistant du SSA ; Interne des Hôpitaux ; Cadre ; Autre (préciser) :

STATUT : De carrière Réserviste Autre (préciser) :

TARIFS 2008	Institutions*	Agrégés, MCS et Civils	Spécialistes et Officiers Supérieurs	Assistants, Internes et Médecins	IADE et IDE
	100 €	50 €	30€	20 €	15 €

* Sous le terme d'« institution », il faut entendre tout ce qui, n'est pas une personne. Entrent sous cette dénomination, les bibliothèques, les hôpitaux, les directions, les inspections, les unités, etc... Les modalités de paiement sont les suivantes : demander au trésorier, par courrier à l'adresse ci-dessous ou par mail (isarouq@hotmail.com), un RIB qui permettra de faire un versement directement sur le compte du CARUM.

Cotisation par chèque à l'ordre du CARUM, à retourner à :

I. VINCENTI-ROUQUETTE - CARUM-Réanoxyo - Service d'Anesthésie-Réanimation - HIA Bégin - 69 avenue de Paris - 94160 St Mandé



La simplicité, c'est de disposer d'un moniteur compact et performant pour les situations les plus complexes.

Dernier né de la famille IntelliVue, le moniteur MP2 dispose de toutes les qualités d'un moniteur adapté au transport : surveillance multiparamétrique (dont l'ECG 12D et la capnographie), écran couleur tactile de très grande qualité, lisibilité de loin et en pleine lumière, le tout dans un boîtier ultra-compact et léger.

Pour en savoir plus, contactez nous au 0825 89 43 43

www.medical.philips.com

PHILIPS

sense and simplicity[®]