

Explosion par attentats terroristes : prise en charge chirurgicale des effets du blast

Terrorism bombing: surgical management of blast effects

C de Saint Roman, G Cinquetti, AC Ezanno, K Fixot, P Sockeel

Service de chirurgie digestive et générale, Hôpital d'Instruction des Armées Legouest, 57077 Metz.

Mots clés

- ◆ Explosions terroristes
- ◆ Attentat suicide
- ◆ Pertes massives
- ◆ Effet du blast
- ◆ Triage chirurgical

Résumé

Les deux objectifs majeurs d'un acte terroriste sont de générer un maximum de dégâts matériels et humains et d'en optimiser la gravité. Les attentats par engin explosif sont devenus l'arme terroriste la plus destructrice et la plus fréquemment employée dans le monde, car elle nécessite peu de moyens financiers et un apprentissage limité. La nouvelle nature du terrorisme demande au chirurgien une préparation spécifique pour faire face à un afflux massif de victimes.

Méthode. Nous rapportons l'expérience du Groupement médico-chirurgical, structure de type *Trauma Center*, de rôle 2 mis en place par le Service de santé des Armées à Kaboul (Afghanistan) en 2007.

Résultats. Quarante-deux victimes d'attentats terroristes ont été prises en charge dans les suites de sept événements différents. Soixante-six pour cent des blessés avaient des lésions de blast primaire, essentiellement des perforations tympaniques, 12 % avaient aussi des lésions pulmonaires. Cent pourcent des blessés avaient des lésions de polycrissage causées par des projectiles secondaires. Soixante-quatre pourcent avaient des fractures rattachées aux effets tertiaires du blast. Les lésions liées au quatrième effet d'une explosion étaient très diverses dont 14 % de brûlures et 33 % de troubles psychiatriques.

Sur les 31 (73 %) procédures chirurgicales, 28 % ont nécessité une laparotomie, 26 % des victimes ont été opérés de fasciotomies des membres inférieurs.

Conclusion. Les explosions entraînent des lésions complexes associant traumatismes fermés, traumatismes pénétrants, brûlures et lésions causées par l'onde de choc. Le triage conjoint entre chirurgie et réanimation doit déterminer rapidement la minorité des blessés qui nécessite une prise en charge chirurgicale urgente sur la base de l'examen clinique et de l'imagerie dont la réalisation ne doit pas retarder la prise en charge thérapeutique. Une rupture de l'équilibre délicat entre un triage complet mais lourd, consommateur en facteurs temps et humains, et un triage approximatif, source de méconnaissance diagnostique par manque d'appréciation du blessé dans son ensemble ou sur un point précis de sa pathologie, peut aggraver le taux de mortalité. Dans le cadre d'un afflux massif de blessés, la mobilité, la reproductibilité et les résultats immédiats de l'échographie en font un instrument valable et adapté à cette configuration, surtout chez le patient instable. La persistance de zones d'ombres dans la compréhension de la physiopathologie des lésions multidimensionnelles liées aux effets du blast ne doit pas détourner le clinicien des grands principes : traitement symptomatique des défaillances des grandes fonctions et traitement chirurgical des lésions à opérer.

Keywords

- ◆ Terrorism act
- ◆ Suicide bombing
- ◆ Massive casualties
- ◆ Blast effect
- ◆ Surgical management

Abstract

The two major goals of terrorism are the maximizing of casualty generation and maximising the lethality of those casualties. Explosive blasts become the most common and destructive terrorist weapons around the world because of the small amount of money and training they require. Cause of the new nature of terrorism act, surgeon need to be prepared for mass casualties by terrorism bombing.

Methods. Data were collected at the French level 2 surgical unit in Afghanistan in 2007.

Results. Included were 42 casualties from 7 events, 66% of primary blast injury with 12% of lung injury. 100% of victims presented secondary blast injuries with penetrating injuries; 64% presented fractures, traumatic amputations, open and closed brain injuries from tertiary blast mode of action. 14% of burns, 33% of psychiatric disorder and other miscellaneous forms of injuries were included in quaternary blast action.

Operative procedures were performed on 73% of patients including laparotomies (28%) and fasciotomies (26%).

Conclusions. Blast injuries are complex and require expertise of surgeons and anesthetists for their evaluation, treatment and long term recovery. The victims of this form of terrorism sustain unusually severe and complex multidimensional forms of trauma not typically encountered in routine surgical practice. Optimal utilization of manpower and resources, using anatomic and physiologic criteria can potentially minimize overtriage while maintaining an acceptable rate of undertriage.

In the setup of mass casualties events, its motility, reproducibility, and its immediate results, made emergency ultrasound exam a valuable and effective tool.

Specific injuries will require tailored approaches, an open mind, close collaboration and cooperation between trauma surgeons to share experience, opinions, and ideas.

Correspondance :

*Médecin en Chef Philippe Sockeel, Service de chirurgie digestive et générale, Hôpital d'Instruction des Armées Legouest
27 avenue de Plantières - BP 90001 - 57077 - METZ. (France)
E-mail: phsockeel@hotmail.com*

La gestion des polytraumatisés victimes d'actes terroristes est devenue une préoccupation importante pour les professionnels de santé. Les deux objectifs majeurs d'un acte terroriste sont de générer un maximum de dégâts matériels et humains et d'en optimiser la gravité pour porter atteinte aux valeurs fondamentales et aux infrastructures d'une société (1). Les Nations Unies ont proposé une définition simple du terrorisme comme étant « un équivalent de crime de guerre en temps de paix » (2).

Les blessures liées aux actes de terrorisme, spécialement celles induites par les attentats suicides, sont associées à un profil de blessés très particulier et doivent être prises en charge de manière spécifique afin de réduire la morbidité et la mortalité (3, 4). Une bonne connaissance des mécanismes lésionnels liés aux explosions, une prise en charge globale des patients et de leurs pathologies certaines, probables ou possibles permet de réduire les erreurs au triage évitant une sur-catégorisation qui monopolise inutilement les ressources humaines et matérielles ou une sous-catégorisation qui génère inévitablement des retards à la prise en charge (5-7).

Nous rapportons l'expérience du Groupement médico-chirurgical de rôle 2, structure de type *Trauma Center*, mis en place par le Service de santé des Armées à Kaboul (Afghanistan) pendant le premier trimestre 2007. Nous exposons ensuite les différents mécanismes lésionnels associés aux explosions par attentats en zone urbaine.

	n		Proportion de l'ensemble des patients
Lésions primaires n = 28 (66 %)	Lésions tympaniques	28	66 %
	Pneumothorax	5	12 %
Lésions secondaires (polycrissage) n = 42 (100 %)	Tête	4	9,5 %
	Tronc	31	73 %
	Membre supérieur	41	97 %
	Membre inférieur	42	100 %
	Pelvis	3	7 %
Lésions tertiaires n = 29 (69 %)	Fractures membres	27	64 %
	Traumatisme crânien fermé par projection	20	47 %
Lésions quaternaires n = 25 (59 %)	Brûlures	6	14 %
	<i>Crush syndrom</i>	1	2,3 %
	Polycrissage par matières biologiques	2	4,7 %
	Trouble psychiatrique aigu	14	33 %

Tableau I. Caractéristiques lésionnelles

	n	Proportion par rapport aux 42 patients
Lésions primaires (66 %)	Drainage thoracique	3 7 %
	Fasciotomies de décharge	11 26 %
Lésions secondaires (100 %)	Laparotomie	12 28 %
	Exploration ophtalmologique	2 4,7 %
	Réparations vasculaires	6 14 %
	Ostéosynthèse	5 12 %
Lésions tertiaires (69 %)	Exofixation	9 21 %
	Amputation	3 7 %
	Traitement orthopédique	10 23 %
Lésions quaternaires (59 %)	Parage des brûlures	2 4,7 %
	Traitement du <i>crush syndrom</i>	1 2,3 %

Tableau II. Prise en charge chirurgicale en fonction des effets de l'explosion.

Type de lésions	Nombre de décès	Taux de décès (N = 42)
Lésions primaires	1	2,4 %
Lésions secondaires	4	9,5 %
Lésions tertiaires	1	2,4 %
Lésions quaternaires	2	4,8 %

Tableau III. Mortalité liée aux effets de l'explosion.

Patients et méthodes

Le Groupement médico-chirurgical (GMC) de rôle 2, structure de type *Trauma Center*, mis en place par le Service de santé des Armées à Kaboul (Afghanistan) pendant le premier trimestre 2007 a pris en charge 283 patients dont 42 étaient victimes d'actes terroristes : 33 hommes, 4 femmes et 5 enfants de moins de 16 ans ; 40 (95 %) étaient de nationalité afghane. Ces 42 blessés ont été pris en charge par le GMC dans les suites de 7 attentats : 5 explosions étaient dues à des engins explosifs improvisés commandés à distance et 2 secondaires à un acte terroriste par « *suicide bomber* ». Le nombre moyen de blessés traités par événement était de 6 (extrêmes de 4 à 10).

Résultats

Tous les attentats ont eu lieu à ciel ouvert, 9 victimes se trouvaient dans des véhicules proches de l'explosion et 2 dans des bâtiments adjacents.

Types de lésions

Le tableau I décrit les caractéristiques lésionnelles des 42 blessés en fonction des différentes catégories de blessures liées aux explosions.

Des lésions « primaires » liées au blast ont été observées chez 28 (66 %) des blessés : lésions essentiellement à type de perforation tympanique suite à la surpression, seulement 5 d'entre eux (12 %) avaient aussi des lésions pulmonaires dont 3 (7 %) des pneumothorax dus uniquement à l'effet de souffle, sans lésions pénétrantes ni fractures de côtes associées. Les moyens diagnostiques disponibles au GMC ne permettaient pas de mettre en évidence de contusions pulmonaires liées au blast.

Cent pourcent des blessés avaient des lésions « secondaires » de polycrissage causées soit par des projectiles secondaires du milieu ambiant (débris de verre, débris telluriques ou de maçonnerie) soit par des sous-munitions métalliques intégrées à l'engin explosif pour renforcer son pouvoir vulnérant. Quatre blessés souffraient de lésions pénétrantes de la tête sans atteinte des structures cérébrales ni fractures associées, mais 2 d'entre eux avaient des lésions oculaires. Tous les patients avaient des impacts au niveau des membres inférieurs, 11 (26 %) d'entre eux ont été opérés de fasciotomies au niveau des quatre loges de jambe en raison de la dilacération musculaire par polycrissage sans qu'il n'y ait de fracture associée. Vingt-sept blessés (64 %) avaient des fractures (classées en lésions « tertiaires ») de gravité très inégales, allant de la simple fracture métacarpienne à l'arrachement de membre chez l'un des enfants et 20 blessés (47 %) avaient un traumatisme crânien avec perte de connaissance initiale. Les lésions liées au quatrième effet d'une explosion étaient de présentation très diverses. Six (14 %) étaient des brûlures, essentiellement de la face et des membres ou toute partie du corps non protégée par les vêtements ; ces brûlures étaient dans la majorité des cas de stade I ou II superficielles, un seul blessé souffrait de brûlure de stade II profond. Un blessé souffrait de lésions secondaires à l'incarcération sous des débris. On retrouvait des corps étrangers alimentaires (fruits et légumes) chez 2 d'entre eux sans qu'ils présentent de complications particulières. Quatorze blessés souffraient de troubles psychiques, majoritairement des prostrations (12 cas) dans les suites immédiates de l'attentat.

Prise en charge thérapeutique

Les différentes prises en charge thérapeutiques sont décrites dans le tableau II.

Trois blessés avec un pneumothorax lié probablement au blast primaire ont été drainés, l'un d'entre eux est secondairement décédé d'un syndrome de détresse respiratoire aigu au deuxième jour.

Trente et une procédures chirurgicales ont été réalisées pour des lésions induites par un polycrissage, considérées comme des lésions secondaires. Douze blessés (28 %) avaient des lésions pénétrantes abdomino-pelviennes qui ont été explorées chirurgicalement à titre systématique ; sept d'entre eux avaient un hémopéritoine massif qui a nécessité une laparotomie écourtée avec procédure de type *damage control* ; quatre blessés sont décédés par défaillance multiviscérale sur choc hémorragique.

Les fractures de membres ont été arbitrairement classées comme lésions tertiaires. Celles nécessitant un traitement chirurgical d'urgence étaient opérées par ostéosynthèse (12 %), par exofixation en cas de fractures septiques (21 %) ou par amputation (7 %) en cas de délabrement important, 10 blessés recevaient un traitement orthopédique d'attente avant une nouvelle évaluation dans des hôpitaux d'infrastructures.

Mortalité

Le tableau III résume les résultats de la mortalité rattachée aux différents effets du blast, même si la plupart des blessés avaient des tableaux cliniques complexes associant différentes pathologies liées à l'explosion :

- 1 blessé est décédé de syndrome de détresse respiratoire aiguë que nous avons relié au premier effet du blast ;
- 4 blessés sont décédés des suites d'une défaillance multiviscérale liée à une hémorragie massive après polycrissage, considérée comme lésions secondaires ;
- 1 blessé, arrivé au GMC en état de mort clinique, est décédé probablement des suites d'un traumatisme crânien grave ;
- parmi les patients victimes de lésions liées au quatrième effet de l'explosion, le patient incarcéré est décédé de défaillance multiviscérale, un autre patient de décompensation de co-morbidité cardiaque associée.

La plupart des blessés étant de nationalité afghane, le suivi à distance a été assuré par les hôpitaux d'infrastructures locaux une fois que leur état de santé était compatible avec le transfert et avec le plateau technique disponible.

Un suivi a toutefois été possible pour ceux dont le rétablissement de la continuité digestive a été assuré par les équipes techniques de relève du GMC. Cependant, trop peu d'informations sur les séquelles sont à notre disposition pour envisager une discussion sur les suites.

Discussion

Des armes de destruction massive opportunistes

« *We love death. The US love life. That is the big difference between us.* » Oussama ben Laden, 1998.

Les armes de destruction massive ont été jusqu'alors assimilées aux armes de type NBC (Nucléaire, Bactériologique et Chimique) seules capables de toucher le plus grand nombre de personnes possible (8). Cette définition ne tient pas compte de l'utilisation terroriste des explosifs. Ils sont devenus l'arme de destruction et de terreur la plus répandue dans le monde par la disponibilité des matériaux nécessaires à leur fabrication et par les faibles moyens financiers et techniques nécessaires à leur emploi. Aucune autre arme conventionnelle ne peut remplir la mission terroriste qui est de générer le plus de dégâts et de blessures à moindre coût. Ainsi le terrorisme par attentats suicides peut être qualifié de quatrième arme

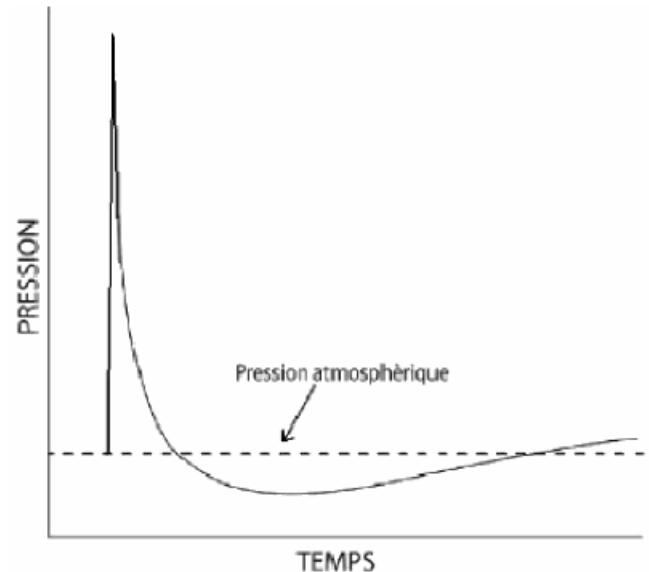


Figure 1. Onde de FRIEDLANDER, propagation d'une onde de surpression suite à une explosion

de destruction massive (9).

L'attrait pour des engins explosifs et incendiaires est lié au fait qu'il est relativement facile d'apprendre à les fabriquer et que des biens de consommation peuvent opportunément servir de matières premières. L'exemple le plus extrême est l'utilisation d'avions commerciaux par des terroristes kamikazes lors des attentats du 11 septembre. L'utilisation de camions citernes est envisageable, le vol d'explosifs sur des sites miniers ou de travaux publics est bien entendu plus commode. Internet offre également une grande variété de manuel de fabrication de bombes, l'attentat d'Oklahoma City en 1995 en est un exemple par l'utilisation d'une combinaison de nitrate d'ammonium (fertilisant) et d'essence permettant une démultiplication de l'onde de choc équivalente à 2 tonnes de TNT (10, 11). Le même type d'explosif avait été utilisé dans différentes attaques terroristes dont celle du camion suicide contre un bâtiment de l'*US Army* au Liban en 1983 (12) ou l'attaque de l'ambassade d'Israël à Buenos Aires en 1994 (13). La « popularité » de ce type d'engin explosif tient à son efficacité pour un petit prix et sans réelle nécessité d'une profonde connaissance en chimie.

En raison de la totale liberté de choix dans l'horaire et le lieu de la détonation, l'action terroriste par attaque suicide garantit habituellement des pertes massives. L'explosion reste « opérateur dépendant » selon la détermination du terroriste. Plus récemment, des détonateurs radio-commandés ont été utilisés dans les attentats terroristes de Madrid en 2004 et de Londres en 2005 (14, 15). Dans notre expérience en Afghanistan, l'utilisation de téléphone cellulaire a été démontrée, permettant de déclencher « à distance » l'explosion en cas d'interpellation par les forces de la coalition ou de défaillance du « *suicide bomber* ».

Impact physiopathologique des explosions

L'explosion provoque une onde de pression qui correspond à une ascension extrêmement brutale de la pression locale suivie d'une phase de dépression et de retour à la normale (fig. 1). L'expansion rapide des gaz après la détonation comprime l'air et crée une onde de choc qui progresse à des vitesses de l'ordre de 3 000 à 8 000 mètres par seconde. Cette onde de pression se déplace dans le milieu ; elle est d'autant plus vulnérante que le pic de pression est élevé et sa durée courte. Lors du déplacement de cette onde, une région de haute pression est créée ; à l'arrière de ce front de haute pression, une zone de dépression provoque une aspiration des

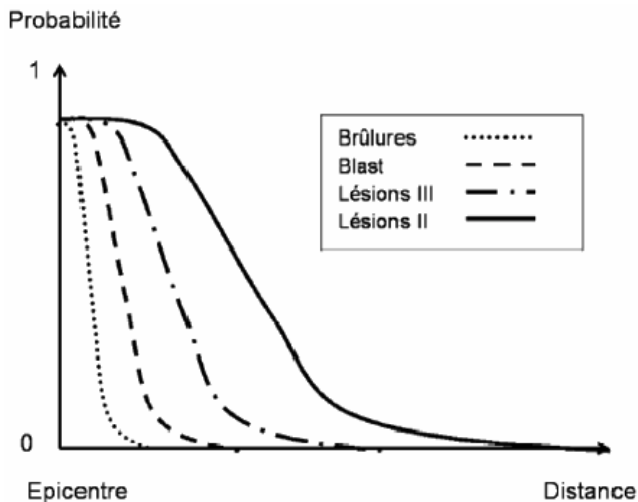


Figure 2. Répartition des lésions en fonction de la distance par rapport à l'explosion.

gaz vers le point de détonation. Cette phase dépressionnaire se dissipe plus lentement, elle est généralement 10 fois plus longue que la durée du pic de haute pression (16, 17). L'explosion dans un espace confiné est particulièrement plus vulnérante qu'une explosion à l'air libre. L'étude des attentats dans les autobus en Israël a montré que la mortalité était considérablement plus élevée lorsque l'explosion se produisait à l'intérieur du véhicule (18). Le milieu dans lequel se propage l'onde modifie aussi ses effets : la propagation dans les milieux liquides est beaucoup plus rapide, accentuant ainsi la gravité des lésions et le rayon de la zone létale. Cet effet est encore plus net lorsque le blast est transmis par une matière solide. Au cours d'explosions dans des immeubles, il a été montré qu'un des facteurs s'associant à la plus forte mortalité est l'effondrement du bâtiment. Au cours d'explosions dans des immeubles, il a été montré que l'effondrement du bâtiment est un des facteurs associé à la plus forte mortalité. Ceci a été observé aussi bien à Oklahoma City qu'à New York où l'effondrement des tours du *World Trade Center* a provoqué autant de dégâts que l'explosion simultanée de 90 tonnes de TNT (11, 19).

Sur le corps humain, le blast peut exercer plusieurs types de lésions. On distingue schématiquement les effets de blast primaire, provoqués directement par l'onde de souffle ; il s'y associe volontiers, chez les victimes proches du lieu de l'explosion, des effets de blasts secondaires provoqués par la projection et le criblage par des débris. Le blast tertiaire correspond à la projection de la victime elle-même ; enfin, le

Figure 3. Impact par shrapnels - lésions punctiformes, peu hémorragiques du bassin et des membres inférieurs.



blast quaternaire rend compte des lésions indirectes, contamination, brûlures par l'inhalation de fumées et des intoxications qui peuvent être associées.

Lésions initiales : effet de blast primaire

Sur le corps humain, les variations brutales de pression provoquent des phénomènes de compression/décompression conduisant à la rupture pariétale d'organes contenant les milieux aériens et liquides. De la même façon, l'onde de blast peut soumettre certains organes à des accélérations brutales provoquant des phénomènes de cisaillement et d'arrachement. Tous les organes ne sont pas touchés de la même façon par le blast. Il existe un seuil lésionnel dont les niveaux les plus faibles sont représentés par l'oreille, le poumon, puis le larynx, les intestins, les organes pleins.

Les lésions de blast pulmonaire sont cliniquement et radiologiquement comparables à une contusion pulmonaire, et provoquent un œdème pulmonaire hémorragique par rupture alvéolaire et capillaire - pouvant être retardé jusqu'à 48 heures après l'explosion - qui peut évoluer vers un syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA), cause du décès. Des désinsertions vasculaires et bronchiques peuvent être associées, mais c'est rare. Même si les lésions initiales de blast pulmonaire sont observées chez moins de 1 % des victimes, elles sont responsables d'un taux de mortalité élevé - proche de 11 % (12) - représentant ainsi une des blessures les plus fréquemment évoquées comme cause de décès immédiat sur le site de l'explosion. Une exception a été démontrée lors des attentats de Madrid en 2004 où une incidence de 17 % de blast pulmonaire a été rapportée chez les survivants, expliquée par la rapidité des délais de transports vers les structures de soins intensifs (14). Les lésions tympaniques et les pneumothorax sont avant tout des marqueurs d'un potentiel blast pulmonaire associé ou, tout du moins, d'une exposition à l'onde de choc (5, 20). Les lésions tympaniques sont observées pour une exposition à une surpression de 15 à 50 psi ; pour une surpression de 50 à 100 psi, il y a 50 % de chances d'observer une lésion de blast pulmonaire (21). Dans l'expérience israélienne, une pression de 35 psi est associée à un taux de mortalité de 1 % par blast pulmonaire ; à 65 psi, ce taux atteint 99 % (18).

Des facteurs extérieurs interviennent dans la complexité et la gravité de ces lésions primaires : la distance à l'explosion et le lieu de l'explosion, espace ouvert ou confiné (immeuble ou transport en commun), avec dans ce cas une augmentation significative de la morbi-mortalité.

Ces caractéristiques lésionnelles exceptionnelles, non observées dans la pratique traumatique civile, créent des difficultés dans la gestion chirurgicale des blessés, dans les décisions au triage et l'organisation de la chaîne de traitement.

Figure 4. Radiographie du bassin de face - localisation des projectiles.



Une méta-analyse proposée par Arnold et al. (22) insiste sur l'importance du dépistage des lésions de blast primaire pour les difficultés de ventilation qui seront rencontrées pour ces blessés, les possibles lésions viscérales associées ou le risque embolique avec ischémie vasculaire des organes abdominaux ou périphériques.

Les autres lésions liées aux explosions

Dans les actes de terrorisme urbain par attentats suicides, les lésions de blast primaire aggravées par les conséquences physiologiques de l'onde de choc initiale, par le fait que les explosions ont lieu dans des endroits clos ou « citadins » avec projectiles secondaires provenant du mobilier urbain, et par la combinaison d'utilisation de « sous munitions » dans la fabrication des engins explosifs ont conduit à l'adoption du terme de « *multidimensional injury* » (fig. 2) pour décrire la complexité inhabituelle et les localisations multiples des blessures liées au blast (23).

Il est important de proposer aux chirurgiens un complément d'éducation et d'entraînement à la gestion des pertes massives par attentats terroristes. Le caractère trompeur de ces blessures induit des erreurs de triage, la proportion de blessés intubés au déchochage en cas d'explosion terroriste est 6 fois supérieure à celle des autres causes d'afflux massif (7). Dans les études qui ont suivi l'attentat terroriste d'Oklahoma City en 1997, la proportion de thoracotomies et de laparotomies exploratrices était, elle aussi, anormalement élevée (10) par rapport aux prises en charge de blessés avec une plaie pénétrante unique. Les circonstances entourant ce type d'attaque terroriste influencent également le conditionnement des victimes et la prise de décision thérapeutique d'urgence. L'incertitude sur l'arrivée d'autres victimes, les scènes de terreur associées à ce type de blessure, la possibilité que des connaissances du personnel hospitalier soient au nombre des victimes et le risque d'une seconde explosion intensifient l'atmosphère chaotique qui existe déjà, en règle générale, dans un déchochage (24).

Lésions secondaires

Il s'agit de loin du type de blessure le plus classique. Les lésions secondaires liées au blast sont dues aux impacts de projectiles provenant de sous munitions contenues dans l'engin explosif lui-même (clous, billes, débris métalliques divers) ou de la fragmentation des structures ou des débris projetés par l'onde de choc (pierres, éclats, débris de mobilier urbain). La gestion du polycrissage par des projectiles inertes fait partie des classiques de la prise en charge des polytraumatisés (25). Ce sont des particules inertes, parfois d'origine biologique (26), de faible vélocité, peu pénétrantes, généralement sans orifice de sortie mais au trajet aberrant et aux dégâts imprévisibles (fig. 3 et 4). Il est difficile de reconstituer mentalement le trajet vulnérant et de prévoir des lésions probables ou possibles.

La porte d'entrée cutanée de ces fragments est en général de petite taille et ne permet pas à une hémorragie sous jacente de s'extérioriser. Il est difficile, surtout dans le cadre d'un afflux massif, de préciser par l'interrogatoire la position du blessé lors de l'impact. Ainsi, une victime d'explosion d'un engin au sol présente des portes d'entrée au niveau des membres inférieurs et du pelvis et des lésions intra-abdominales dont le tableau clinique peut passer inaperçu (27). La topographie lésionnelle est difficile à préciser dans les séries publiées, les auteurs ne précisant pas ou peu le caractère pénétrant ou non du traumatisme (12, 13, 28).

Dans le cadre du bilan et de la catégorisation de ces blessés, la radiographie simple permet de visualiser les débris métalliques et de situer les zones lésionnelles. L'échographie (5) est utilisée de manière courante dans les services d'urgence sous le terme de FAST (*Focused Assessment with Sonography for Trauma*) permettant de détecter en moins de 5 minutes, grâce à l'exploration de 6 points (2 culs-de-sac pleuraux, es-

paces spléno-rénal et hépato-rénal, cul-de-sac de douglas, vue xiphoidienne), les épanchements en péritoine libre, dans la cavité péricardique et pleurale (règle des 3 P). Les limites de l'échographie dans le cas des plaies pénétrantes ont été bien évaluées : toutefois, dans le cadre d'un afflux massif de blessés, sa mobilité, sa reproductibilité et ses résultats immédiats en font un instrument valable et adapté à cette configuration, surtout chez le patient instable chez qui la découverte d'un épanchement est une indication chirurgicale en urgence, sans avoir recours au scanner thoraco-abdominal (TDM) dont le délai serait une perte de chance pour le blessé (23). Toutefois, chez le patient stable avec une forte suspicion de lésions d'organes, l'échographie a peu d'intérêt, et le recours au TDM est indispensable pour le bilan lésionnel. L'échographie est utile dans un second temps chez les patients stables pour lesquels la suspicion de traumatisme profond est faible et où l'absence d'épanchement a une bonne valeur prédictive négative.

Lésions tertiaires

Ce sont les blessures induites par la décélération ou la projection des corps sur le sol ou les structures immobilières. Deuxième mécanisme lésionnel par ordre de fréquence dans les explosions, typique et bien connu des chirurgiens, elles semblent toutefois être plus sévères dans le cas d'un attentat par explosif (29). Dix à 39 % des blessés ont des fractures (30) ; elles concernent essentiellement les membres et le rachis. Soixante-six pourcent des victimes décédées ont un traumatisme crânien grave (31). Pour ce type de lésions, le triage doit, là encore, déterminer rapidement la minorité des blessés qui nécessite une prise en charge chirurgicale urgente sur la base de l'examen clinique et de l'imagerie dont la réalisation ne doit pas retarder la prise en charge thérapeutique.

Dès 1988, Frikberg et al. (12) indiquaient qu'une bonne gestion d'un traumatisme par explosion nécessitait une compréhension de son histoire naturelle et de son épidémiologie. Le concept traditionnel d'un triage effectué par le seul anesthésiste pendant que l'équipe chirurgicale lance la première procédure opératoire est à réviser. Il nous paraît important que chaque blessé ait un triage longitudinal par l'anesthésiste, appréciant le patient dans sa globalité et le retentissement hémodynamique des lésions, et un triage transversal par le chirurgien ciblé sur le profil lésionnel, appréciant le potentiel morbide des différents impacts. Cette combinaison de deux intervenants simultanément pour la prise en charge du traitement du choc et du traitement étiologique répond à un travail d'équipe nécessaire lorsque la mission est complexe, en accord avec les dernières conceptualisations du *Crew Resource Management* appliquées au milieu médical et implique des séances de formation obligatoire. Elles ont pour but de développer les attitudes professionnelles et le travail en équipe (32).

Quatrième impact lésionnel

Ces lésions font référence à toutes les autres blessures qui peuvent être induites directement ou indirectement par une explosion, telles que les brûlures, l'intoxication par des fumées ou des gaz, l'exposition à des agents chimiques ou à la radioactivité dans le cas de bombes « sales », les lésions de *crush* lors de l'incarcération des victimes sous des débris ou encore à la décompensation de comorbidité pré-existante.

Les troubles psychiques sont fréquemment observés juste après une explosion. L'événement traumatique et l'irruption brutale de l'image de la mort engendrent des attitudes initiales d'agitation ou de prostration (20). Il convient de ne pas méconnaître une lésion organique sous-jacente.

L'explosion de bombes « sales » implique la dispersion d'éléments chimiques ou radioactifs sur une large zone autour de l'explosion et sur les vêtements des blessés eux-mêmes, qui deviennent alors des vecteurs de la propagation de cette pollution (33, 34). La contamination de la zone entraîne, bien

sûr, des obstacles à l'intervention des premiers secours, nécessitant une sécurisation et une protection des équipes avec tout le retard à la prise en charge et l'accroissement de la mortalité qui en découlent. Cette illustration du caractère multidimensionnel de ce type de pathologie implique également la nécessaire protection des équipes hospitalières, la mise en place de chaînes de décontamination (35). Le plus grand impact de ces bombes « sales » est surtout la peur et la désorganisation qu'elles engendrent, bien plus que leur potentiel de contamination radioactif. Il y a en réalité bien peu de danger d'exposition aux rayons ou de contamination sur les populations (36). Mais le triage chirurgical est considérablement alourdi avec retard à la prise de décision thérapeutique. Les débris pénétrants peuvent aussi transmettre des maladies s'il s'agit de débris humains. Un des aspects macabres dans les attentats suicides est la découverte dans certaines blessures de restes humains du terroriste dont l'analyse a confirmé une sérologie hépatite active ou HIV positive (26, 37), renforçant l'image de terreur et de destruction de ces actes (32). Dans l'expérience israélienne, il existe au moins un cas affirmé de transmission de l'hépatite B chez une victime d'attentats suicides par un fragment d'os du terroriste kamikaze (38). La transformation de produits alimentaires (viandes ou légumes) en projectiles secondaires a été aussi incriminée dans la transmission d'infections à *Candida* (37).

Prise en charge

Il est difficile de comparer les différentes séries publiées dans la littérature sur la prise en charge des lésions secondaires à une explosion : il existe forcément un biais, ne serait-ce que sur les moyens de prise en charge entre un attentat survenant au cœur d'une ville de métropole occidentale et une explosion en zone de guerre. Lorsque l'on considère les délais de prise en charge, les blessés sont arrivés à la structure d'urgence du GMC dans les 3 à 6 heures qui ont suivi les différents événements. Ces délais s'expliquent par les structures de ramassage et de mise en condition, insuffisantes en zone de conflits et par la nécessaire sécurisation préalable de la zone par les autorités pour éviter un second attentat. Ces données sont illustrées par les chiffres actuels sur la mortalité relative des forces armées de l'OTAN engagées dans les conflits d'Irak et d'Afghanistan par rapport aux conflits plus anciens : le taux de « décès par suite de blessure » est en augmentation de 20 à 30 % du fait de l'allongement des délais d'évacuation vers les structures hospitalières. En revanche, le taux de « mort sur le terrain » est stable aux alentours de 20 %.

Conclusion

Les explosions entraînent des lésions complexes associant traumatismes fermés, traumatismes pénétrants, brûlures et lésions causées par l'onde de choc.

Le triage conjoint entre chirurgie et réanimation doit déterminer rapidement la minorité des blessés qui nécessite une prise en charge chirurgicale urgente, sur la base de l'examen clinique et de l'imagerie dont la réalisation ne doit pas retarder la prise en charge thérapeutique. Une rupture de l'équilibre délicat entre un triage complet mais lourd, consommateur en facteurs temps et humains, et un triage approximatif, source de méconnaissance diagnostique par manque d'appréciation du blessé dans son ensemble ou sur un point précis de sa pathologie, peut aggraver le taux de mortalité. Dans le cadre d'un afflux massif de blessés, la mobilité, la reproductibilité et les résultats immédiats de l'échographie en font un instrument valable et adapté à cette configuration, surtout chez le patient instable.

De notre expérience, nous pouvons avancer plusieurs enseignements :

- l'arrivée de plusieurs blessés dans des délais courts désorganise la structure d'accueil et d'urgence. L'entraînement des équipes médicales et paramédicales peut améliorer la prise

en charge ;

- la prévention d'un engorgement de cette structure impose la mise à disposition immédiate de l'ensemble des ressources avec organisation de transferts rapides intra, voire extra, hospitaliers. Ainsi, il est important de prévoir dans l'organisation d'un plan « afflux massif » que tous les secouristes hospitaliers, y compris ceux qui ne sont pas directement impliqués dans la prise en charge de polytraumatisés, fournissent des lits et du personnel médical ;
- la nécessité d'un bilan rapide et reproductible impose le « FAST-écho » comme examen de référence pour le triage. Une formation à cette technique est nécessaire pour que les anesthésistes-réanimateurs et les chirurgiens effectuent la meilleure catégorisation des lésions possible ;
- les chirurgiens « généraux » et les anesthésistes sont immédiatement engagés ;
- les chirurgiens orthopédiques et plastiques doivent être préparés à une surcharge de travail continue pendant plus de 24 heures après l'évènement.

La persistance de zones d'ombres dans la compréhension de la physiopathologie des lésions multidimensionnelles liées aux effets du blast ne doit pas détourner le clinicien des grands principes : traitement symptomatique des défaillances des grandes fonctions et traitement chirurgical des lésions à opérer.

« *Treat the wound, not the weapon* » D. Lindsey (39).

Références

1. Counterterrorism Threat Assessment and Warning Unit, National Security Division, FBI. Terrorism in the U.S. 1999 - a special retrospective edition. Washington D.C.: United States Department of Justice; 1999. Available online at: <http://www.fbi.gov/publication/terror/terror99.pdf>
2. Center for Defense Information. Terrorism: the problems of definition. August 1, 2003. Available at: www.cdi.org.
3. Stein M, Hirshberg A. Medical consequences of terrorism. The conventional weapon threat. *Surg Clin North Am* 1999 ; 79 : 1537-52.
4. Stuhmiller JH, Phillips YY, Richmorg DR. The physics and mechanisms of primary blast injury. In: Bellamy RF and coll. Ballistic, blast and burn injuries. Washington DC: Office of the Surgeon general of the US Army ; 1991 : 241-70.
5. Almogy G, Luria T, Richter E, Pizov R, Bdolah-Abram T, Mintz Y et al. Can external signs of trauma guide management? *Arch Surg* 2005 ; 140 : 390-3.
6. Lehman RK, Arthurs ZM, Cuadrado DG, Casey LE, Beekley AC, Martin MJ. Trauma team activation: simplified criteria safely reduces overtriage. *Am J Surg* 2007 ; 193 : 630-5.
7. Einav S, Feigenberg Z, Weissman C, Zaichik D, Caspi G, Kotler D, Freund HR. Evacuation priorities in mass casualty terror related event: implications for contingency planning. *Ann Surg* 2004 ; 239 : 304-10.
8. Barriot P, Bismuth C. Les armes de destruction massive et leurs victimes: aspects médicaux, stratégiques, juridiques. Flammarion Médecine Science ; Paris 2004.
9. Slater MS, Trunkey DD. Terrorism in America: an evolving threat. *Arch Surg* 1997 ; 132 : 1059-66.
10. Hogan DE, Waeckerle JF, Dire DJ, et al. Emergency department impact of the Oklahoma City terrorist bombing. *Ann Emerg Med* 1999 ; 34 : 160-7.
11. Mallonee S, Shariat S, Stennies G, Waxweiler R, Hogan D, Jordan F. Physical injuries and fatalities resulting from the Oklahoma City bombing. *JAMA* 1996 ; 276 : 382-7.
12. Frykberg ER, Tepas JJ. Terrorist bombings: lessons learned from Belfast to Beirut. *Ann Surg* 1988 ; 208 : 569-76.
13. Bianconi CA, Del Bosco CG, Jorge MA. Argentine jewish community institution bomb explosion. *J Trauma* 1999 ; 47 : 728-32.
14. De Ceballos JP, Turegano-Fuentes F, Perez-Diaz D, Sanz-Sanchez M, Martin-Llorente C, Guerrero-Sanz JE. 11 March 2004: The terrorist bomb explosions in Madrid, Spain--an analysis of the logistics, injuries sustained and clinical management of casualties treated at the closest hospital. *Crit Care* 2005 ; 9 : 104-11.
15. Aylwin CJ, König TC, Brennan NW, Shirley PJ, Davies G, Walsh MS, Brohi K. Reduction in critical mortality in urban mass casualty incidents: analysis of triage, surge, and resource use after the

- London bombings on July 7, 2005. *Lancet* 2006 ; 368 : 2219-25.
16. Phillips YY. Primary blast injury. *Ann Emerg Med* 1986 ; 18 : 1446-50.
 17. Pats B, Lenoir B, Ausset S, Benois A. Blast et blessures par explosion. *Encycl Med Chir (Anesthésie-Réanimation)*. Paris : Elsevier ed ; 2000. 36-725-D-10. 11p.
 18. Kluger Y, Peleg K, Aharonson-Daniel L, Mayo A and the Israeli Trauma Group. The special injury pattern in terrorist bombings. *J Am Coll Surg* 2004 ; 199 : 875-9.
 19. Frykberg ER. Medical management of disasters and mass casualties from terrorist bombings: how can we cope? *J Trauma* 2002 ; 53 : 201-12.
 20. Ryan J, Montgomery H. The London attacks - terrorism and medical response. *N Engl J Med* 2005 ; 353 : 543-5.
 21. Leibovici D, Gofrit ON, Shapira SC. Eardrum perforation in explosion survivors: is it a marker of pulmonary blast injury? *Ann Emerg Med* 1999 ; 34 : 168-72.
 22. Arnold JL, Halpern P, Tsai M, et al. Mass casualty terrorist bombing: a comparison of outcomes by bombing type. *Ann Emerg Med* 2004 ; 43 : 263-71.
 23. Aharonson-Daniel L, Klein Y, Peleg K. Suicide bomber form a new injury profile. *Ann Surg* 2006 ; 244 : 1018-23.
 24. Almog G, Belzberg H, Mintz Y, Pikarsky AK, Zamir G, Rivkind AI. Suicide bombing attacks. Update and modifications to the protocol. *Ann Surg* 2004 ; 239 : 295-303.
 25. Feliciano DV, Anderson GV, Rozyski GS, Ingram WL, Ansley JP, Namias N, Salomone JP, Cantwell JD. Management of casualties from the bombing at the Centennial Olympics. *Am J Surg* 1998 ; 176 : 538-43.
 26. Leibner ED, Weil Y, Gross E, Liebergall M, Mosheiff R. A broken bone without a fracture: traumatic foreign bone implantation resulting from mass casualty bombing. *J Trauma* 2005 ; 58 : 388-90.
 27. Sockeel P, Lang P, Gonzalez JF, De Saint Roman C, Chatelain E, Fixot K. Émeute urbaine et afflux massif, un nouveau profil de blessés. E-mémoire de l'Académie de Chirurgie. Communication du 04 Juin 2008. Available online at : <http://www.bium.univ-paris5.fr/acad-chirurgie/seances>.
 28. Adler J, Golan E, Golan J, Yitzhaki M, Ben Hur M. Terrorist bombing experience during 1975 - 1979. *Isr J Med Sci* 1983 ; 19 : 189-93.
 29. Ciraulo DL, Frykberg ER. The surgeon and act of civilian terrorism: blast injuries. *Am Coll Surg* 2006 ; 203 : 942-50.
 30. Mallonee S, Shariat S, Stennies G, Waxweiler R. Physical injuries and facilities resulting from the Oklahoma City bombing. *JAMA* 1996 ; 276 : 382-7.
 31. Peleg K, Aharonson-Daniel L, Michael M, Shapira SC. Patterns of injury of hospitalized terrorist victims. *Am J Emerg Med* 2003 ; 4 : 258-62.
 32. Sockeel P, De Saint Roman C, Massoure MP, Nadaud J, Cinquetti G, Chatelain E. The Main Gate Syndrome: a new format in mass-casualty victim "surge" management? *J Chir* 2008 ; 145 : 459-65.
 33. Born CT. Blast trauma: the fourth weapon of mass destruction. *Scand J Surg* 2005 ; 94 : 279-85.
 34. Baker MS. Creating order from chaos: part I: triage, initial care, and tactical considerations in mass casualty and disaster response. *Mil Med* 2007 ; 172 : 232-6.
 35. Schechter WP. Nuclear, biological and chemical weapons: what the surgeon needs to know. *Scand J Surg* 2005 ; 94 : 293-9.
 36. Mettler GA, Voelz GL. Major radiation exposure - what to expect and how to respond. *N Engl J Med* 2002 ; 346 : 1554-60.
 37. Eshkol Z, Krtz K. Injuries from biological material of suicide bomber. *Injury* 2005 ; 36 : 271-4.
 38. 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.
 39. Lindsey D. Weapons effects and parachute injuries. *Emergency war surgery, NATO handbook*.
 40. <http://www.bordeninstitute.army.mil/emergencywarsurg.EWSH.pdf>.