

Plaies craniocérébrales : de l'hôpital en Afghanistan à la prise en charge en France

J.L. DABAN¹, J.M. DELMAS^{1,2}, R. DULOU^{1,2}, B. DEBIEN¹

Points essentiels

- Une plaie craniocérébrale se définit comme un traumatisme crânien par pénétration d'agent vulnérant entraînant une brèche durale et mettant en communication directe les espaces sous arachnoïdiens et l'environnement extérieur.
- L'incidence du traumatisme crânien (TC) dans les conflits modernes, quelle que soit sa gravité, est estimée à 1 pour 1 000 combattants.
- Les plaies craniocérébrales constituent la première cause de traumatisme crânien grave au combat et représentent près de 80 % des cas.
- Le taux de mortalité des plaies craniocérébrales est estimé à 30 %.
- La majeure partie des traumatismes crâniens survient dans un contexte de polytraumatisme.
- La prise en charge chirurgicale repose sur un parage économe éventuellement associé à une craniectomie décompressive.
- La fermeture étanche de la dure mère est un point capital de la prise en charge.
- La neuro-réanimation de ces TC est identique à celle des TC fermés.
- La prévention des complications neurologiques repose sur l'antibioprofylaxie ainsi que sur la prévention du risque comitial et de la survenue de complications neurovasculaires.

1. Service de réanimation, Hôpital d'instruction des armées Percy, Clamart.

2. Service de neurochirurgie, Hôpital d'instruction des armées du Val de Grace, Paris.

Correspondance : Dr Jean-Louis Daban, Service de réanimation,
Hôpital d'Instruction des Armées Percy, 101, avenue Henri-Barbusse, 92140 Clamart.
E-mail : jeanlouis.daban@hotmail.fr. Tél. : 01 41 46 62 23.

1. Introduction

Les plaies craniocérébrales sont des traumatismes crâniens par pénétration d'un agent vulnérant entraînant une brèche durale, mettant en communication directe les espaces sous arachnoïdiens et l'environnement extérieur. L'objectif de cet exposé est de rapporter les spécificités de la prise en charge des plaies craniocérébrales présentées par des combattants français, depuis l'hôpital de campagne jusqu'aux hôpitaux d'infrastructure sur le sol français.

1.1. Épidémiologie

Les principales données épidémiologiques disponibles sont issues des registres américains. Entre 1997 et 2006 plus de 110 000 soldats américains ont consulté et plus de 15 000 ont été hospitalisés à la suite d'un traumatisme crânien. L'incidence du traumatisme crânien, quelle que soit sa gravité, est estimée, dans l'armée américaine, à 1 pour 1 000 combattants déployés et ce malgré le port du casque [1]. Le traumatisme crânien est la première cause de mortalité non évitable du combattant (83 % des décès après médicalisation). Chez les militaires, les trois principaux mécanismes de traumatisme crânien grave sont les lésions pénétrantes ou fermées par explosion (60 %), les traumatismes pénétrants par balle (20 %) et les traumatismes crâniens fermés (20 %) [2]. Les plaies craniocérébrales du combattant présentent des spécificités qui sont rapportées dans le **tableau 1**.

Tableau 1 – Comparaison des spécificités des plaies craniocérébrales en milieu civil et chez le combattant

Plaies craniocérébrales	Militaires	Civils
Moyens de protection	Port du casque	Néant
Mécanisme lésionnel principal	Lésions par explosion (fragments multiples / blast neuro associé)	Balle
Lésions par balle	Mécanisme non majoritaire Petit calibre et haute vitesse	Autolyse Gros calibre et basse vitesse
Lésions extracérébrales	Polytraumatisé Choc hémorragique	Rares

En milieu militaire, comparativement aux traumatismes crâniens fermés, les plaies craniocérébrales sont associées à des scores de Glasgow initiaux plus bas et nécessitent plus souvent une intervention neurochirurgicale (environ 30 % *versus* 9 %) [1].

1.2. Notions de balistique

Les lésions causées par un projectile sont liées aux propriétés de ce dernier et aux propriétés intrinsèques du milieu rencontré. La vitesse, le calibre (taille pour les éclats) et la stabilité du projectile jouent un rôle important. La déperdition d'énergie cinétique dans le milieu traversé est à l'origine d'un phénomène de

cavitation. Les projectiles à haute vitesse des fusils d'assaut modernes sont responsables d'un effet de cavitation temporaire supplémentaire qui résulte de la transmission de leur énergie cinétique aux tissus environnants. Dans les tissus relativement élastiques, comme le parenchyme cérébral, cela se traduit par l'apparition d'une cavité temporaire dont l'importance relative est souvent de 10 à 20 fois la taille du projectile incriminé [3]. Les lésions par balle ne représentent qu'une faible proportion des plaies craniocérébrales en temps de guerre. La majorité de ces plaies est causée par des éclats (fragments d'obus, *improvised explosive device*-IED). Ces éclats ont un comportement balistique imprévisible lié à une masse variable, une forme aléatoire, une grande instabilité, une vitesse initiale relativement faible et une faible force de pénétration à moyenne distance. Il en résulte des trajets aléatoires et une interférence plus grande des interfaces avec le milieu traversé [3].

Les plaies craniocérébrales peuvent être catégorisées en fonction du mode lésionnel. Les mécanismes pénétrants correspondent à la pénétration, à travers la voûte et la dure-mère, d'un corps étranger qui va rester logé dans la cavité intracrânienne. Dans les mécanismes tangentiels, un corps étranger extra-crânien provoque l'entrée de fragments d'os en intracrânien. Enfin, les mécanismes perforatifs correspondent à une blessure transfixiante caractérisée par un point d'entrée et un point de sortie. Les plaies craniocérébrales perforantes sont associées aux pronostics les plus péjoratifs [3,4].

2. Prise en charge

La prise en charge des plaies craniocérébrales en traumatologie de guerre est dépendante des contraintes opérationnelles. Le relevage sur le terrain se fait en environnement hostile dans des conditions techniques dégradées par rapport aux standards civils. La zone de combat une fois sécurisée, les blessés sont héliportés vers la structure chirurgicale de campagne la plus proche. L'objectif du soutien sanitaire est de permettre une médicalisation des blessés en moins d'une heure et l'accès à une structure chirurgicale en moins de deux heures. Sur le terrain, trois échelons de la chaîne santé peuvent être identifiés : le « rôle 1 », dont l'objectif est d'assurer une prise en charge d'urgence, médicalisée, au plus près du combattant, le « rôle 2 », premier échelon chirurgical qui assure le premier temps du damage control et le « rôle 3 » ou hôpital médico-chirurgical (HMC) qui assure un traitement spécialisé. Sur le terrain, c'est dans ce type de structure que le Service de Santé des Armées (SSA) affecte un neurochirurgien.

2.1. Rôle 2 : Première structure chirurgicale de campagne

Les structures chirurgicales de rôle 2 sont armées par des chirurgiens orthopédistes et viscéralistes (ou chirurgiens urgentistes pour certaines nations). Afin de pallier l'absence de neurochirurgien dans ces structures, deux options ont été développées au sein des services de santé. La première consiste en la formation

des chirurgiens « généralistes » aux principaux gestes d'urgence en neurochirurgie (réalisation de volets décompressifs, évacuation d'hématomes...). Un damage control neurochirurgical peut être ainsi réalisé chez les blessés les plus graves avant une évacuation sanitaire (EVASAN) vers une structure disposant d'un neurochirurgien (*rôle 3*) [5]. En France, il existe une formation opérationnelle appelée « CACHIRMEX » (Cours Avancé de Chirurgie en Mission Extérieure) délivrée à l'ensemble des chirurgiens militaires en fin de cursus. L'armée allemande organise, dans le même esprit, un cours de neurotraumatologie. En l'absence de *rôle 3* sur un théâtre opérationnel, la seconde option consiste en l'envoi d'une équipe neurochirurgicale depuis la France. Le SSA a formalisé depuis 2001 l'existence d'une équipe neurochirurgicale mobile. La mission de cette unité est d'assurer une permanence de télé-médecine et de permettre, si c'est nécessaire, le déploiement d'une équipe complète constituée d'un neurochirurgien, d'un anesthésiste, éventuellement d'un infirmier de bloc opératoire et dotée de l'ensemble du matériel neurochirurgical nécessaire à la prise en charge d'un blessé crânio- ou vertébro-lésé. Le neurochirurgien de permanence et son équipe peuvent être, en moins de trois heures, projetés par avion médicalisé à partir d'une base aérienne de la région parisienne. Entre 2001 et 2011, l'équipe neurochirurgicale mobile française a été mise en œuvre 15 fois. Elle a réalisé 9 interventions neurochirurgicales avant rapatriement du blessé [6].

2.2. Rôle 3 : Neurochirurgie de guerre

2.2.1. Accueil

Les explosions étant la première cause de plaies crâniocérébrales chez le combattant, la majeure partie des traumatismes crâniens surviennent dans un contexte de polytraumatisme. Chez les traumatisés crâniens, l'examen clinique recherche les points d'entrée et de sortie du projectile sur la face et le scalp, une fuite de LCR et une otorragie. Un examen neurologique complet est réalisé. L'état des pupilles et la présence des réflexes photo-moteurs sont systématiquement consignés de même que, chez les malades non intubés, le score de Glasgow. L'examen clinique est complété, dès l'admission, par la réalisation d'un doppler transcrânien permettant d'évaluer en urgence le débit sanguin cérébral. Les gestes réalisés au *rôle 1* sont contrôlés et éventuellement complétés (hémostase du cuir chevelu, packing, protection des voies aériennes si coma...) [7].

2.2.2. Le bilan d'imagerie

Le scanner, quand il est disponible, est l'examen radiologique de choix. En urgence, il est réalisé sans injection, en fenêtres osseuse et parenchymateuse. Les fenêtres osseuses permettent de mettre en évidence les corps étrangers radio-opaques intra crâniens (éclats osseux, fragments projectilaires, balle). Les fenêtres en pondération parenchymateuse permettent d'étudier le trajet lésionnel, le siège et le volume des lésions intra parenchymateuses, les lésions cérébrales secondaires (hématome, œdème, hydrocéphalie), leurs éventuelles conséquences (effet de masse, engagement) et la présence d'une pneumocéphalie. Chez les patients

présentant des plaies craniocérébrales par balle, même en l'absence de polytraumatisme évident, l'exploration du rachis cervical est systématique (coupes osseuses et reconstructions). Près de 10 % des patients cérébrolésés en traumatologie de guerre présentent des lésions du rachis cervical [8]. Si un polytraumatisme est suspecté (lésion par explosion), un scanner corps entier est réalisé. Quand cet examen est disponible, il n'y a plus d'indication à la réalisation de radiographies standard du crâne [7].

– Les conditions d'exercice de la traumatologie de guerre et les capacités d'accueil des structures de campagne contraignent à prioriser les prises en charges chirurgicales en cas d'afflux massif de blessés. La classification utilisée actuellement par le service de santé des armées est rapportée dans le **tableau 2**.

Tableau 2 – Catégorisation des urgences en médecine de guerre

Classification	Définition
T1	Geste de réanimation ou chirurgical en extrême urgence
T2	Lésion pouvant souffrir d'un traitement différé sans engagement du pronostic vital
T3	Éclopés
T4	Urgences dépassées

Cette classification comporte une catégorie T4 regroupant les urgences dépassées qui, en cas d'afflux massif, ne sont pas prises en charge chirurgicalement. C'est dans cette catégorie que sont classées les plaies craniocérébrales avec score de Glasgow inférieur à 5 et mydriase bilatérale à l'admission. Il est important de noter que ces principes de triage ne valent qu'en cas d'afflux massif. Par ailleurs, si la ressource médicale et chirurgicale est disponible, la gravité initiale ne contre indique pas la prise en charge. Selon l'état neurologique du blessé et l'importance des lésions, les plaies crânio-cérébrales sont catégorisées T1 ou T2.

2.2.3. Prise en charge neurochirurgicale

La majorité des plaies craniocérébrales étant due, dans les conflits actuels, à des explosions, la plupart des patients cérébrolésés présentent des lésions extracrâniennes. Dans ce contexte, en cas de choc hémorragique, la réalisation d'une hémostase chirurgicale (*damage control*) destinée à stabiliser l'état du patient précède le traitement neurochirurgical. Dans l'attente de l'acte neurochirurgical salvateur, le recours à une osmothérapie (mannitol ou SSH) permet de maintenir un débit sanguin cérébral. Même en cas de saignement actif, les objectifs de pression artérielle seront guidés par le doppler transcârien. Le traitement des plaies craniocérébrales repose sur un parage des tissus nécrosés avant une réparation et une fermeture étanche de la dure-mère. Chez les patients présentant une lésion importante de la voûte crânienne, le parage osseux pourra imposer la réalisation d'une craniectomie [9].

2.2.4. Parage agressif ou économe

Kocher et Cushing sont les premiers à avoir rapporté, au début du XX^e siècle, en traumatologie de guerre, des décompressions crâniennes destinées à traiter des hypertensions intracrâniennes rebelles. À la fin de la guerre, Cushing rapporta cette expérience opératoire et montra une baisse de la mortalité de 55 à 28 % et ceci avant l'avènement des antibiotiques. Jusqu'au début des années 1980, le traitement des plaies craniocérébrales reposait sur les recommandations de Cushing : parage agressif et fermeture étanche de la dure-mère pour diminuer les risques infectieux. L'amélioration des techniques de neuro-réanimation et d'imagerie a permis de faire évoluer le traitement chirurgical des plaies craniocérébrales [10]. L'étude des séries récentes montre que la répétition des craniotomies, avec un objectif d'ablation exhaustive des fragments projectilaires, augmente de façon significative la morbidité et la mortalité des plaies craniocérébrales [9]. Ces résultats plaident donc, à la phase aiguë, pour un parage économe réalisé en un temps. En l'absence d'effet de masse significatif, l'ablation de l'ensemble des corps étrangers intracrâniens est déconseillé puisque délétère.

2.2.5. Craniectomie décompressive et évacuation des hématomes

La craniectomie décompressive est la procédure actuellement recommandée par les auteurs américains pour la prise en charge des plaies craniocérébrales graves. C'est un des facteurs de lutte contre l'hypertension intracrânienne. Dans la série de Ragel, 31 % des procédures neurochirurgicales réalisées dans une structure de campagne par des neurochirurgiens américains étaient des craniectomies [11]. Si la lésion est unilatérale, une craniectomie de décompression fronto-pariétale est recommandée. Le volet osseux doit être suffisamment large (au minimum 14 cm en antéro-postérieur et 12 cm en supéro-inférieur pour un volet fronto-tempo-pariétal pour éviter la survenue d'une hernie cérébrale en cas de *brain swelling* [12]. Chez les blessés présentant des pertes de substances osseuses frontales importantes, des lésions cérébrales bifrontales ou des lésions ventriculaires, on peut réaliser une craniotomie bifrontale extensive. Il faudra alors crâniialiser les sinus [13]. Les indications d'évacuation des hématomes sont les mêmes que dans les traumatismes crâniens fermés [9].

La fermeture étanche de la dure-mère reste indispensable pour diminuer les risques infectieux. Pour autant, l'amélioration des biomatériaux et la possibilité d'utilisation de substituts de dure-mère diminuent la nécessité d'une fermeture aussi soignée qu'historiquement décrite. L'utilisation de substituts permet de plus de diminuer les durées opératoires et les pertes sanguines chez des malades présentant une coagulopathie. En raison des risques infectieux inhérents, la réparation des lésions sinusiennes doit être réalisée avec étanchéification de la dure-mère si possible dès la phase aiguë [12]. La mortalité dans les séries récentes après craniectomie décompressive est de 30 %. À long terme, dans la série de Ecker *et coll.*, 60 % des patients après craniectomie décompressive présentaient un état neurologique satisfaisant à long terme [13].

2.2.6. Attitude attentiste

En l'absence de lésion intracrânienne significative et chez les patients présentant un point d'entrée de petite taille sans dévitalisation du scalp, des soins locaux et une fermeture peuvent être suffisants. Ce type de prise en charge n'est possible que si les lésions visualisées sur le scanner sont minimales et si la surveillance peut être réalisée de manière attentive. Dans le cas contraire, ce type de procédure est strictement contre-indiqué. Cette attitude minimaliste devra également prendre en compte les risques liés à une EVASAN secondaire souvent longue [9].

2.2.7. Neuro-réanimation et traitement hémostatique au rôle 3

La prise en charge des lésions craniocérébrales sur le terrain est comparable à celle qui est pratiquée dans les hôpitaux de l'infrastructure. En effet, le niveau des moyens techniques disponibles dans les structures de campagne est équivalent à celui que l'on trouve en France : monitoring de la pression intracrânienne (capteur de pression intraparenchymateux à fibre optique, dérivation ventriculaire externe), doppler transcârien. La gravité des coagulopathies chez les polytraumatisés de guerre présentant un traumatisme crânien nécessite une réanimation hémostatique agressive qui est également possible puisque les structures de niveau 3 disposent de l'ensemble des traitements hémostatiques modernes (facteur VII activé, acide tranexamique, fibrinogène) [14]. La dotation en produits sanguins labiles (60 concentrés érythrocytaires et 80 poches de plasma sous forme cryo-desséchée à l'HMC de Kaboul) permet d'assurer les besoins transfusionnels afin de maintenir un taux d'hémoglobine supérieur à 10 g/dl, un TP supérieur à 50 % et un taux de fibrinogène supérieur à 1,5 g/l. En revanche, l'absence de concentré plaquettaire impose, en cas de thrombopénie ($< 100\ 000$ plaq/mm³) ou de transfusion massive, de recourir à la transfusion de sang frais total collecté et qualifié directement au sein du rôle 3.

2.2.8. Évacuation sanitaire vers les hôpitaux d'infrastructure

En cas de blessés multiples, l'armée de l'air française dispose de gros porteurs qui peuvent être équipés en véritables unités *volantes* de réanimation (MORPHEE). Ces vecteurs permettent le transport de 6 patients très graves dans des conditions de sécurité optimales et ceci pour des durées de transport pouvant dépasser les 9 heures. Dans les autres cas, grâce à des vecteurs plus petits, mais de mise en œuvre plus rapide (Falcon 50, 900 ou 7X), le délai entre la survenue du traumatisme et l'admission dans l'hôpital militaire sur le sol français est de moins de 24 heures. Durant le vol, il est impossible de réaliser un acte chirurgical en cas de dégradation de l'état du patient. Ceci plaide en faveur de la réalisation d'une craniectomie de décompression à la phase initiale de la prise en charge au rôle 3 de manière à permettre un contrôle plus aisé de la pression intra crânienne et d'éviter toute aggravation neurologique. Les principaux problèmes rencontrés durant le vol sont les conséquences hémodynamiques des phases de décollage et d'atterrissage et la pressurisation de la cabine, qui influe sur la pression partielle en oxygène [15].

2.3. Rôle 4 : Hôpitaux d'infrastructure

Le traitement définitif des lésions est réalisé dans les hôpitaux d'infrastructure sur le sol français (*rôle 4*). La chirurgie de sauvetage réalisée en urgence sur le terrain nécessite, de façon classique, la réalisation d'un second voire d'un troisième geste opératoire lorsque l'état du blessé est stabilisé et autorise la réalisation d'interventions prolongées. Dans ce contexte de chirurgie itérative, le choix initial de l'incision du scalp est important. Les interventions réalisées au *rôle 4* permettent, selon les cas, un complément de parage, un contrôle de l'étanchéité de la dure mère et une reconstruction de la voûte osseuse si le parage a été délabrant. La plastie de la voûte est réalisée en règle générale à distance du traumatisme afin de diminuer le risque infectieux (6 mois ou plus). Le volet osseux peut être mis en nourrice dans le plan sous-cutané abdominal à la phase aiguë. La plupart du temps, il ne peut être conservé en raison du risque infectieux. La cranioplastie sera alors réalisée avec un ciment acrylique. On peut également faire réaliser un implant prothétique sur mesure [16].

3. Complications

Les plaies craniocérébrales sont associées à une lourde mortalité, proche de 30 % dans les séries militaires. La mort est liée, dans la majorité des cas, à une cause neurologique (TC au delà de toute ressource thérapeutique) ou à un choc hémorragique. Les facteurs de risque d'évolution défavorable sont rapportés dans le **tableau 3 [17-19]**.

Les principales complications des plaies crânio-cérébrales sont rapportées dans le **tableau 4**. On distingue les complications intra et extracrâniennes [19].

Tableau 3 – Facteurs de risque d'évolution défavorable

• Causal	– Traumatisme perforant (transfixiant) (balle ou éclat)
• Démographique	– Âge
• Extracrânien	– Hypotension artérielle – Coagulopathie – SDRA
• Neurologique	– Glasgow initial – Anisocorie ou mydriase – Hypertension intracrânienne
• Scannographique	– Lésions bi hémisphériques ou atteinte de plusieurs lobes ou ventriculaire – Effacement des citernes – Déviation de la ligne médiane – Hématome intraparenchymateux – Contusion – Hémorragie sous-arachnoïdienne – Hémorragie intraventriculaire

Tableau 4 – Complications des plaies craniocérébrales

Complications extracérébrales	Lésions rachidiennes (10 %) Complications thromboemboliques (5-10 %) Infections systémiques (40-50 %)
Complications intracrâniennes	Infection du système nerveux central (10 %) Fuite de LCR (5-10 %) Épilepsie précoce ou retardée (10-15 %) Complications vasculaires (25-30 %)

Le traitement préventif des complications systémiques n'est pas spécifique. Les lésions rachidiennes étant fréquentes (10 %), on considérera de façon systématique tout cérébrolésé comme porteur d'une lésion rachidienne jusqu'à preuve du contraire.

3.1. Prévention des complications neurologiques

3.1.1. Complications infectieuses centrales

Les facteurs de risques d'infection du système nerveux central sont rapportés dans le **tableau 5 [20]**.

Tableau 5 – Facteurs de risque d'infection du système nerveux central

- Corps étranger intraventriculaire
- Persistance de corps étrangers après parage
- Pertes cutanées importantes
- Défaut d'étanchéité de la dure mère
- Délai entre traumatisme et traitement neurochirurgical
- Défaut d'antibioprophylaxie

Selon la littérature, les principaux germes incriminés sont, par ordre de fréquence, des *Staphylococcus aureus*, divers *Streptococcus*, des bacilles gram négatifs et des anaérobies (*Clostridium*). Si la nécessité d'une antibioprophylaxie n'est pas discutée, le choix de la molécule et de la durée du traitement font l'objet d'un débat [21]. Actuellement, dans les armées françaises, l'antibioprophylaxie des plaies crânio-cérébrales repose sur l'emploi d' amoxicilline-acide clavulanique pour une durée d'au moins 48 heures. Cette durée peut être étendue à 5 jours voir plus en cas de persistance d'une liquorrhée [22]. Une vaccination antipneumococcique et antimeningococcique est aussi réalisée.

3.1.2. Comitialité

Les plaies craniocérébrales sont associées à un risque élevé d'épilepsie secondaire précoce (10 %) ou retardée (40 %). L'utilisation d'une prophylaxie anti comitiale initiale n'empêche pas l'apparition d'une épilepsie secondaire retardée. Les molécules dont l'usage est recommandé dans la littérature sont la phénytoïne, le phénobarbital ou le valproate. Aucune de ces molécules n'a montré de supériorité par rapport aux autres. En l'absence de crise, la durée initiale de traitement recommandée est de 10 jours [17,23,24].

3.1.3. Complications vasculaires

Les traumatismes crâniens pénétrants peuvent se compliquer d'anévrismes traumatiques (5 à 40 % des TC pénétrants) et de vasospasmes (50 %). L'importance du risque de survenue d'un anévrisme traumatique justifie la réalisation systématique d'un angio-scanner cérébral. L'emploi de l'IRM est limité par la présence fréquente de corps étrangers métalliques. La surveillance de la survenue d'un vasospasme repose sur la mesure répétée des vitesses sanguines par doppler transcrânien. Les facteurs de risque de vasospasme sont la présence d'un anévrisme traumatique et la présence de sang (hématome ou hémorragie méningée). Le pic de survenue de cette complication se situe entre 10 et 20 jours après le traumatisme [25,26].

4. Conclusion

Les plaies crâniocérébrales sont fréquentes et graves en médecine de guerre. Le scanner est l'examen de référence qui va guider la prise en charge chirurgicale. Cette dernière associe un parage non délabrant éventuellement associé à une craniectomie décompressive en fonction de la gravité du traumatisme. La gravité des lésions justifie l'intervention d'un neurochirurgien dans les phases initiales de la prise en charge. Les principales complications de ces plaies sont systémiques et neurologiques (infection, comitialité et complications vasculaires).

Bibliographie

1. Wojcik B.E., Stein C.R., Bagg K., *et al.* Traumatic brain injury hospitalizations of U.S. army soldiers deployed to Afghanistan and Iraq. *Am J Prev Med* 2010 ; 38 : S108–116.
2. Eastridge B.J., Hardin M., Cantrell J., *et al.* Died of wounds on the battlefield: causation and implications for improving combat casualty care. *J Trauma* 2011 ; 71 : S4–8.
3. Part 1: Guidelines for the management of penetrating brain injury. Introduction and methodology *J Trauma* 2001 ; 51 : S3–6.
4. Part 2: Prognosis in penetrating brain injury *J Trauma* 2001 ; 51 : S44–86.
5. Mauer U.M., Kunz U. Management of neurotrauma by surgeons and orthopedists in a military operational setting. *Neurosurg Focus* 2010 ; 28 : E10.
6. Dulou R., Dagain A., Delmas J.-M., *et al.* The French mobile neurosurgical unit. *Neurosurg Focus* 2010 ; 28 : E13.
7. Kazim S.F., Shamim M.S., Tahir M.Z., *et al.* Management of penetrating brain injury. *J Emerg Trauma Shock* 2011 ; 4 : 395–402.
8. Neuroimaging in the management of penetrating brain injury *J Trauma* 2001 ; 51 : S7–11.
9. Surgical management of penetrating brain injury *J Trauma* 2001 ; 51 : S16–25.
10. Agarwalla P.K., Dunn G.P., Laws E.R. An historical context of modern principles in the management of intracranial injury from projectiles. *Neurosurg Focus* 2010 ; 28 : E23.
11. Ragel B.T., Klimo P. Jr, Kowalski R.J., *et al.* Neurosurgery in Afghanistan during « Operation Enduring Freedom »: a 24-month experience. *Neurosurg Focus* 2010 ; 28 : E8.

12. Bell R.S., Mossop C.M., Dirks M.S., *et al.* Early decompressive craniectomy for severe penetrating and closed head injury during wartime. *Neurosurg Focus* 2010 ; 28 : E1.
13. Ecker R.D., Mulligan L.P., Dirks M., *et al.* Outcomes of 33 patients from the wars in Iraq and Afghanistan undergoing bilateral or bicompartamental craniectomy. *J. Neurosurg.* 2011 ; 115 : 124–129.
14. Ralph J.K., Lowes T. Neurointensive care. *J R Army Med Corps* 2009 ; 155 : 147–151.
15. Fang R., Dorlac G.R., Allan P.F., *et al.* Intercontinental aeromedical evacuation of patients with traumatic brain injuries during Operations Iraqi Freedom and Enduring Freedom. *Neurosurg Focus* 2010 ; 28 : E11.
16. Stephens F.L., Mossop C.M., Bell R.S., *et al.* Cranioplasty complications following wartime decompressive craniectomy. *Neurosurg Focus* 2010 ; 28 : E3.
17. Wang H.-C., Chang W.-N., Chang H.-W., *et al.* Factors predictive of outcome in post-traumatic seizures. *J Trauma* 2008 ; 64 : 883–888.
18. Tudor M., Tudor L., Tudor K.I. Complications of missile craniocerebral injuries during the Croatian Homeland War. *Mil Med* 2005 ; 170 : 422–426.
19. Bell R.S., Vo A.H., Neal C.J., *et al.* Military traumatic brain and spinal column injury: a 5-year study of the impact blast and other military grade weaponry on the central nervous system. *J Trauma* 2009 ; 66 : S104–111.
20. Forgione M.A., Moores L.E., Wortmann G.W. Prevention of infections associated with combat-related central nervous system injuries. *J Trauma* 2011 ; 71 : S258–263.
21. Antibiotic prophylaxis for penetrating brain injury *J Trauma* 2001 ; 51 : S34–40.
22. Management of cerebrospinal fluid leaks *J Trauma* 2001 ; 51 : S29–33.
23. Antiseizure prophylaxis for penetrating brain injury *J Trauma* 2001 ; 51 : S41–43.
24. Chang B.S., Lowenstein D.H. Practice parameter: antiepileptic drug prophylaxis in severe traumatic brain injury: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2003 ; 60 : 10–16.
25. Vascular complications of penetrating brain injury *J Trauma* 2001 ; 51 : S26–28.
26. Bell R.S., Ecker R.D., Severson M.A. 3rd, *et al.* The evolution of the treatment of traumatic cerebrovascular injury during wartime. *Neurosurg Focus* 2010 ; 28 : E5.