Traumatismes balistiques cranio cérébraux de guerre. Un siècle d'évolution de prise en charge chirurgicale

R. Dulou[a,b], J.-M. Delmas[a], C. Bernard[c], C. Joubert[c], M. Fouet[a], A. Dagain[b,c]

a Hôpital d'instruction des armées Percy, BP 406 – 92141 Clamart Cedex.
b École du Val-de-Grâce, 1 place Alphonse Laveran – 75230 Paris Cedex 05.
c Hôpital d'instruction des armées Sainte Anne, BP 600 – 83800 Toulon Cedex 09.

Résumé

Ne seront donc abordés dans ce chapitre que les traumatismes crâniens pénétrants (plaies crânio-cérébrales) de guerre. Les standards de prise en charge actuels reposent naturellement sur l'évaluation neurologique (score de Glasgow ou GCS), et l'analyse des lésions par l'imagerie disponible. Il s'agit d'une prise en charge échelonnée et multidisciplinaire, avec au premier rang la réanimation qui joue un rôle clé au décours du traumatisme. L'éloignement des zones de combat (et l'absence d'un neurochirurgien sur site) impose une formation spécifique des chirurgiens d'antenne aux gestes neurochirurgicaux d'urgence. L'intégration à la demande d'un neurochirurgien (équipe mobile de neurochirurgie) dans l'équipe d'évacuation sanitaire (MEDEVAC) permet d'optimiser la qualité de prise en charge sur place et faciliter les conditions de rapatriement du ou des blessés neurochirurgicaux. Les perspectives sont dominées par la recherche avec l'amélioration des moyens de prévention (casques balistiques) et par le nouveau maillage sanitaire des terrains de conflit en cours d'élaboration.

Mots-clés : Balistique. *Damage control*. Guerre. Histoire. Neurochirurgie.

Abstract

WAR-RELATED BALLISTIC CRANIOCEREBRAL INJURIES. A CENTURY OF EVER EVOLVING SURGICAL MANAGEMENT.

This paper will exclusively focus on war-related craniocerebral wounds. The therapeutic guidelines rely on the clinical assessments and available radiological data (Ct scan). The management is multidisciplinary with early neuro-reanimation, which plays a key role right after the injury. The remoteness of combat theaters (and the lack of neurosurgeons on location) makes it necessary for general surgeons to have specific pre deployment training on neurosurgical damage control. A neurosurgeon can join the MEDEVAC team (mobile neurosurgical unit) to improve the management of neurosurgical casualties before repatriation. Further research and improvement in the protection and combat theater medical care network should be done.

Keywords: Ballistic craniocerebral injuries. Damage control. History. War surgery.

Introduction

La prise en charge actuelle des traumatisés crâniens balistiques de guerre est le fruit de réflexions, de succès et d'échecs rencontrés lors des principaux conflits qui ont émaillé ce dernier siècle. Si les progrès de l'imagerie, l'utilisation de moyens de protection plus performants, l'amélioration des conditions d'hygiène et des règles d'antibioprophylaxie ont contribué à l'amélioration de la survie des blessés de guerre, c'est la prise en charge échelonnée et multidisciplinaire des cérébrolésés, avec la réanimation dès l'avant, puis la rééducation et réadaptation fonctionnelle et sociale qui a profondément modifié non seulement le pronostic vital et fonctionnel, mais, au final, le regard du soignant vis-à-vis de ces blessés. Au point de faire parfois fi des recommandations de bonne pratique et d'avoir une attitude maximaliste pour des situations jugées auparavant « désespérées » (1).

Pour comprendre les standards de prise en charge actuels, il convient de rappeler brièvement l'évolution de la neurochirurgie de guerre depuis le premier conflit mondial. Plusieurs époques vont ainsi se succéder, chacune tenant compte des résultats de la précédente, pour revenir au final à des principes érigés dès 1917. Trois fils conducteurs y sont systématiquement retrouvés : chirurgie de l'avant, craniectomie, fermeture

R. DULOU, médecin en chef, professeur titulaire de la chaire de chirurgie spéciale appliquée aux armées. J.-M. DELMAS, médecin en chef, praticien certifié. C. BERNARD, médecin chef des services, praticien certifié. C. JOUBERT, médecin, praticien certifié. M. FOUET, médecin, praticien certifié, A. DAGAIN, médecin en chef, professeur agrégé de l'École du Val-de-Grâce.
Correspondance : Monsieur le médecin en chef R. DULOU, Hôpital d'instruction des armées Percy, BP 406 – 92141 Clamart Cedex.
E-mail : renaud.dulou@intradef.gouv.fr

cutanée. John Slater, neurochirurgien américain déployé durant la guerre du Vietnam, disait : « chaque guerre implique des neurochirurgiens inexpérimentés aux tâches qu'ils vont devoir accomplir. Chaque guerre nécessite de réapprendre des principes qui s'étaient révélés utiles par le passé mais qui ont été par la suite oubliés » (2).

Rappel historique

Le premier conflit mondial est vite devenu par les tranchées un conflit statique, avec l'usage intensif de l'artillerie. Le nombre très important de blessés graves de l'extrémité céphalique lié aux tirs de barrage va justifier le développement de moyens de protection, au premier rang desquels l'élaboration des premiers casques de combat en acier. Le casque ne pouvait protéger contre un coup direct, mais était capable de faire obstacle à certains éclats, et protégeait le combattant des chutes de pierres lors des explosions d'obus (3). Il était estimé capable de parer 75 % des éclats d'obus (4). Cette protection s'est avérée très vite payante en augmentant considérablement le nombre de blessés avec plaie crâniocérébrale, au point d'entraîner ce que certains chirurgiens de l'époque avaient qualifié d'« engorgement » des postes de secours, regrettant presque l'efficacité de cette protection. L'augmentation du nombre de ces blessés a logiquement entraîné une forte demande en chirurgiens spécialistes de l'extrémité céphalique. La neurochirurgie en tant que spécialité définie n'existait pas encore. La durée de formation à l'époque était fixée à dix semaines (d'où le nom de « *70 day brain surgeons* ») par les seuls praticiens sensibilisés à cette localisation lésionnelle, les « chirurgiens neurologiques » (5, 6). Par la suite, au cours de la Seconde Guerre mondiale, cette formation passe à quatre mois, et s'avère à nouveau nécessaire et cruciale du fait du manque de spécialistes malgré la création officielle de la spécialité de neurochirurgie en 1919 (7) : en 1942, les États Unis ne recensaient que 142 neurochirurgiens certifiés. Ainsi 200 chirurgiens « généralistes » seront formés avant d'être envoyés sur les fronts (8).

Les principes de prise en charge chirurgicale au cours de la Première Guerre mondiale sont le résultat des expériences partagées des chirurgiens français et anglais, au premier rang desquels Cushing, de Martel, Tuffier, Derache. Les buts étaient d'améliorer la survie par la maîtrise du risque infectieux. Ces principes étaient les suivants : chirurgie précoce et en un temps, rasage complet du cuir chevelu, réalisation d'un volet osseux (meilleure exposition de la plaie), retrait des fragments osseux embarrés et des débris ferromagnétiques (avec un aimant ferromagnétique), fermeture cutanée primaire sans tension (5).

Ces mêmes principes chirurgicaux sont appliqués au cours du deuxième conflit mondial, avec un meilleur contrôle du risque infectieux (introduction de la pénicilline en 1943) et du risque hémorragique périopératoire (transfusions, gels hémostatiques) (8). La nécessité d'une chirurgie précoce (dans les premières 48 heures) et les difficultés d'évacuation ont amené les Britanniques à créer des équipes mobiles de neurochirurgie, dotées de suffisamment de matériel pour réaliser jusqu'à 200 interventions en autonomie (9). La mortalité globale pour les plaies craniocérébrales passe de 28 % au cours de la Première Guerre mondiale à 14 % au cours de la Seconde (7). Cette réduction a entraîné un nouveau problème, avec des survivants plus nombreux et présentant de larges défects osseux délabrants. Divers matériaux de reconstruction vont être utilisés pour des cranioplasties synthétiques, avec plus ou moins de succès, au premier rang desquels le tantale (8, 10).

Les délais de prise en charge vont être considérablement raccourcis à partir de la guerre de Corée avec l'utilisation de l'hélicoptère comme vecteur d'évacuation des blessés au plus près des zones de combat. Au plan chirurgical, le dogme du retrait systématique des fragments osseux et/ou telluriques succède à l'approche antérieure plus conservatrice, la persistance de ces corps étrangers étant jugée principale responsable de complications infectieuses tardives (11, 12). Pour conséquence, de multiples réinterventions (après contrôles radiographiques répétés) pouvaient se succéder rapidement jusqu'à obtenir la disparition radiologique des coprs étrangers, ce qui va induire au final les complications que ces gestes étaient justement censés prévenir (7, 13). De plus, le suivi sur le long terme (5 et 15 ans) de blessés balistiques craniocéphaliques ne montrera pas de relation entre la persistance de fragments et le développement d'infection, voire d'épilepsie post-traumatique (14).

Le scanner au début des années 80 va permettre non seulement une analyse plus précise du bilan lésionnel, mais également une remise en question des pratiques précédentes (interventions multiples), avec une approche proposée moins agressive pour les blessés et avec atteinte focale mineure (débridement minimal sans retrait systématique des fragments ni fermeture systématique de la dure-mère) (15). Cette attitude plus conservatrice avait également l'avantage de pouvoir être appliquée par un chirurgien non spécialiste (manque de neurochirurgiens ?), et sera popularisée lors des conflits du Moyen Orient, jusqu'à en devenir un dogme. Cependant, l'une des séries les plus importantes de plaies craniocérébrales opérées de cette façon minimaliste au cours de la guerre Iran Irak va rapporter un taux de réinterventions élevé (infections, fuite de liquide céphalo rachidien) (16). Cette approche sera donc à nouveau remise en question au début des années 2000, Carey et al militant pour un retour aux principes prônés lors du premier conflit mondial (chirurgie en un seul temps, débridement des tissus nécrotiques et des fragments osseux et/ou balistiques accessibles, fermetures durale et cutanée sans tension) (17).

Standards actuels de prise en charge

Durant les campagnes d'Irak et d'Afghanistan, les « champs de bataille » ont fait l'objet d'une couverture sanitaire jamais atteinte auparavant (18). Les blessés cranioencéphaliques sont médicalisés dès les premiers instants suivant le traumatisme, arrivent plus rapidement sur les *Roles 3* mieux équipés (monitorage de pression

intracrânienne, doppler, imagerie – scanner voire imagerie par résonance magnétique). Le déploiement de neurochirurgiens au sein de ces structures plus lourdes a permis d'affiner les principes de prise en charge de ces traumatisés. Notamment, les patients en état de coma, en dehors du contexte d'afflux massif de blessés -toutefois généralement moins saturants qu'auparavant (19) – ne sont plus tous considérés en urgence dépassée. Au total, les blessés au-delà de toute ressource thérapeutique sont plus facilement identifiés (fig. 1), et la chirurgie s'intègre dans une démarche pluridisciplinaire de maintien et/ou restauration d'une pression de perfusion cérébrale satisfaisante, tout en gardant les impératifs de maîtrise du risque infectieux. Il s'agit donc d'un traitement plus conservateur (au plan cérébral), avec une craniectomie dont l'importance est corrélée aux données lésionnelles (13, 20-22).

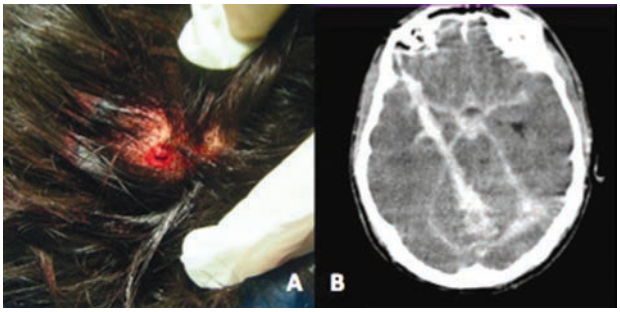


Figure 1. A. : Plaie pénétrante punctiforme occipital gauche, patient en GCS 3. B. : suivi de la trajectoire projectilaire (fosse postérieure, lobes temporal et frontal droits. Pas d'indication chirurgicale. Patient rapidement décédé.

Le scanner multibarrettes permet de reconstituer la trajectoire projectilaire grâce aux fenêtres osseuses et parenchymateuses (fractures, contusions, œdème, atteinte ventriculaire, etc..). Il est ainsi défini une « *zona fatalis* » dont l'atteinte au cours d'un traumatisme balistique est associée à un pronostic sombre, et donc considérée comme au-delà de toute ressource chirurgicale : structures de la ligne médiane se situant au-dessus du *dorsum sellae* (thalamus, ventricules), tronc cérébral (20, 23). Enfin, l'angio-scanner est utile pour le dépistage d'anévrismes post traumatiques, lorsque la trajectoire passe à proximité des gros vaisseaux ou lorsque le projectile s'est arrêté à leur proximité. Si doute, une artériographie cérébrale sera à discuter au retour du blessé (16).

Au terme de ce bilan, le blessé est classé selon sa gravité. La classification des traumatismes crâniens la plus rencontrée dans la littérature actuelle est celle de l'*American College of Rehabilitation Medicine* (reprises par les *guidelines* de pratique clinique de la *Joint Veterans Health Administration/Department of Defense*) :

– traumatisme crânien grave : GCS < 9 ; perte de connaissance > 24 heures ; altération de la conscience > 24 heures ; amnésie post-traumatique > 7 jours ; imagerie cérébrale normale ou pas ;

– traumatisme crânien modéré : GCS entre 9 et 12 ; perte de connaissance > 30 minutes mais < 24 heures ; altération de la conscience > 24 heures ; amnésie post-traumatique > 1 jour mais < 7 jours ; imagerie cérébrale normale ou pas ;

– traumatisme crânien léger : GCS entre 13 et 15 ; perte de connaissance absente ou < 30 minutes, altération de la conscience temporaire ou < 24 heures, amnésie post traumatique absente ou < 1 jour ; imagerie cérébrale normale.

La catégorisation en cas d'afflux massif de blessés tient compte de l'évaluation clinique seule :

– T1 : traumatismes crâniens avec apparition d'un déficit neurologique, traumatismes crâniens avec GCS > 8 et plaie craniocérébrale ;

– T4 : traumatismes crâniens avec GCS < 8 ;

– T3 : Traumatisme crâniens sans signe neurologique.

En l'absence d'afflux massif de blessés, l'attitude consensuelle actuelle tient compte de l'ensemble du bilan lésionnel (20, 21) :

– en cas de traumatisme pénétrant sans atteinte intracrânienne majeure et chez un patient présentant un traumatisme crânien léger, un parage simple avec fermeture de la plaie cutanée est réalisé ;

– tout patient avec GCS > 8 et plaie délabrante avec esquilles osseuses et effraction durale doit être opéré : parage des tissus dévitalisés, ablation des esquilles osseuses visibles (sauf en regard d'un sinus veineux) et suture durale aussi étanche que possible avant fermeture cutanée, en évitant le drainage (fig. 2) ;

– en cas de traumatisme pénétrant chez un patient avec GCS < 8, l'attitude varie selon le bilan lésionnel, les lésions associées, les convictions du chirurgien. La craniectomie décompressive paraît la solution la plus pertinente et consensuelle dans les cas de lésions intracrâniennes focales avec effet de masse significatif. Toute lésion pénétrante intéressant la *zona fatalis* précédemment citée ou pluricompartimentale ne justifie pas d'une chirurgie décompressive, à l'exception des plaies bifrontales, de meilleur pronostic.

Données épidémiologiques récentes

Comme pour les autres localisations de l'extrémité céphalique développées dans ce numéro, il est observé parmi les blessés une fréquence plus élevée de traumatismes craniocéphaliques lors des derniers conflits. Sur une étude prospective menée pendant 15 mois en Irak, à l'échelle d'une brigade ; 36,2 % des blessures concernaient l'ensemble « tête-cou », réparties comme suit : 71,4 % le crâne ; 3,2 % les yeux ; 6,3 % la face ; 7,9 % le cou et 11,1 % les oreilles (24).

Les taux d'amission pour traumatisme crânien entre septembre 2001 et septembre 2007 pour l'armée américaine étaient de 24,6 et 41,8 pour 10 000 soldats par an, pour l'Afghanistan et l'Irak, respectivement (25).

Globalement, le ratio traumatismes crâniens modérés et graves ouverts vs fermés est de 2,1. Il s'agit de plaies pénétrantes dans 71,5 % des cas, et de plaies par explosions/blast dans 23 %. Elles sont significativement moins isolées et plus graves que les traumatismes crâniens fermés. De fait, le recours à la chirurgie est plus fréquent en cas de traumatisme ouvert (21, 22).

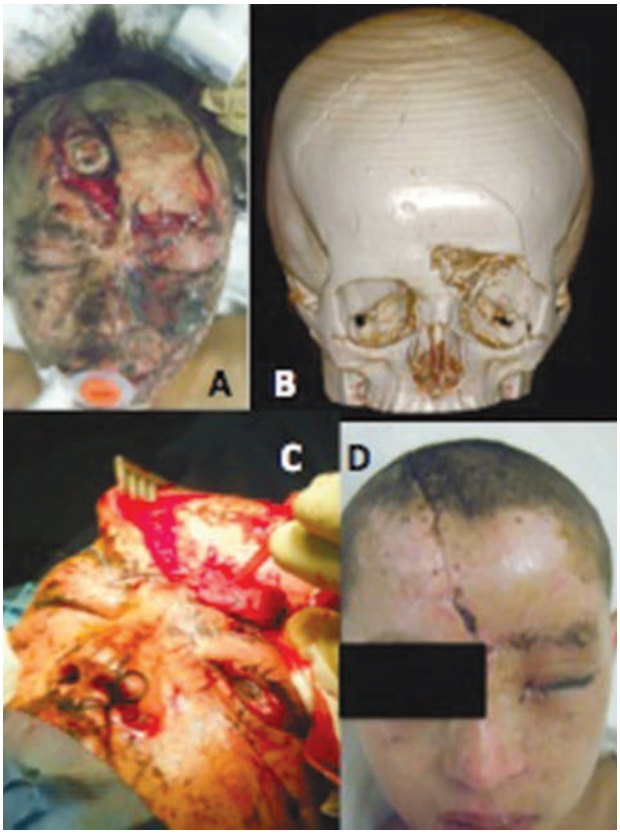


Figure 2. A : Patient de 8 ans, tir de roquettes, GCS 12, multiples plaies du cuir chevelu et issue de liquide céphalorachidien au niveau de la plaie supra-orbitaire, atteinte pénétrante de l'œil gauche. B : scanner en reconstruction 3D de face : atteinte frontale antérieure et du sinus frontal gauche. C : vue peropératoire après temps ophtalmologique ; exposition large en joignant les deux plaies frontales, fermeture durale et restauration de l'étanchéité de la base du crâne. D : vue de face du patient à J12.

Évolutions

En l'absence de neurochirurgien actuellement déployé en opération extérieure, le chirurgien d'antenne est en première ligne pour la prise en charge de blessés crânio encéphaliques. Leur formation est assurée depuis une dizaine d'années dans le service de santé par les Cours avancés de chirurgie en mission extérieure (CACHIRMEX) organisés par la chaire de chirurgie appliquée aux armées, avec des mises à jour tenant compte du retour d'expérience des praticiens déployés, des outils diagnostiques disponibles sur place et des données les plus récentes de la littérature (26). Le déploiement des scanners sur certains *Roles 2* permet de mieux apprécier la pertinence d'une indication et de guider le chirurgien pour la réalisation de l'acte (27). Les gestes enseignés relèvent du damage control neurochirurgical : techniques de parage des plaies crâniocérébrales, craniectomie décompressive. Ce type d'enseignement spécifique est également réalisé en Allemagne, avec la participation de praticiens français (28).

La craniectomie décompressive demeure toutefois un geste difficile à réaliser. Selon le Baron Larrey, la trépanation était, « sans exception, la partie la plus difficile de la chirurgie militaire » (29). Le principe de faire une craniectomie « d'attente » par un non-neurochirurgien dans l'hypothèse d'un geste secondaire plus complet en milieu spécialisé (30) s'oppose au risque d'aggravation des lésions intracrâniennes si une craniectomie de dimensions non idéales (c'est-à-dire 11 à 12 cm en longueur et hauteur) est réalisée (31). De plus, les facteurs environnementaux sont également à prendre en compte. Il peut être ainsi discuté de différer un geste de parage de plaie craniocérébrale en cas d'afflux de blessés au premier échelon chirurgical, si les délais d'évacuation vers une structure plus lourde disposant de meilleures conditions d'hygiène opératoire sont acceptables (13). L'équipe mobile de neurochirurgie, unique au sein des pays de l'OTAN, peut apporter une aide à la réalisation d'un geste unique avant rapatriement (27).

Les moyens de protection évoluent également. Aux casques en acier ont succédé les casques en fibres de Kevlar et nouveaux matériaux (polymères thermoplastiques, nanocomposites, fibres de carbone…) (32). Le cahier des charges pour l'élaboration de casques est très astreignant, à la recherche du meilleur compromis possible entre confort, protection, facilités de décontamination, compatibilité avec les équipements complémentaires, ergonomie (maintien d'une vision et d'une audition efficaces) et… prix (4). Le casque anglais de la Première Guerre mondiale était supposé plus efficace du point de vue balistique que le casque français, mais moins confortable à porter (33). Au cours de la guerre du Vietnam, le casque n'était pas systématiquement porté du fait des contraintes climatiques, avec pour conséquence une augmentation des traumatismes pénétrants balistiques estimée à 30 % environ (12). Les simulations 3D permettent actuellement d'adapter au mieux les tailles des casques modernes. Les mélanges polymères nano-composites associés à des nano tubes de carbone fourniraient la meilleure protection balistique. Enfin, des simulations sont encore nécessaires pour évaluer le comportement de ces différents composants sur les effets de blast (32).

Conclusion

La prise en charge des blessés balistiques cranio encéphaliques est longtemps restée dogmatique, du fait de l'absence d'imagerie performante et de neurochirurgiens en première ligne. Elle s'est progressivement affinée avec l'amélioration des plateaux techniques déployés et la présence de spécialistes au plus près des zones de combat. Cependant, elle garde en mémoire les travaux des premiers chirurgiens neurologiques de la Première Guerre mondiale, avec certains principes toujours d'actualité : « Les vrais hommes de progrès sont ceux qui ont pour point de départ un profond respect du passé. Tout ce que nous faisons, tout ce que nous sommes est l'aboutissement d'un travail séculaire » (Ernest Renan).

Le manque de neurochirurgiens militaires a également encouragé le partage de spécialistes dans différents *Roles 3*. Des neurochirurgiens allemands et anglais ont été ainsi intégrés dans des *Roles 3* français et américains, de même que des neurochirurgiens français dans des *Roles 3* allemands en Afghanistan (34, 35). En 2009, est créé au sein de la société mondiale de neurochirurgie le comité international de neurochirurgie militaire, avec des sessions dédiées (36). Des numéros spéciaux dans la revue neurochirurgicale américaine de formation continue sont consacrés à la neurochirurgie militaire, qui devient une entité qui prend forme par-delà les frontières et les différences de culture.

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt concernant les données présentées dans cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Hoffmann C, Falzone E, Dagain A, Cirodde A, Leclerc T, Lenoir B. Successful management of a severe combat penetrating brain injury. J R Army Med Corps. 2014 Sep; 160(3):251-4.
2. Slater J. Neurosurgery at war-Western neurological society 2005 www.westnsurg.org/pdfs/presidential_address2005.pdf
3. Audouin-Rouzeau S. L'équipement des soldats. Encyclopédie de la grande guerre 1914-1918, ed Bayard, 2004:281-6.
4. Carey ME, Herz M, Corner B, McEntire J, Malabarba D, Paquette S, et al. Ballistic helmets and Aspects of their design. Neurosurgery 2000 47 (3):678-89.
5. Carey ME. Cushing and the treatment of brain wounds during World war I. J Neurosurg 2011;114:1495-501.
6. Hanigan WC. Surgery of the Head and 70-Day Brain Surgeons. Neurosurgery 2003;53(3):713-22.
7. Dowdy J, Pait T.G. the influence of war on the development of neurosurgery. J neurosurg 2014;120:237-43.
8. Spurling RG. Neurosurgery (and the neurosurgeon) in World War II JAMA 1947;135(8):473-6.
9. Schurr PH: The evolution of field neurosurgery in the British Army, Journal of the Royal Society of Medicine 2005;98:423-7.
10. Flanigan P, Kshettry VR, Benzel EC. World War II, tantalum, and the evolution of modern cranioplasty technique. Neurosurg Focus 2014;36(4):E22.
11. Wannamaker GT, Pulaski EJ. Pyogenic neurosurgical infections in Korean Battle injuries. J Neurosurg 1958;15:512-8.
12. Hammon WM. Analysis of 2187 consecutive penetrating wounds of the brain from Vietnam. J neurosurg 1971;34(2 Pt 1):127-31.
13. Ecklund JM. The impact of military conflict in Modern Day Neurosurgical management. World neurosurgery 2012:264-6.
14. George ED, Dagi TF. Military penetrating craniocerebral injuries. Applications to civilian triage and management. Neurosurg Clin N Am 1995 Oct 6 (4) : 753-9.
15. Rahimi-Movaghar V, Jazayeri SB, Alimi M, Abbassioun K, Amirjamshidi A. lessons learned from War: a comprehensive review of the published experiences of the Iranian neurosurgeons durinf the Iraq-Iran conflict and review of the related literature. World neurosurgery 2012:346-58.
16. Amirjamshidi A. Abbassioum K, Rahmat H. Minimal debridment or simple wound closure as the only surgical treatment in war victims with low-velocity penetrating head injuries. Indications and management protocol based upon more than 8 years follow up of 99 cases from Iran-Iraq conflict. Surgical Neurology 2003;60:105-11.
17. Carey ME. The treatment of wartime brain wounds : traditional versus minimal debridement. Surgical Neurology 2003;60:112-9.
18. Chalela JA, Britell P. Tactical neurocritical care. Neurocrit care 2018 Mar 27.
19. Ramasamy A, Harrison S, Lasrado I, Stewart PM. A review of casualties during the Iraqi insurgency 2006- A british field hospital experience. Injury 2009;40:493-7.
20. Bell RS, Mossop CM, Dirks MS, Stephens FL, Mulligan L, Ecker R, Neal CJ, Kumar A, Tigno T, Armonda RA. Early decompressive craniectomy for severe penetrating and closed head injury during wartime. Neurosurg Focus 2010;28(5):E1.
21. Dagain A, Aoun O, Bordes J, Roqueplo C, Joubert C, Esnault P, et al. Management of war-related craniocerebral injuries in a French Role 3 Hospital during the Afghan campaign. World neurosurgery 2017;102:6-12.
22. Orman JA, Geyer D, Jones J, Scneider EB, grafman J, Pugh MJ, DuBose J. Epidemiology of moderate-to-severe penetrating versus closed traumatic brain injury in the Iraq and Afghanistan wars. J Trauma 2012;73(6 Suppl 5):S496-S502.
23. Kim KA, Wang MY, McNatt SA, Pinsky G, Liu CY, Giannotta SL, et al. Vector analysis correlating bullet trajectory to outcome after civilian through-and-through gunshot wound to the head: using imaging cues to predict fatal outcome. Neurosurgery 2005;57(4):737-47.
24. Belmont PJ, Goodman GP, Zacchilli M, Posner M, Evans C, Owens BD. Incidence and Epidemiology of Comabt injuries sustained during « the Surge » Portion of Operation Iraqi Freedom by a U.S. Army Brigade Combat Team. J Trauma 2010;68(1):204-10.
25. Wojcik BE, Stein CR, Bagg K, Humphrey RJ, Orosco J. Traumatic brain injury hospitalizations of U.S. Army Soldiers deployed to Afghanistan and Iraq. Am J Prev Med 2010;38(1S):S108-S116.
26. Bonnet S, Gonzalez F, Mathieu L, Boddaert G, Hornez E, Bertani A, et al. The French Advanced Course for Deployment Surgery (ACDS) called cours avancé de chirurgie en mission exterieure (CACHIRMEX) : hoistory of its development and future prospects. J R Army Med Corps 2016;162(5):343-7.
27. Dulou R, Dagain A, Delmas JM, Lambert E, Blondet E, Goasguen O, et al. The french mobile neurosurgical unit. Neurosurg Focus 2010;28(5):E 13.
28. Mauer UM, Kunz U. management of neurotrauma by surgeons and orthopedists in a military operational setting. Neurosurg Focus 2010;28(5): E10.
29. Roux FE, Reddy M. Neurosurgical work during the Napoleonic wars: Barron Larrey's experience. Clin Neurol neurosurg 2013;115:2438-44.
30. Breeze J, Blanch R, Baden J, Monaghan AM, Evriviades D, Harrison SE, et al. Skill sets required for the management of military head, face and neck trauma: a multidisciplinary consensus statement. JR Army Med corps 2018;164:133-8.
31. Moon JW, Hyun DK. Decompressive craniectomy in traumatic brain injury. A review article. Korean J neurotrauma 2017;13(1):1-8.
32. Kulkarni SG, Gao XL, Horner SE, Zheng JQ, David NV. Ballistic helmets- Their design, materials, and performance against traumatic brain injury. Composite structures 2013;101:313-31.
33. Bashford D. Helmets and Body Armor in Modern Warfare. New Haven, Yale University Press, 1920.
34. Schulz C, Kunz U, Mauer UM. Three years of neurosurgical experience in a multinational field hospital in northern Afghanistan. Acta neurochir 2012;154(1):135-40.
35. Joubert C, Dulou R, Delmas JM, Desse N, Fouet M, Dagain A. Military Neurosurgery in Operation: experience in the French role-3 medical treatment facility of Kabul. Acta Neurochir 2016; 158(8):453-63.
36. Mauer UM, Ecklund JM, Al Moutaery K, Brotchi J. Establishment of the military neurosurgeons committee within the World federation of Neurosurgical Societies. World Neurosurgery 2013;79(5-6):611-2.