

DOI:10.16781/j.CN31-2187/R.20201367

• 海洋军事医学 •

美军早期救治机构在重型颅脑创伤救治中的作用及启示

陈超, 陈菊祥*

海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院神经外科, 上海 200433

[摘要] 重型颅脑创伤是战时威胁战士生命的首要伤情。在美军“伊拉克自由行动”和“持久自由军事行动”中, 虽然早期救治机构未配置神经外科专科力量, 但通过早期介入和积极有效的救治策略稳定伤员病情, 为后续确定性治疗打下了基础, 使战士重型颅脑创伤的救治效果甚至优于同期平民。笔者分析了美军早期救治机构在重型颅脑创伤救治中的价值、任务和存在的问题, 以期为我军重型颅脑创伤卫勤保障能力的提高提供有益参考。

[关键词] 重型; 颅脑创伤; 救治策略; 早期救治机构; 军队卫生勤务

[中图分类号] R 826.1; R 651.15 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-1338(2022)08-0959-04

Role and enlightenment of early medical treatment facilities of US military in treatment of severe traumatic brain injury

CHEN Chao, CHEN Ju-xiang*

Department of Neurosurgery, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] Severe traumatic brain injury (sTBI) is the leading cause of death in combat casualties. Although no neurosurgeon was deployed in early medical treatment facilities (MTF) during Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom, early intervention with active and effective treatment strategies resulted in improved the outcomes in soldiers suffering sTBI, even better than civilians in the same period. In this article, the author reviewed the significance, task lists and problems of US military early MTF, so as to provide reference for our military medical service in sTBI.

[Key words] severe; traumatic brain injury; treatment strategies; early medical treatment facility; military medical service

[Acad J Naval Med Univ, 2022, 43(8): 959-962]

随着高爆武器在现代战争中的广泛使用, 颅脑创伤 (traumatic brain injury, TBI) 的发生率呈明显上升趋势, 已成为首要的致死伤情。在美军“伊拉克自由行动”(Operation Iraqi Freedom, OIF) 和“持久自由军事行动”(Operation Enduring Freedom, OEF) 中, TBI 的发生率约为 20%^[1], 远高于既往战争的 7.0%~13.0%; 而重型颅脑创伤 (severe traumatic brain injury, sTBI) 是美军首要阵亡原因, 约占 42%^[2]; 在积极救治后仍死亡的伤员中, sTBI 仍然是首要伤死原因, 约占难以挽救伤情的 83%, 约占可挽救伤情的 9%^[3]。美军早期救治机构 (I 级和 II 级) 并未配置神经外科医师和 CT 等诊治设备^[4], sTBI 伤员在伤后早期难以获得最全面的诊治。但是早期救治机构通过积极有效的救治策略使患者病情稳定, 为 sTBI 伤员战时后送获得

确定性治疗提供了基础, 改善了伤员预后。本文根据发表的文献, 对美军 OIF 和 OEF 行动中早期救治机构在 sTBI 救治中的价值、任务和存在的问题进行了分析, 以期为我军 sTBI 的卫勤准备提供有益参考。

1 美军早期救治机构在 sTBI 救治中的价值

分级救治是战伤救治的基本原则, 美军的战救机构分为 5 个阶梯。I 级救治机构负责现场急救、生命体征支持以初步稳定病情; II 级救治机构负责加强液体复苏、实施必要的损伤控制性手术, 前沿外科手术队可加强 II 级救治机构的外科救治能力; III 级救治机构配备 CT 仪、高级检验设备和血库等, 专科医师可为伤员实施确定性治疗; 伤员如需要进一步诊治则后送至德国 (IV 级) 或者美国本

[收稿日期] 2020-11-13 [接受日期] 2021-11-27

[作者简介] 陈超, 博士, 主治医师. E-mail: chenchaos_88@hotmail.com

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-31161795, E-mail: juxiangchen@126.com

士(V级)的医疗中心。在OIF和OEF行动中,虽然美军的I级和II级救治机构未配置神经外科医师^[4],但实践证明I级和II级救治机构实施的早期救治对sTBI具有重要价值。

1.1 转变观念,重视sTBI救治 战时由于医疗资源和救治能力的限制,sTBI伤员容易被归于期待治疗,枪击或爆炸物弹片导致的穿透性TBI伤员尤其如此^[5]。现代战争中穿透性TBI的发生率明显高于闭合性TBI,OIF和OEF行动中两者比例分别为2:1和1.3:1,穿透性TBI伤员伤情更重且常合并其他创伤^[6]。但是美军早期救治机构通过更积极有效的处置使sTBI伤员病情稳定,改善了这部分既往常以死亡或重残为结局伤员的预后。Bell等^[7]随访了188例行去骨瓣减压术、后送至美国本土的sTBI伤员,其中81.9%为穿透性TBI,伤员术前平均格拉斯哥昏迷量表(Glasgow coma scale, GCS)评分<8;但在伤后1~2年随访时,84%的伤员格拉斯哥预后量表(Glasgow outcome scale, GOS)评分>3;其中4例是爆炸物弹片导致的双侧穿透性TBI,经过康复治疗,GOS均>3。

1.2 早期救治,为改善预后提供基础 DuBose等^[8]分析了2003—2007年美军各级救治机构收治的604例sTBI伤员的数据,并与同期平民sTBI患者的数据相比较,结果显示sTBI战士的伤死率远低于平民(7.7% vs 21%),其中颅脑枪击伤战士的伤死率大约是平民的1/10(5.6% vs 47.9%)。战救机构在相对恶劣的条件下能取得更佳的救治效果,其原因是多方面的,包括防护装备的改进、战士较平民更为强壮等,但是救治模式的区别是最根本的原因,其中I级和II级救治机构实施早期救治则是最关键因素^[7-8]。

2 美军早期救治机构的救治任务

对于sTBI,早期救治机构的主要目标是预防继发性脑损伤,救治任务包括非手术治疗和手术治疗两方面。

2.1 非手术治疗为主 脑组织的灌注和氧合与sTBI伤员预后紧密相关,因此早期救治机构着重于维持有效的血压和通气^[9]。(1)通过强化的液体复苏,快速恢复血压,维持脑组织灌注。根据美军目前的指南,对于TBI合并低血压的伤员,无论是否合并躯干的穿透性损伤,均建议快速纠正至收

缩压>110 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)而不是90 mmHg^[9-12]。出血性休克以全血或成分血为主要复苏液体;在缺乏时,移动血站(特别是O型血的采集和储备)可能会挽救伤员生命。(2)通气功能障碍在sTBI伤员中非常常见,一旦发生需尽快建立人工气道以改善通气,维持动脉血氧饱和>90%、血氧分压>60 mmHg。由于过度通气会导致脑血流量减少,加重受损脑组织的缺血性改变,因此过度通气仅用于脑疝时临时降颅压。如果救护人员缺乏建立人工气道的经验,面罩吸氧是改善氧合的首选措施,并尽快寻求有经验医师的帮助;盲目建立人工气道经常会误插至食管内或插入过深至一侧主气道。

颅内压(intracranial pressure, ICP)增高也是治疗的重点,可选择3%氯化钠溶液或甘露醇进行治疗。由于甘露醇的利尿作用可能导致低血压,当伤员合并休克时首选3%氯化钠溶液。此外,建议控制伤员体温在35~36℃,如发热需积极降温;开放性TBI或需手术者给予抗感染治疗;需进行预防性抗癫痫治疗;对于躁动的伤员,丙泊酚和氯胺酮是安全有效的镇静剂。

2.2 手术治疗为辅 sTBI的手术治疗具有时效性。对于钝性闭合性TBI,建议在伤后4 h内实施去骨瓣减压术;对于开放性TBI,建议在伤后6 h内实施去骨瓣减压术^[13]。Shackelford等^[14]分析了2005—2015年美军II级和III级救治机构实施的486例去骨瓣减压术病例资料,结果显示在伤后超过5.33 h才开始手术显著增加了伤员死亡风险。当伤员情况紧急而又无法及时后送至III级救治机构时,由II级救治机构非神经外科医师(通常是普外科医师)实施神经外科手术的情况时有发生。2002—2016年,美国II级救治机构完成了120例开颅手术,绝大部分是开颅减压手术和ICP探头置入术,分别占52.5%和11.7%^[4]。

然而在无法行CT检查明确诊断且缺少神经外科医师的情况下,II级救治机构开展神经外科手术面临巨大风险。Shackelford等^[14]的分析显示神经外科医师实施去骨瓣减压术后伤员死亡率为15%,而非神经外科医师实施该手术后伤员死亡率为25%。因此,美军对II级救治机构实施开颅手术仍然持非常谨慎的态度,仅在非手术治疗将使伤员在短时间内面临死亡风险时才考虑。美军TBI临床操作指南^[12,15]建议:(1)在行紧急开颅手术前,

一定要充分使用非手术治疗措施；(2)尽可能紧急后送,除非伤后4 h内无法送达；(3)术者要接受过一定数量的神经外科手术培训,可得到电钻等必需的手术器械,否则仍强烈建议非手术治疗并尽快后送；(4)强烈建议在术前联系神经外科医师远程会诊,指导手术方案的制定和实施。

3 美军早期救治机构面临的问题

sTBI的救治仍是军事卫勤的重要挑战,美军的早期救治机构也面临一些问题,其中医护人员能力不足和检查设备缺乏是难点。

3.1 医护人员能力不足 目前美军早期救护机构医护人员开展sTBI非手术治疗的能力已显著提高,但是在手术治疗和伤情判断能力上仍有待加强。从早期救治机构转运至Ⅲ级救治机构的TBI伤员常存在以下问题:(1)少部分伤病员已行开颅减压手术,但因手术部位错误或减压范围不足,伤员难以从手术中获益；(2)将轻型TBI伤员紧急空运后送,使伤员和空运后送的机组人员处于不必要的危险中；(3)部分后送的sTBI伤员病情极其危重,即使后送也仅能行期待治疗^[16]。针对这些情况,美军发布了TBI临床操作指南^[12,15],为非神经外科医师提供详细的操作指导;并开设线上的理论课程和现场的实践课程,对早期救护机构医护人员进行培训。

3.2 检查设备缺乏 诊断和评估能力也是限制早期救治机构更好地开展TBI救治的重要原因。头颅CT是TBI伤员诊断和评估的核心,然而早期机构目前尚难以配置CT这样的大型设备。世界各国也在尝试开发新的设备以解决目前的困境。Infrascanner 2000是美军研制的一款手持式颅内血肿探测仪,该设备利用脑组织、脑挫伤灶和血肿对近红外波段吸收能力的差异可以检测颅骨内板下2.5 cm以内体积超过3.5 mL的血肿,检测灵敏度达88%~95.6%,特异度达90.7%~92.5%^[17]。HS-1000是以色列在研的一种无创ICP监测设备,该设备通过向一侧耳朵发射音频信号、从另一侧耳朵接受信号,利用算法得出ICP。初步试验结果显示,与标准的有创ICP监测结果相比,HS-1000所测的结果中63%误差在±3 mmHg之内、85%误差在±5 mmHg之内^[18]。通过超声测量视神经鞘直径(optic nerve sheath diameter, ONSD)判断ICP

增高也是研究热点,目前各项研究之间判断ICP增高的阈值差异很大(4.8~6.0 mm),尚无法用于临床实践,但是连续监测ONSD的变化趋势可能有助于判断ICP是否持续增高^[19]。这些新型无创设备仍有待进一步开发和完善,未来如能配置到早期救治机构,将有效提升TBI诊断和评估能力。

4 相关启示

现代战争中sTBI已成为首要致死伤情。在OEF和OIF行动中,美军Ⅰ级和Ⅱ级救治机构通过早期介入并采用积极有效的救治策略提高了sTBI的救治效果,但仍存在一些问题。借鉴美军的经验,结合我军实际,sTBI的早期救治需在以下几方面加大力度:(1)sTBI早期救治方案的标准化。sTBI的诊治对早期救治机构的非专科医师具有很大挑战性,因此需要标准化的方案提供指导,使得不同救治机构按照统一的救治原则、采用统一的救治技术、使用制式化的卫生装备形成标准化的分级救治体系。各早期救治机构的救治具有同质性,上下级救治机构具有连续性。(2)加强基层军医sTBI救治能力培训。目前我军早期救治机构普遍缺乏TBI的诊治、手术能力,亟需开发针对非专科医师的培训课程,着重非手术救治能力的提高;部分外科军医还应熟悉去骨瓣减压术和ICP探头植入术的操作,确保伤员在早期救治机构能得到合理的救治。(3)合理配置前沿外科力量。前沿外科手术队通过将优质手术力量前伸配置至Ⅱ级救治机构,有效弥补早期救治机构卫勤力量的不足,但是否需配置神经外科的专科力量目前尚无定论,取决于行动中颅脑战创伤的发生率及实际救治环境。与美军OIF和OEF行动的陆地环境不同,我国未来面临的威胁将主要来自海上,因此需要建立可靠的海战伤生发预测模拟系统,结合海战卫勤保障的实际,指导前沿外科手术队卫勤人员的编组和卫生装备的配置。(4)立足现有装备,研发新型设备。诊断和评估设备的缺乏是限制早期救治机构开展sTBI救治的重要原因,但是新型设备的研发和列装难以在短期内完成。因此,一方面需要结合基础研究充分发掘现有的卫生设备(如便携式超声仪)在颅脑战创伤中的应用,另一方面需要紧跟国际步伐,加快研发新型检查设备,在早期救治机构中尽快试用和列装。

[参考文献]

- [1] SWANSON T M, ISAACSON B M, CYBORSKI C M, FRENCH L M, TSAO J W, PASQUINA P F. Traumatic brain injury incidence, clinical overview, and policies in the US Military Health System since 2000[J]. *Public Health Rep*, 2017, 132: 251-259.
- [2] EASTRIDGE B J, MABRY R L, SEGUIN P, CANTRELL J, TOPS T, URIBE P, et al. Death on the battlefield (2001–2011): implications for the future of combat casualty care[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 73(6 Suppl 5): S431-S437.
- [3] EASTRIDGE B J, HARDIN M, CANTRELL J, OETJENGERDES L, ZUBKO T, MALLAK C, et al. Died of wounds on the battlefield: causation and implications for improving combat casualty care[J]. *J Trauma*, 2011, 71(1 Suppl): S4-S8.
- [4] TURNER C A, STOCKINGER Z T, BELL R S, GURNEY J M. Neurosurgical workload during US combat operations: 2002 to 2016[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2018, 85: 140-147.
- [5] MARTIN M J, BEEKLEY A C, ECKERT M J. *Front line surgery: a practical approach*[M]. Cham: Springer International Publishing, 2017: 25.
- [6] ORMAN J A, GEYER D, JONES J, SCHNEIDER E B, GRAFMAN J, PUGH M J, et al. Epidemiology of moderate-to-severe penetrating versus closed traumatic brain injury in the Iraq and Afghanistan wars[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 73(6 Suppl 5): S496-S502.
- [7] BELL R S, MOSSOP C M, DIRKS M S, STEPHENS F L, MULLIGAN L, ECKER R, et al. Early decompressive craniectomy for severe penetrating and closed head injury during wartime[J/OL]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28: E1. DOI: 10.3171/2010.2.FOCUS1022.
- [8] DUBOSE J J, BARMPPARAS G, INABA K, STEIN D M, SCALEA T, CANCIO L C, et al. Isolated severe traumatic brain injuries sustained during combat operations: demographics, mortality outcomes, and lessons to be learned from contrasts to civilian counterparts[J]. *J Trauma*, 2011, 70: 11-18.
- [9] GURNEY J M, LOOS P E, PRINS M, VAN WYCK D W, MCCAFFERTY R R, MARION D W. The prehospital evaluation and care of moderate/severe TBI in the austere environment[J]. *Mil Med*, 2020, 185: 148-153.
- [10] MCCAFFERTY R R, NEAL C J, MARSHALL S A, PAMPLIN J C, RIVET D, HOOD B J, et al. Neurosurgery and medical management of severe head injury[J]. *Mil Med*, 2018, 183: 67-72.
- [11] SPAITE D W, HU C C, BOBROW B J, CHIKANI V, SHERRILL D, BARNHART B, et al. Mortality and prehospital blood pressure in patients with major traumatic brain injury: implications for the hypotension threshold[J]. *JAMA Surg*, 2017, 152: 360-368.
- [12] Defense Health Agency. Joint trauma system: neurosurgery and severe head injury[EB/OL]. (2017-03-02)[2020-11-01]. [https://jts.amedd.army.mil/assets/docs/cpgs/JTS_Clinical_Practice_Guidelines_\(CPGs\)/Traumatic_Brain_Injury_Severe_Head_Injury_02_Mar_2017_ID30.pdf](https://jts.amedd.army.mil/assets/docs/cpgs/JTS_Clinical_Practice_Guidelines_(CPGs)/Traumatic_Brain_Injury_Severe_Head_Injury_02_Mar_2017_ID30.pdf).
- [13] BREEZE J, BOWLEY D M, HARRISSON S E, DYE J, NEAL C, BELL R S, et al. Survival after traumatic brain injury improves with deployment of neurosurgeons: a comparison of US and UK military treatment facilities during the Iraq and Afghanistan conflicts[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2020, 91: 359-365.
- [14] SHACKELFORD S A, DEL JUNCO D J, READE M C, BELL R, BECKER T, GURNEY J, et al. Association of time to craniectomy with survival in patients with severe combat-related brain injury[J/OL]. *Neurosurg Focus*, 2018, 45: E2. DOI: 10.3171/2018.9.FOCUS18404.
- [15] Defense Health Agency. Joint trauma system: emergency life-saving cranial procedures by non-neurosurgeons in deployed settings[EB/OL]. (2018-04-23)[2020-11-01]. [https://jts.amedd.army.mil/assets/docs/cpgs/JTS_Clinical_Practice_Guidelines_\(CPGs\)/Cranial_Procedures_by_Non-Neurosurgeons_Deployed_Setting_23_Apr_2018_ID68.pdf](https://jts.amedd.army.mil/assets/docs/cpgs/JTS_Clinical_Practice_Guidelines_(CPGs)/Cranial_Procedures_by_Non-Neurosurgeons_Deployed_Setting_23_Apr_2018_ID68.pdf).
- [16] TEFF R J. Use of neurosurgical decision-making and damage-control neurosurgery courses in the Iraq and Afghanistan conflicts: a surgeon's experience[J/OL]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28: E9. DOI: 10.3171/2010.2.FOCUS1017.
- [17] ROBERTSON C S, ZAGER E L, NARAYAN R K, HANDLY N, SHARMA A, HANLEY D F, et al. Clinical evaluation of a portable near-infrared device for detection of traumatic intracranial hematomas[J]. *J Neurotrauma*, 2010, 27: 1597-1604.
- [18] GANSLANDT O, MOURTZOUKOS S, STADLBAUER A, SOMMER B, RAMMENSEE R. Evaluation of a novel noninvasive ICP monitoring device in patients undergoing invasive ICP monitoring: preliminary results[J]. *J Neurosurg*, 2018, 128: 1653-1660.
- [19] RAFFIZ M, ABDULLAH J M. Optic nerve sheath diameter measurement: a means of detecting raised ICP in adult traumatic and non-traumatic neurosurgical patients[J]. *Am J Emerg Med*, 2017, 35: 150-153.

[本文编辑] 孙岩