

DOI:10.16781/j.CN31-2187/R.20210726

• 学术园地 •

战伤损伤控制性手术的麻醉

范晓华¹, 杨如楠², 王振猛^{2*}

1. 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院麻醉科, 上海 200433

2. 海军军医大学(第二军医大学)第三附属医院麻醉科, 上海 200438

〔摘要〕 由战伤导致的机体损伤往往伤情复杂、范围广泛, 易累及深部器官和组织。其中部分伤员存在失血性休克、病情危急, 常需行损伤控制性手术, 对该类伤员的麻醉管理是一项具有挑战性的工作。本文介绍了战创伤伤员行损伤控制手术的麻醉方式和麻醉药物的选择, 重点讨论了气道评估、困难气道的处理及可疑颈椎损伤和吸入性烧伤的气道管理问题, 并探讨了容许性低血压、输液输血和死亡三联征等难点, 为指导战现场条件下损伤控制性手术的麻醉实施、提高救治水平提供参考。

〔关键词〕 损伤控制性手术; 麻醉; 气道管理; 容许性低血压

〔中图分类号〕 R 826.24 〔文献标志码〕 A 〔文章编号〕 2097-1338(2023)01-0102-05

Anesthesia for damage control surgery of combat wounds

FAN Xiao-hua¹, YANG Ru-nan², WANG Zhen-meng^{2*}

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

2. Department of Anesthesiology, The Third Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200438, China

〔Abstract〕 The damage caused by combat is complex and extensive, and the deep organs and tissue are usually implicated. Some of these wounded patients have hemorrhagic shock and are in critical condition. The damage control surgery is necessary, while the anesthesia management is challenging. This article introduces the anesthesia methods and anesthetics for damage control surgery of combat wounds, focuses on airway management (including airway evaluation, difficult airway management, as well as measures for suspected cervical spine injury and inhalation injury), and discusses the difficulties such as permissive hypotension, transfusion and lethal triad, which provides a reference for guiding the implementation of anesthesia and improving the treatment for damage control surgery in combat field.

〔Key words〕 damage control surgery; anesthesia; airway management; permissive hypotension

〔Acad J Naval Med Univ, 2023, 44(1): 102-106〕

由战伤导致的创伤往往致伤因素多样, 伤情复杂, 损伤范围广泛, 易伤及深部器官和组织, 同时污染重, 常有异物存留。其中部分伤员存在失血性休克, 病情危急, 需行损伤控制性手术 (damage control surgery, DCS)。“损伤控制”理念由 Rotondo 等^[1]提出, 指在处理腹部创伤时, 采取先控制机体出血和污染, 然后进行腹腔内填塞和快速

关腹; 伤者经复苏内稳态得到维持后, 再进行确定性处理。对于合并大血管损伤和多发腹腔内脏器穿透伤的失血伤员, 采用损伤控制的方法有助于提高生存率。DCS 理念已成为该类伤员救治的普遍共识和基本原则, 其主要目的是控制出血, 此类手术的麻醉管理是一项具有挑战性的工作。根据伤员的病理生理特点和具体伤情制定合适的麻醉方案, 对

〔收稿日期〕 2021-07-27

〔接受日期〕 2022-06-29

〔基金项目〕 联勤保障部队战勤部重点项目 (BLB18C007), 海军军医大学(第二军医大学)未来战争医学防护技术研发专项面上项目 (19WLMS-06)。Supported by Key Project of Combat Service Department of Joint Logistics Support Force (BLB18C007) and General Project of Naval Medical University (Second Military Medical University) on Special Project for Research and Development of Medical Science for Future Warfare (19WLMS-06)。

〔作者简介〕 范晓华, 博士, 副主任医师。E-mail: fxx95007@126.com

*通信作者 (Corresponding author)。Tel: 021-81875234, E-mail: wzm11998@163.com

于保证手术安全及伤员预后具有重要意义。

1 战伤 DCS 的特点

目前损伤控制理念已广泛应用于多种学科,如骨科、神经外科、急诊外科、血管外科和烧伤外科等^[2]。并不是所有的创伤都需要行DCS,其适应证包括体温低于34℃、酸中毒(pH值<7.2)、血碳酸氢根浓度低于15 mmol/L、输血量超过4 000 mL、输血和血制品超过5 000 mL、术中输血量超过12 000 mL,或是存在术中凝血障碍的临床证据^[3]。在战场条件下,除了生理指标外,还要考虑客观条件的限制,包括:(1)战场环境,如交战仍在进行和短时间内出现大量伤员等;(2)创伤复杂性,如多发骨折、大血管损伤和多脏器损伤等;(3)医疗救治能力,如医师的专业领域和医疗团队的救治能力,救护所或战地医院的资源保障能力等。应综合分析上述情况,决定是否需要采取DCS的处理模式。

美军1项针对4 016例救治前死亡的战伤伤员的研究表明,其中3 040例(75.7%)伤员的死亡是不可避免的,而976例(24.3%)伤员是可能存活的,可能存活伤员的主要死亡原因是大出血(90.9%);由于单兵防护装备的普及,致命性出血的部位包括躯干(67.3%)、躯干结合部(19.2%)和四肢(13.5%)^[4]。因此,战场条件下尽早对伤员进行DCS对于降低死亡率具有极其重要的作用。

2 战伤 DCS 的麻醉

2.1 麻醉方式 战伤DCS的麻醉与手术室实施麻醉有很大的不同。神经阻滞麻醉和椎管内麻醉由于需要摆体位、消毒和穿刺等操作,整个过程约需5~10 min,对于分秒必争的抢救是不合适的,因此并不首选用于战伤DCS的麻醉。全身麻醉可以在建立静脉通路后迅速实施,因此是DCS首选的麻醉方式。麻醉时是否行气管内插管可根据实际情况考虑。胸腹部手术应以气管插管全身麻醉为主。躯干结合部和四肢的手术对肌肉松弛要求不高,可采用不插管全身麻醉,但是必须注意观察口腔有无反流,备好吸引器,一旦发生反流要及时处理,防止误吸。由于创伤后胃排空延迟,所有伤员都应按饱胃对待,注意防止反流和误吸^[5],尽可能选用气管导管,避免选用普通喉罩。

2.2 麻醉药物的选择 吸入麻醉需要麻醉机和挥发罐,体积较大,不便于携带和转运,因此全身麻醉的维持以全凭静脉麻醉为首选^[6]。全凭静脉麻醉很早就用于战伤手术的麻醉^[7],并在海湾战争中得到广泛应用^[8]。丙泊酚是最为常用的静脉麻醉药,但伤员多数存在血容量不足,而丙泊酚对循环系统有一定的抑制作用,因此全身麻醉诱导推荐采用依托咪酯或氯胺酮。氯胺酮制剂便于携带,并具有良好的镇痛作用,是全身麻醉诱导的极佳选择,在国外广泛应用。战伤时DCS主要以止血为主,手术时间较短,因此建议选用作用时间短的肌肉松弛药,如顺阿曲库铵和罗库溴铵。镇痛药推荐使用临床常用的芬太尼或舒芬太尼。

有学者建议DCS采用野战全凭静脉麻醉方案,即50 mL生理盐水+40 mL丙泊酚(400 mg)+5 mL氯胺酮(250 mg)+5 mL芬太尼(250 μg),并采用标准输液器(20滴/mL)进行滴注。由于含氯胺酮,该方案有助于维持心血管稳定性^[9]。

2.3 气道管理

2.3.1 气道评估 建立和维持气道通畅是初步评估的首要步骤。如伤员能讲话则气道常是通畅的,但无意识伤员可能需要人工气道和通气支持。气道梗阻的显著征象包括鼾声、咕噜音、喘鸣和反常呼吸。对于无意识伤员应考虑到是否有异物存在。有呼吸停止、持续性气道梗阻、严重颅脑损伤、颌面部创伤、颈部贯通伤伴血肿扩大或严重胸部创伤者,则需要进一步气道处理,如气管插管、环甲膜切开或气管切开术。

应假定所有伤员都存在颈椎损伤和饱胃,直至明确诊断。如果无法明确,则按假定情况进行相应处理。

2.3.2 困难气道的处理 严重创伤伤员发生困难气道的风险增加。有研究表明,与条件完善的手术室相比,在院前行气管插管时困难气道的发生率由6%升高到16%^[10]。Amour等^[11]发现使用一次性塑料喉镜片第1次插管的失败率显著高于普通的金属喉镜片(17% vs 3%),并且一次性喉镜片组的困难气道采用金属喉镜片可顺利完成插管,金属喉镜片组的困难气道经第2次尝试仍有50%的失败率。因此,在野战条件下,不建议使用一次性塑料喉镜片。

在非紧急情况下,应避免多次反复尝试气管内

插管,因为可能导致喉水肿、出血,甚至无法采用面罩通气。普通型喉罩不能防止误吸,只建议通气时应急使用。插管型喉罩除了通气以外还能引导气管插管,可用于困难气道的处理。胃管引流型喉罩有双导管,一个为常规的通气导管,另一个导管可插入胃管引流从而防止胃内容物反流误吸^[12]。胃管引流型喉罩置入方便、快速,且不需要喉镜等辅助工具,适用于战伤救治。光棒的荧光可穿透颈部的软组织,有助于引导盲探气管插管,尤其适用于血和分泌物阻碍喉镜视野的情况^[13]。

2.3.3 可疑颈椎损伤的处理 统计数据表明,战伤中脊柱损伤的发生率约为5.5%~7.4%,而其中颈椎损伤约占52%^[14]。颅脑损伤伤员合并颈椎损伤的发生率为13.6%,显著高于无颅脑损伤的伤员^[15]。对于可疑颈椎损伤的伤员,气管插管时应尽力避免牵拉颈椎,以减少颈椎的移动。推荐采用头颈部手法轴位固定(manual in-line immobilization, MILI)的方法,具体操作如下:伤员仰卧位,头取正中位置,由1名助手蹲踞于伤员头端与气管插管操作者之间,双手按托患者双侧乳突(手掌紧握枕骨)并持续向头端轴线牵引制动,直至插管结束。该手法对避免气管插管操作时头颈部过伸或过屈、减少插管导致的颈椎整体活动、减少损伤部位的分离和成角等改变具有重要作用,能防止继发性颈椎损伤。操作时力度要适中,以避免轴线牵引过度造成颈椎内脱位或半脱位。

Holmes等^[16]对252例颈椎损伤患者的气管插管方式进行了总结,所有患者均采用MILI,其中49.6%的颈椎损伤患者通过可视喉镜完成气管插管,30.6%则是在全身麻醉诱导后行纤维支气管镜引导插管,而采用直接喉镜或清醒状态下纤维支气管镜插管者则仅占2.8%和2.3%。采用上述方法插管后,所有患者均未发现神经系统症状恶化的情况。

光棒盲探插管时无须颈椎后仰,也适用于颈椎损伤的伤员^[17]。因此,对于可疑颈椎损伤的伤员,建议采用头颈部MILI减少颈椎移位,在可视喉镜或是光棒辅助下行气管插管。

2.3.4 吸入性烧伤的气道处理 在现代战争中,随着高新武器的应用,烧伤的比例逐渐升高^[18]。吸入性烧伤在烧伤伤员中约占1/3^[19],如不能及时处理,其中约20%~30%会在几个小时内进展至上呼吸道梗阻^[20]。吸入性烧伤并无特异性症状,早

期的阳性体征包括口鼻或痰有烟灰、烧焦的鼻毛、喘息和干啰音等^[21]。如果伤员存在头面部或颈部烧伤,均应按吸入性烧伤对待。由于吸入性烧伤极易进展至上呼吸道梗阻,因此一旦怀疑可能存在吸入性烧伤,就应早期行气管内插管术,必要时行气管切开^[22],以确保手术的顺利进行和后续转运的安全。

2.4 术中管理目标 战创伤DCS的术中管理目标与平时手术有所差别。一般来说,维持收缩压>90 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),必要时甚至仅需维持在70 mmHg以上;血红蛋白60~100 g/L,体温 $\geq 36^{\circ}\text{C}$,碱剩余 $-6\sim 0$ mmol/L, pH值>7.2。如条件允许,建议动态复查血气、电解质和凝血功能等指标^[23]。

3 DCS中应注意的问题

3.1 容许性低血压 对仍存在活动性出血的伤员,维持较高的血压是有害的。低血压是受损血管形成早期凝血的关键因素,快速输注大量晶体液在提高血压的同时有可能冲刷掉已经形成的血凝块,导致再出血风险增高和出血量增多^[24]。对于战伤失血性休克的伤员,采用容许性低血压复苏策略更具优势。因此,建议对贯通伤伤员,收缩压维持在60~70 mmHg;无颅脑外伤的伤员,收缩压维持在80~90 mmHg;存在颅脑外伤的伤员,为了维持脑灌注压,收缩压应维持在100~110 mmHg^[25]。

3.2 术中输液和输血 输注液体的性质和液体的量同等重要。目前常用的静脉补液都存在一定的优缺点,应根据伤员的特点合理使用。

3.2.1 晶体液 可补充血管内容量和组织间隙容量。大量输注晶体液可能会造成血液稀释,并对合并脑外伤的伤员有害。

3.2.2 胶体液 与晶体液相比,胶体液具有更强的血浆容量扩充作用。胶体液增加血浆胶体渗透压,有助于维持血管内容量,同时可减轻重要脏器(如肺、心和脑)的组织水肿。与晶体液相比,大多数胶体液在相对较低的稀释度下就会造成凝血功能障碍。

3.2.3 高张溶液 输注高张盐溶液可将细胞内和细胞间的水再分布进入血管内,产生超过本身输注容量的扩容效应,因此其扩容效应要比等张溶液更为有效、更为持久。但是与等张晶体液相比,高张晶

体液复苏并不能更好地改善患者的预后,且增加了患者创伤性凝血功能障碍的风险,其在创伤患者救治中的有效性尚无定论。

3.2.4 血制品 可按1:1:1(单位比)的比例尽早输注浓缩红细胞、血浆和血小板。如有条件可使用冰冻血浆和新鲜全血^[26]。合理使用凝血因子产品(重组活化凝血因子Ⅶa)和含纤维蛋白原的血制品(纤维蛋白浓缩物、冷沉淀)。

3.3 死亡三联征 严重创伤合并大出血者往往出现创伤性凝血功能障碍、低体温及酸中毒,这三者可相互促进,形成恶性循环,导致创伤患者的死亡风险显著增加,被称为“创伤性死亡三联征(lethal triad)”。

创伤后随着出血的继续和凝血块的形成,血小板和凝血因子逐渐耗竭引起的消耗性凝血功能障碍,将进一步加重伤员炎症反应及代谢异常对凝血系统的影响,最终导致凝血功能恶化^[27]。凝血功能障碍程度与创伤性组织损伤的严重程度密切相关,合并创伤性脑损伤患者的凝血功能障碍则更为严重,早期即应经验性地开始纠正凝血功能。创伤后3 h内先给予负荷剂量氨甲环酸1 g,10 min内输注完毕,然后以1 g/8 h持续泵注,有助于降低出血性创伤伤员的死亡率^[28]。战创伤所致失血性休克造成的代谢活性降低、体表暴露及复苏时输注的大量液体都是导致低体温的重要因素。低体温导致血小板功能和凝血因子活性降低,加重凝血功能障碍^[29]。创伤后由于组织灌注不足及无氧代谢导致的乳酸生成均会引起代谢性酸中毒,也会导致凝血障碍。当pH值由7.4下降至7.0时,凝血因子Ⅶ的活性下降90%,凝血因子Ⅹa/Ⅴa活性下降70%^[30]。因此,在手术过程中,尤其是时间长的手术,术中应注意监测水电平衡,尽量纠正酸中毒;同时应避免低体温,有条件时采用加温毯和输液加温仪,尽量维持中心体温不低于35℃。

4 小结

战伤DCS的麻醉与手术室内的麻醉有很大的不同。麻醉方式首选全凭静脉麻醉,并注意气道的管理,避免反流和误吸;对于可疑颈椎损伤的伤员,气管插管时应采用头颈部手法轴位固定的方法以减少颈椎的移动。术中注意维持循环稳定,可采用容许性低血压的策略;加强保温和纠正酸中毒,尽可

能输注血制品,防止死亡三联征。

[参考文献]

- [1] ROTONDO M F, SCHWAB C W, MCGONIGAL M D, PHILLIPS G R 3rd, FRUCHTERMAN T M, KAUDER D R, et al. 'Damage control': an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury[J]. *J Trauma*, 1993, 35: 375-383.
- [2] CHOVANES J, CANNON J W, NUNEZ T C. The evolution of damage control surgery[J]. *Surg Clin N Am*, 2012, 92: 859-875.
- [3] JAUNOO S S, HARJI D P. Damage control surgery[J]. *Int J Surg*, 2009, 7: 110-113.
- [4] 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.
- [5] WANG Z, SUN Y, WANG Z, WANG Q, YU W. Anesthetic management of injuries following the 2008 Wenchuan, China earthquake[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2011, 37: 9-12.
- [6] LEWIS S, JAGDISH S. Total intravenous anaesthesia for war surgery[J]. *J R Army Med Corps*, 2010, 156: 301-307.
- [7] RESTALL J, TULLY A M, WARD P J, KIDD A G. Total intravenous anaesthesia for military surgery. A technique using ketamine, midazolam and vecuronium[J]. *Anaesthesia*, 1988, 43: 46-49.
- [8] WILSON R J, RIDLEY S A. The use of propofol and alfentanil by infusion in military anaesthesia[J]. *Anaesthesia*, 1992, 47: 231-233.
- [9] KHAYATA I, BOURQUE J. Mobile anesthesia: ready, set, pack, and go[J]. *Avicenna J Med*, 2012, 2: 40-44.
- [10] ADNET F, BORRON S W, RACINE S X, CLEMESY J L, FOURNIER J L, PLAISANCE P, et al. The intubation difficulty scale (IDS): proposal and evaluation of a new score characterizing the complexity of endotracheal intubation[J]. *Anesthesiology*, 1997, 87: 1290-1297.
- [11] AMOUR J, MARMION F, BIRENBAUM A, NICOLAS-ROBIN A, CORIAT P, RIOU B, et al. Comparison of plastic single-use and metal reusable laryngoscope blades for orotracheal intubation during rapid sequence induction of anesthesia[J]. *Anesthesiology*, 2006, 104: 60-64.
- [12] HERNANDEZ M R, KLOCK P A Jr, OVASSAPIAN A. Evolution of the extraglottic airway: a review of its history, applications, and practical tips for success[J]. *Anesth Analg*, 2012, 114: 349-368.

- [13] DAVIS L, COOK-SATHER S D, SCHREINER M S. Lighted stylet tracheal intubation: a review[J]. *Anesth Analg*, 2000, 90: 745-756.
- [14] SCHOENFELD A J, NEWCOMB R L, PALLIS M P, CLEVELAND A W 3rd, SERRANO J A, BADER J O, et al. Characterization of spinal injuries sustained by American service members killed in Iraq and Afghanistan: a study of 2,089 instances of spine trauma[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2013, 74: 1112-1118.
- [15] TADDEO J, DEVINE M, MCALISTER V C. Cervical spine injury in dismounted improvised explosive device trauma[J]. *Can J Surg*, 2015, 58(3 Suppl 3): S104-S107.
- [16] HOLMES M G, DAGAL A, FEINSTEIN B A, JOFFE A M. Airway management practice in adults with an unstable cervical spine: the harborview medical center experience[J]. *Anesth Analg*, 2018, 127: 450-454.
- [17] WEIS F R Jr. Light-wand intubation for cervical spine injuries[J/OL]. *Anesth Analg*, 1992, 74: 622. DOI: 10.1213/00000539-199204000-00034.
- [18] MCLEAN A D. Burns and military clothing[J]. *J R Army Med Corps*, 2001, 147: 97-106.
- [19] JONES S W, WILLIAMS F N, CAIRNS B A, CARTOTTO R. Inhalation injury: pathophysiology, diagnosis, and treatment[J]. *Clin Plast Surg*, 2017, 44: 505-511.
- [20] CHING J A, SHAH J L, DORAN C J, CHEN H N, PAYNE W G, SMITH D J Jr. The evaluation of physical exam findings in patients assessed for suspected burn inhalation injury[J]. *J Burn Care Res*, 2015, 36: 197-202.
- [21] WALKER P F, BUEHNER M F, WOOD L A, BOYER N L, DRISCOLL I R, LUNDY J B, et al. Diagnosis and management of inhalation injury: an updated review[J/OL]. *Crit Care*, 2015, 19: 351. DOI: 10.1186/s13054-015-1077-4.
- [22] AGGARWAL A, CHITTORIA R K, CHAVAN V, REDDY C L, GUPTA S, MOHAN P B, et al. Prophylactic tracheostomy for inhalational burns[J]. *World J Plast Surg*, 2020, 9: 10-13.
- [23] 全军麻醉与复苏专业委员会战创伤麻醉指南编写组. 战创伤麻醉指南(2017)[J]. 麻醉安全与质控, 2017, 1: 283-294.
- [24] NEVIN D G, BROHI K. Permissive hypotension for active haemorrhage in trauma[J]. *Anaesthesia*, 2017, 72: 1443-1448.
- [25] COPPOLA S, FROIO S, CHIUMELLO D. Fluid resuscitation in trauma patients: what should we know?[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2014, 20: 444-450.
- [26] SPINELLA P C, HOLCOMB J B. Resuscitation and transfusion principles for traumatic hemorrhagic shock[J]. *Blood Rev*, 2009, 23: 231-240.
- [27] SIMMONS J W, POWELL M F. Acute traumatic coagulopathy: pathophysiology and resuscitation[J/OL]. *Br J Anaesth*, 2016, 117: iii31-iii43. DOI: 10.1093/bja/aew328.
- [28] CRASH-2 trial collaborators; SHAKUR H, ROBERTS I, BAUTISTA R, CABALLERO J, COATS T, DEWAN Y, et al. Effects of tranexamic acid on death, vascular occlusive events, and blood transfusion in trauma patients with significant haemorrhage (CRASH-2): a randomised, placebo-controlled trial[J]. *Lancet*, 2010, 376: 23-32.
- [29] HESS J R, BROHI K, DUTTON R P, HAUSER C J, HOLCOMB J B, KLUGER Y, et al. The coagulopathy of trauma: a review of mechanisms[J]. *J Trauma*, 2008, 65: 748-754.
- [30] KAAFARANI H A, VELMAHOS G C. Damage control resuscitation in trauma[J]. *Scand J Surg*, 2014, 103: 81-88.

[本文编辑] 孙 岩