

# 野战输血加压装置在术中抢救失血性休克的应用评价

马印图<sup>1</sup> 赵义曼<sup>1</sup> 王金保<sup>1</sup> 杨晓亚<sup>1</sup> 刘晓娣<sup>1</sup> 王梁<sup>1</sup> 李莉华<sup>2</sup>

**[摘要]** 失血性休克(hemorrhagic shock, HS)具有出血量大、进展快和死亡率高的特点,约占入院后 24 h 内所有死亡人数的 50%,战创伤 HS 也是伤员主要死亡原因之一。及时有效地止血和快速输血补液是挽救患者生命的关键,采用加压快速液体复苏是最有效的措施之一。文章回顾性分析了 2020 年 6 月—2022 年 12 月分别采用不同的加压装置对 78 例 HS 患者进行了术中抢救,取得了良好的救治效果。其中自主研发的输血加压器性能更好,平时抢救大量失血患者均可使用,值得医院手术室作为急救器材推广应用。

**[关键词]** 加压输血装置;失血性休克;手术;液体复苏;急救器材

**DOI:**10.13201/j.issn.1004-2806.2024.04.012

**[中图分类号]** R457.1 **[文献标志码]** B

## Application evaluation of field blood transfusion pressure device in intraoperative rescue of hemorrhagic shock

MA Yintu<sup>1</sup> ZHAO Yiman<sup>1</sup> WANG Jinbao<sup>1</sup> YANG Xiaoya<sup>1</sup>  
LIU Xiaodi<sup>1</sup> WANG Liang<sup>1</sup> LI Lihua<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Department of Blood Transfusion, No. 980 Hospital of PLA Joint Logistics Support Forces, Shijiazhuang, 050082, China; <sup>2</sup>Department of Blood Supply, Hebei Blood Center)

Corresponding author: LI Lihua, E-mail: 13722793663@163.com

**Abstract** Hemorrhagic shock(HS) was characterized by massive hemorrhage, rapid progression and high mortality, accounting for about 50% of all deaths within 24 hours of admission, and war trauma hemorrhagic shock was also one of the main causes of death. Timely and effective hemostasis, rapid blood transfusion and fluid replacement were the key to save the lives of patients. The rapid fluid resuscitation with pressure was one of the most effective measures. A total of 78 patients with hemorrhagic shock were retrospectively analyzed who were treated with different compression devices from June 2020 to December 2022, and achieved good results. The independently developed blood transfusion pressurizer has better performance and could be used to rescue patients with massive blood loss in peacetime and wartime. It was worth popularizing and applying as first-aid equipment in hospital operating room.

**Key words** blood transfusion pressurizer; hemorrhagic shock; operation; fluid resuscitation; first aid equipment

失血性休克(hemorrhagic shock, HS)是指由于多种原因造成大量失血而导致机体有效循环血容量减少、组织灌注不足、细胞代谢紊乱和器官功能受损的病理生理过程,往往存在大血管破裂出血和组织器官隐匿性出血,出血量大、病情危重,具有突发性、进展快和死亡率高的特点,如果得不到及时救治会导致多器官功能衰竭,其伤残率和死亡率极高,约占入院后 24 h 内所有死亡人数的 50%<sup>[1]</sup>,

战创伤 HS 也是战场上伤员主要死亡原因之一<sup>[2-3]</sup>。在失血后的黄金 2 h 内能够得到及时快速的输血补液、及时有效地手术止血是挽救患者生命的关键,可提高抢救的成功率。美国、以色列等军队的数据显示 50% 的重症患者都需要快速液体复苏<sup>[4-5]</sup>,而缓慢输入则对救治无济于事,可见快速输血输液至关重要,加压快速液体复苏是抢救 HS 最有效的措施之一。2020 年以来,我们采用自主研发的加压输血器与市售的加压输液袋和手动加压方式对 78 例 HS 急诊手术患者的救治效果进行回顾性分析,现报告如下。

<sup>1</sup>中国人民解放军联勤保障部队第九八〇医院输血科(石家庄,050082)

<sup>2</sup>河北省血液中心供血科

通信作者:李莉华,E-mail:13722793663@163.com

1 临床资料

1.1 一般资料

HS 患者 78 例,男 47 例,女 31 例;年龄 9~68 岁。其中消化道应激性溃疡、肝脾破裂、动脉瘤破裂等内科大出血 23 例,异位妊娠、产后大出血 14 例,外伤、车祸、高空坠落等引起的闭合性损伤合并 HS 32 例,手术意外导致大出血 9 例。HS 患者均有不同程度的短时间大量出血的病史,出血量 500~2 800 mL,临床表现为四肢湿冷、口唇苍白、血压下降、尿量减少、神志淡漠甚至昏迷等意识障碍症状,DBP≤40 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),SBP 降低 20~30 mmHg,脉搏>110 次/min,呼吸>40 次/min,均符合 HS 诊断标准<sup>[6]</sup>。入院后迅速了解病史、明确诊断、完善术前检查、快速给予补液等对症治疗,相关科室为患者进行急诊手术。术中快速输血补液随机采用自主研发的加压器、市售的 Smith Medex 输血输液加压袋和手动加压三种方式进行,操作流程严格按照装置使用说明书进行。78 例患者平均输注液体量为 1 000~3 500 mL,输注红细胞悬液、血浆等血液成分 3 800~12 700 mL,除 3 例因伤势过重未抢救成功外,其余 75 例均救治成功,安返病房。

1.2 术中加压液体复苏方法

将 HS 患者平车推进手术间并置于手术台上,根据患者病情和术式迅速建立两条以上静脉输液通道,快速进行加压补液输血,加压方式随机选择,同时监测患者血压、心率、呼吸、脉搏氧等生命体征,待麻醉平稳后进行手术。加压输血器是本院自主研发的一种以碳纤维材料作为加压板,高强度扭力弹簧提供动力的加压装置。主要由加压板、弹簧、手柄开启装置、截流条和报警器组成,市售的 Smith Medex 输血输液加压袋是一种硅胶和聚脂化纤布做成的袋状装置,由加压袋、压力显示器、三通调解阀和充气球囊组成。两种加压装置如图 1 所示。护士核对液体袋无误后置于加压输血器加压板内,将加压装置悬挂在输液架上或者置于床旁,将报警器安装于输液管滴壶下方,连接输血管路和中心静脉导管,全部打开流量调节阀开关,袋内液体在加压器的作用下快速输入人体;加压袋方式参考文献<sup>[7]</sup>实施,首先将核对无误的液体袋悬挂于加压输血器的内挂钩上,挂在吊瓶架上,调整充气囊进出气开关,挤压充气囊进行充气加压;手动加压方式则由手术室护士双手持续挤压血袋或液体袋上端来完成快速输注。自制加压器提供的压力为 5~10 kPa,输注平衡液体的流速可达到 100~120 mL/min,500 mL 液体只需 4~5 min,输注血液制品的流速为 50~80 mL/min,2 个单位红细胞悬液(约 300 mL)在 6 min 内即可完成输注。Smith 加压袋最高可提供 40 kPa 的压力,手动施

压则因人而异,三种加压输注方式比较如图 2 所示。随着软包装内液体量的减少,施压作用会逐渐降低,液体流速也会随之减慢,此时可通过按压加压板或加压袋的充气囊加大对软包装液体的压力,持续进行直至输液完毕。

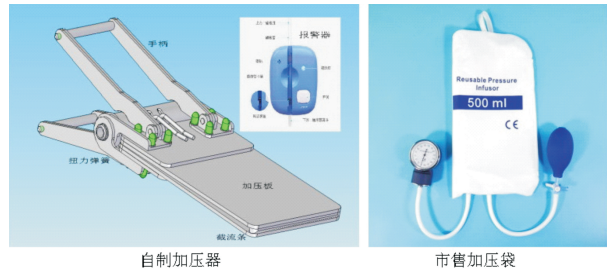


图 1 两种加压装置比较

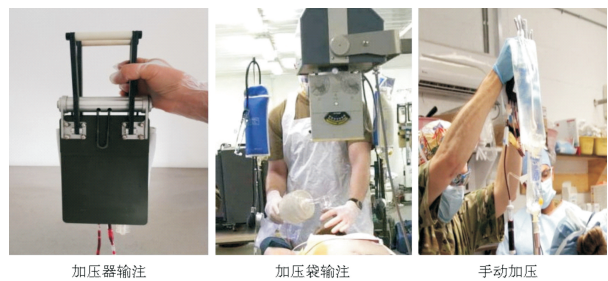


图 2 三种不同加压输注方式

1.3 统计学分析

采用 SAS 软件进行统计学分析,组间采用 *t* 检验,计数资料以例(%)表示,组间比较采用秩和检验。红细胞计数、游离血红蛋白和血钾结果以  $\bar{X} \pm S$  表示,以输注前后的差值作为因变量进行方差分析,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三种加压输注方式效果比较

三种方式均起到了加压快速输注的作用,操作简单方便,补液效果明显,输注速度的快慢与患者年龄、性别、血管条件、针头等多种因素有关<sup>[8]</sup>。采用加压装置不需要工作人员持续挤压血袋,可减轻医生和护士的工作强度,随着袋内液体的减少加压装置施压强度呈下降趋势,市售加压袋的压力可调、可视,不足之处在于该产品为聚氨酯材料,存在老化、被锐器刺破漏气的风险,而且要维持压力恒定需要人员持续挤压球囊充气。自制的加压器为碳纤维材质,抗拉强度、耐腐蚀性能等指标符合野外军用装备的相关质量要求,其展开、撤收灵活,加压、报警、截流过程自动完成,一名医护人员可同时为多名患者快速输血输液,期间无需人为干预,节省人力资源,不受体位和外界环境限制,野外使用可放置于担架上,无需悬挂,伤员转运途中可以不间断使用<sup>[9]</sup>。三种加压方式效果比较见表 1。

表 1 三种加压方式效果比较

| 加压方式 | 比较项目      |      |                 |      |      |        |         | 总体评价 |
|------|-----------|------|-----------------|------|------|--------|---------|------|
|      | 施压范围 /kPa | 压力波动 | 血液流速 / (mL/min) | 人为干预 | 截流保护 | 残余量/mL | 对血液质量影响 |      |
| 加压器  | 5~10      | 小    | 50~80           | 否    | 是    | <15    | 否       | 优    |
| 加压袋  | 0~40      | 大    | 40~100          | 是    | 否    | <15    | 可能      | 良    |
| 手动   | 手控        | 大    | 不均匀             | 是    | 否    | <15    | 可能      | 可    |

2.2 加压输血对患者血液指标的影响

采集患者手术前后的血液,分别检测加压输注对电解质水平和凝血功能的影响,同时对血液标本进行血常规、血涂片、瑞氏染色,油镜下观察红细胞形态,血浆游离血红蛋白测定,计算红细胞溶血率  $(P) = (1 - Hct) \times C_{Fhb} / C_{Hb} \times 100\%$  [P:溶血率(%),Hct:红细胞压积, $C_{Fhb}$ :血浆或上清游离血红蛋白浓度(g/L), $C_{Hb}$ :血红蛋白浓度(g/L)]。结果显示三组患者经过不同方式加压输血输液救治后,电解质水平出现了不同程度的紊乱,凝血功能亦表现异常,但各组间指标的差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), $C_{Fhb}$ 测定值为 0.097~0.185 g/L,计算所得的 P 波动于 0.033%~0.117%,施压前后  $C_{Fhb}$

和 P 比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),与我们前期研究的结果基本一致<sup>[10]</sup>,结果见表 2。分析主要是由于输注了大量的液体和血液成分,血液中的枸橼酸盐保存液对患者的血气和电解质指标的影响较大。但造成溶血的情况并不严重,手动和加压袋方式输血后的血涂片经瑞氏染色后高倍视野和油镜视野下可见到红细胞碎片以及皱缩状、菱形和棘突状红细胞,而加压器方式则无此现象出现,说明在一定的压力范围内短时间对红细胞的破坏很小,过高的压力会导致红细胞溶血和破坏现象增多。总体而言,除了疾病本身造成的机体损伤外,因快速液体复苏而引起的并发症比较轻微,经对症治疗后能够很快改善。

表 2 三种加压方式输注前后对血液指标的影响

$\bar{X} \pm S$

| 加压方式 | 例数 | 血液检测指标   |           |                          |           |                  |             |
|------|----|----------|-----------|--------------------------|-----------|------------------|-------------|
|      |    | Hb/(g/L) | Hct/%     | K <sup>+</sup> /(mmol/L) | APTT/s    | $C_{Fhb}$ /(g/L) | P/%         |
| 手动   | 23 |          |           |                          |           |                  |             |
| 输注前  |    | 63±0.32  | 18.7±3.44 | 4.15±0.78                | 75.4±20.3 | 0.102±0.004      | 0.039±0.002 |
| 输注后  |    | 86±0.54  | 25.2±4.10 | 5.41±0.82                | 40.0±12.1 | 0.185±0.033      | 0.117±0.014 |
| 加压袋  | 25 |          |           |                          |           |                  |             |
| 输注前  |    | 60±0.26  | 17.9±3.05 | 3.98±0.78                | 69.6±18.7 | 0.097±0.003      | 0.044±0.003 |
| 输注后  |    | 91±0.60  | 29.2±4.20 | 5.27±0.85                | 45.1±16.3 | 0.167±0.022      | 0.098±0.012 |
| 加压器  | 30 |          |           |                          |           |                  |             |
| 输注前  |    | 58±0.30  | 18.1±3.00 | 4.33±0.80                | 70.7±19.0 | 0.100±0.004      | 0.033±0.001 |
| 输注后  |    | 93±0.72  | 31.7±4.31 | 4.85±0.66                | 42.4±14.3 | 0.134±0.006      | 0.069±0.002 |

注:各组间输注前后比较均差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

3 讨论

临床上导致 HS 的因素复杂多样,常见于创伤性大失血、动脉血管瘤破裂、妇产科疾病、消化道大出血、医源性血管损伤造成的出血等<sup>[11]</sup>。在失血后的黄金 2 h 内能够尽早去除休克病因,及时快速输注晶体液、胶体液和血液成分,如何有效实施液体复苏是提高 HS 救治成功率的关键<sup>[12]</sup>。加压输注是有效实施快速液体复苏的主要途径。国内外针对加压输血输液方面的技术和设备研究较少,以往普遍采用提升血袋悬挂高度、手动挤压或加压输血袋的方式来达到快速输注的目的。近几年,先后研制了多款便携式自动加压机以及适合野战条件下伤员转运途中使用的智能加压输血装置<sup>[13-14]</sup>。

我们结合临床和战时急救的需要研制了输血输液加压装置样机,基本性能试验和动物实验结果证实了其性能指标满足战时装备技术要求,

加压输注过程中是否造成红细胞溶血及程度直接关系输血的安全性<sup>[15]</sup>。这三种加压方式均达到了快速输血输液的目的,操作相对简单方便。效果方面,手动挤压血袋方式最简单,不需要辅助器材,但施压作用不均衡,血流速度波动大,强力挤压直接对血液产生剪切作用和涡流效应,红细胞的脆性增加,在通过各输血管接口及滤网的过程中会造成破裂而溶血,我们前期的研究结果显示当压力增加到 30 kPa 以上时,视野中可见到菱形、皱缩形和棘突状红细胞,而且随着压力的增加,异形红细胞



的数量也逐渐增多,甚至出现了红细胞碎片。充气袋方式与手工挤压的情况类似,同样存在施压过大导致红细胞变形和破坏溶血的现象,我们回顾几例患者输注后红细胞溶血率、钾离子和游离血红蛋白水平升高,可能与当时由男护士操作加压过度,太过用力挤压血袋有关。而自制加压器采用碳纤维材料作为加压板,质地轻便,造型简单,撤收灵活,不受救治场地、电力和外界恶劣环境限制,截流条的设计可有效防止空气输入和液体回流,报警器对输液全过程监控,当输液管内出现微小杂质、颜色变化或气泡等异常现象,自动发出声光报警提示,保证输注过程安全,在实现快速输血输液的同时不会影响血液质量。使用过程中不需要人为干预,在批量伤员救治过程中可以明显节省医护资源,特别适合野外伤员转运途中使用,其实用性明显优于其他加压器材,不足之处在于施压精度不高,随着袋内液体减少,加压板施压作用减弱,输注液体存在先快后慢的情况,有待改进加压板和弹簧的设计方案,实现压力相对恒定且可调节,更好地方便大失血患者救治需要。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 中国人民解放军急救医学专业委员会, 中国医师协会急诊医师分会, 北京急诊医学学会, 等. 创伤失血性休克中国急诊专家共识(2023)[J]. 临床急诊杂志, 2023, 24(12): 609-623.
- [2] 刘良明. 战创伤休克早期救治研究进展与思考[J]. 陆军军医大学学报, 2022, 44(20): 2025-2028.
- [3] Fisher AD, April MD, Wallis L, et al. Prehospital vasopressor use is associated with worse mortality in combat wounded[J]. Prehosp Emerg Care, 2021, 25(2): 268-273.
- [4] Piresmp O, Peterlinima S, Ullman J, et al. Effect of warming and infusion of red blood Cell concentrates on markers of haemolysis: an ex vivosimulation study [J]. Aust Crit Care, 2021, 34(3): 235-240.
- [5] Pusateri AE, Moore EE, Moore HB, et al. Association of prehospital plasma transfusion with survival in trauma patients with hemorrhagic shock when transport times are longer than 20 minutes: A posthoc analysis of the PAMPer and COMBAT clinical trials [J]. JAMA Surg, 2020, 155(2): 5085-5087.
- [6] 中国医师协会急诊分会, 中国人民解放军急救医学专业委员会, 中国人民解放军重症医学专业委员会, 等. 创伤 HS 诊治中国急诊专家共识[J]. 中华急诊医学杂志, 2017, 26(12): 1358.
- [7] 罗思梅. 加压输血袋在院前急救中的应用 100 例分析 [J]. 中国误诊学杂志, 2011, 11(21): 5249-5250.
- [8] Mer M, Hodgson E, Wallis L, et al. Hemoglobin glutamer-250 (bovine) in South Africa: consensus usage guidelines from clinician experts who have treated patients [J]. Transfusion, 2016, 56(10): 2631-2636.
- [9] 马印图, 陈莉, 陈晓飞, 等. 野战输血加压装置的性能检测与野外适用性评价 [J]. 临床血液学杂志, 2023, 36(8): 568-571.
- [10] 马印图, 陈晓飞, 王更银, 等. 加压输血对红细胞及血液质量影响的研究 [J]. 临床血液学杂志, 2020, 32(8): 566-568.
- [11] Font MD, Thyacarajan B, Khanna AK. Sepsis and septic shock-basics of diagnosis, pathophysiology and clinical decision making [J]. Med Clin North Am, 2020, 104(4): 573-585.
- [12] Feichtinger S, Deman A, Dalia AA, et al. Sepsis and resuscitation: the importance of time [J]. Crit Care Med, 2022, 50(6): 615-616.
- [13] 窦建洪, 单桂秋, 郑理华, 等. 急救输血输液加温控速装置的研制 [J]. 中国医疗设备, 2020, 35(8): 21-26.
- [14] Jaiswal R, Sapra R, Jha G, et al. Artificial intelligence in medical diagnosis [J]. Curr Med Res Pract, 2020, 10(6): 286-288.
- [15] 李艳辉, 施琳颖, 周谋, 等. 加温加压输血仪器核心性能检测的实验研究 [J]. 临床输血与检验, 2022, 24(4): 448-453.

(收稿日期: 2023-07-28 修回日期: 2024-02-28)