

急诊航空转运机械循环辅助患者的可行性及效果评价

胡振杰¹ 肖文涛¹ 张静¹ 高传玉² 范太兵³ 孟树萍⁴ 李晓慧⁵

¹阜外华中心血管病医院(河南省人民医院心脏中心)心脏重症医学科&冠心病重症监护室, 郑州 451464; ²阜外华中心血管病医院冠心病科, 郑州 451464; ³阜外华中心血管病医院儿童心脏中心重症监护室, 郑州 451464; ⁴阜外华中心血管病医院心血管外科重症监护室, 郑州 451464; ⁵阜外华中心血管病医院综合重症监护室, 郑州 451464

通信作者: 张静, Email: zhangjingxnk@qq.com; 高传玉, Email: gao_chuanyu@163.com

基金项目: 河南省医学科技攻关计划项目(201602210)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.03.029

在突发自然灾害时, 地理环境恶劣, 地面救援远远不能满足患者急迫的救治需求, 此时航空救援(air ambulance)可能是唯一可行的、快捷高效的救援方式, 同时为患者争取更多的救治时间和更大的生存希望, 已成为紧急医疗服务(emergency medical services, EMS)中不可或缺的重要组成部分^[1-2]。近些年, 我国的航空医疗救援系统虽有所发展, 但仍处于起步阶段, 尤其在携带机械循环辅助(mechanical circulatory support, MCS)装置进行重症患者转运方面^[1,3-4]。回顾河南突发特大暴雨, 导致城市内涝严重, 医院受灾而致断水断电断网, 同时与外界交通和通讯中断, 患者生命难以维持, 紧急启动航空救援。本文通过我院的实际工作经历, 总结和探讨在突发重大自然灾害时, 携带多种器械及 MCS 装置急诊航空转运危重症患者的可行性与过程管理, 同时为其他医疗机构的航空医疗救援提供参考。

1 对象和方法

1.1 研究对象

本研究选取阜外华中心血管病医院 2021-07-21 至 2021-07-22 接受急诊航空转运的危重症患者为研究对象。

入选标准: (1) 病情较为危重、治疗需求急迫的患者, 尤其是已有器械辅助和(或)升压药物维持的患者, 器械辅助类患者包括: 体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)、主动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)、使用呼吸机、连续性肾脏替代治疗(continuous renal replacement therapy, CRRT)等; (2) 符合急诊航空转运要求; (3) 签署急诊航空转运协议, 并接受了急诊航空转运的患者。排除标准: (1) 不符合航空转运要求者; (2) 未签署航空转运协议者; (3) 死亡患者。

患者须满足入选标准并除外所有排除标准, 方可入选本研究。患者安全抵达并入住河南省人民医院视为成功转运, 否则视为航空转运失败。本研究方案经阜外华中心血管病医院伦理委员会批准。

1.2 航空转运信息

本次航空医疗救援由公羊救援队援助, 使用贝尔 B-7284 和 B-706U(贝尔直升机公司、美国)两种直升机机型, 在阜外华中心血管病医院门诊楼顶部停机坪与河南省人民医院 2 号楼顶部停机坪对发。每次航空救援配备机组成员 2 名, 以及具有航空安全知识培训经历的医生和护士各 1 名。直升机单程飞行距离 20 km、飞行时间 8 min 左右, 飞行高度在 1 000 m 以下。

1.3 转运药品配置

航空转运急救包配有: 肾上腺素注射液、去甲肾上腺素注射液、多巴胺注射液、多巴酚丁胺注射液、异丙肾上腺素注射液、阿托品注射液、尼可刹米注射液、洛贝林注射液、吠塞米注射液、托拉塞米注射液、西地兰注射液、异丙嗪针、鲁米那针、丙泊酚注射液、舒芬太尼注射液、艾司洛尔注射液、胺碘酮注射液、硝酸甘油注射液、硝普钠注射液、乌拉地尔注射液、地塞米松注射液、胃复安注射液、0.9% NaCl 注射液、5% 葡萄糖注射液及硝酸甘油片、注射器等。另根据患者不同病情, 按需准备特殊药品, 并分区储存、方便取用。

1.4 飞行过程管理

根据“伤员转运医学标准”及患者轻重缓急, 由科主任及管床医师共同拟定航空救援患者名单, 然后与院领导和机组人员共同制定详实的转运计划。根据拟转运患者病

情确定随机携带的设备及药品,同时做好患者转运过程中的各种医疗救护应急预案。转运过程保持统一指挥、分工协作、绿色通道、科学有序,直至患者妥善安置,飞行过程管理见图 1。

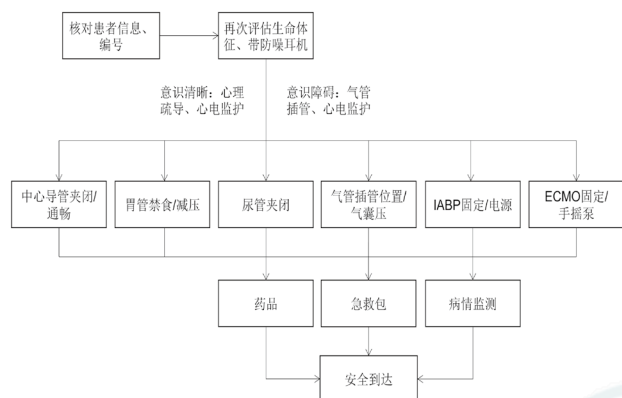


图 1 飞行过程管理流程图

1.5 资料收集

观察指标:收集患者转运前后的血常规、血肌酐、B 型利钠肽(BNP)和血气分析等指标,并计算序贯器官衰竭评分(SOFA 评分)和氧合指数。同时收集患者转运前后心脏和下肢动脉超声、12 导联心电图及胸部正位片结果,并记录并发症发生情况。

病情及随访:收集患者临床资料,尤其是患者转运前后升压药物和器械辅助情况(如 ECMO、IABP、呼吸机及 CRRT 等),以及患者转运途中的病情变化和预后。

1.6 统计学方法

使用 SPSS 23.0 软件进行统计分析。计数资料用频数或百分比表示。计量资料若符合正态分布,以均值 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,自身前后比较采用配对样本 *t* 检验;否则采用 $[M(Q_1, Q_3)]$ 进行统计学描述,采用 Wilcoxon 秩和检验进行自身前后比较。以 $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 转运原因和方式

突发洪灾致医院断水断电断网,危重症患者生命难以维系,本次转运的主要原因是改善危重症患者的救治条件;因与外接交通中断,故采用直升机急诊转运方式。

2.2 患者一般情况

急诊航空救援直升机共起降 70 架次,其中 1 架次转运 2 位患儿,共成功转运危重症患者 36 例,其中男 24 例、女 12 例。

患者年龄跨度大(2 月~77 岁),成人 29 例、年龄 63(54, 71)岁,儿童 7 例、年龄 5(3, 12)月,患者年龄分布情况见表 2。

患者以心脏重症患者为主(35 例, 97.22%),其中 13 例患者(53.85%)合并多脏器功能障碍综合征(Multiple organ dysfunction syndrome, MODS),3 例患者(23.08%)为急性心肌梗死合并室间隔穿孔(均未手术),8 例患者(38.46%)合并肾功能衰竭、间断行 CRRT 治疗,患者疾病分布情况见表 3。

患者病情均较危重,升压药物及器械辅助比例高:16 例患者(44.44%)至少使用一种升压药物,17 例患者(47.22%)使用器械辅助,其中包括 2 例 ECMO、IABP 联合有创正压通气辅助的患者,1 例患者使用 IABP 和有创正压通气辅助,5 例患者单独 IABP 辅助,9 例患者单独机械辅助通气。

表 2 患者年龄分布情况

类别	例数 [例, (%)]	年龄 (岁)	构成比 [例, (%)]
儿童	7 (19.44)	0~1	6 (16.67)
		1~3	0 (0)
		3~18	1 (2.78)
成人	29 (80.56)	40~50	6 (16.67)
		50~60	7 (19.44)
		60~70	7 (19.44)
		70~80	9 (25)

表 3 患者疾病分布情况

类别	例数	诊断	构成比
儿童	7	CAVC 术后	2(5.56)
		TAPVC 术后; 肺部感染	2(5.56)
		主动脉二叶瓣畸形并 ASD 术后; 肺部感染	1(2.78)
		单心室 Banding 术后; MODS	1(2.78)
		室间隔缺损修补术后	1(2.78)
成人	29	AMI VSR CS; MODS	3(8.33)
		AMI CS; MODS	4(11.11)
		AMI CS; 肺部感染	4(11.11)
		CABG 术后 ICM 心功能 4 级	2(5.56)
		CABG 术后 ICM 心功能 3 级; 糖尿病肾病	1(2.78)
		肾功能衰竭	
		AECOPD 肺动脉高压 肺心病 心功能 4 级 呼吸衰竭	1(2.78)
		ACS CABG 术后; MODS	2(5.56)
		ACS CABG 术后; 肺部感染	4(11.11)
		升主动脉瘤 / 主动脉夹层伴主动脉瓣膜重度返流 Bentall 术后 MODS	2(5.56)
		心脏联合瓣膜病换瓣术后; MODS	1(2.78)
		心脏瓣膜病换瓣术后; 肺部感染	3(8.33)
		AMI 并二尖瓣脱垂 外科杂交术后	1(2.78)
		肺部感染 / 呼吸衰竭; 肺癌	1(2.78)

注:CAVC 为完全性房室通道畸形;TAPVC 为全肺静脉异位引流;ASD 为房间隔缺损;MODS 为多器官功能障碍综合征;AMI 为急性心肌梗死;VSR 为室间隔穿孔;CS 为心源性休克;CABG 为冠状动脉旁路移植术;ICM 为缺血性心肌病;AECOPD 为慢性阻塞性肺疾病急性加重期;ACS 为腹腔间室综合征

2.3 转运过程及结果

转运途中 1 例 ECMO、IABP 及气管插管有创正压通气

辅助的患者,呼吸机及 IABP 备用电耗尽,使用简易呼吸气囊辅助通气及 50 mL 注射器给予 IABP 球囊导管气腔适时充放气;2 例患者出现“急性左心衰”,1 例患者出现“头晕、恶心”,给予药物治疗后症状均缓解。36 例患者均顺利完成转运,转运前后患者心功能、肺功能及肾功能无显著差异 ($P>0.05$)。患者转运途中未出现感染加重、设备管路移位、血栓栓塞及其他严重不良事件,见表 4。经积极救治,29 例患者 (80.58%) 逐步恢复,均顺利出院。

表 4 患者转运前后临床资料比较

参数	转运前	转运后	t/Z 值	P 值
WBC ($10^9/L$) ^a	11.90 ± 4.52	12.31 ± 4.93	-0.499	0.621
肌酐 ($\mu\text{mol/L}$) ^b	130.56 (49.25, 101.50)	110.44 (52.00, 114.75)	-0.794	0.427
BNP (pg/mL) ^a	1684.35 ± 1450.7922	1597.94 ± 1460.60	0.551	0.585
LVEF (%) ^a	46.25 ± 15.20	46.58 ± 15.51	-0.234	0.817
氧合指数 (mmHg) ^a	313.12 ± 89.88	339.41 ± 114.86	-1.901	0.066
SOFA 评分 (分) ^b	6.61 (2.00, 9.75)	6.56 (1.25, 9.75)	-0.421	0.674
Lac ($\mu\text{mol/L}$) ^b	1.65 (1.16, 2.06)	2.03 (1.06, 2.52)	-1.359	0.174

注: ^a 为 $\bar{x} \pm s$, ^b 为 $M(Q_1, Q_3)$

3 讨论

国外航空救援已有一百多年的历史,许多发达国家建立了完善的空中急救医疗服务体系,使空中和地面急救系统有机配合,大大提高了急救效率^[5-6]。我国航空医疗救援于 1997 年首次提出,在汶川地震等频发自然灾害的推动下发展迅速,但目前仍处于探索阶段,尤其是内陆地区,发展相对滞后^[1]。

对于突发情况导致医疗活动难以维持,尤其重症监护室处境严峻,危重症患者器械及 MCS 设备多、耗电快,面临储备电及发电机燃油耗竭,迅速启动航空医疗救援,能缩短转运时间,开辟航空急救绿色通道。本研究首次对华中地区航空急救系统进行的初步探讨,集中转运人次多,患者年龄跨度大,且多为病情较危重的重症患者,升压药物及器械辅助比例高,转运过程较为繁琐曲折,但整体结果满意。体会如下:(1)在突发自然灾害时,往往地理环境恶劣而致陆地交通中断,而危重症患者的救治尤为困难且急迫,此时航空救援无疑是最便捷、最有效的转运方式^[1]。(2)所有航空转运患者均安全抵达目的地并妥善安置,且患者心脏功能、肺功能、肾功能及感染指标较转运前无显著变化,同时无设备故障、导管移位及血栓栓塞等并发症发生,提示急诊航空转运多种器械辅助的危重症患者是安全可行的^[7]。(3)航空救援在机动性、及时性及速度等方面优势明显,能够为危重症患者救治赢得宝贵的救治时间^[1,8-10],高效的转运与统一指挥、科学有序和详实的计划密不可分,保证了本组患者比较高的救治成功率。

本研究是国内首次启动的大规模器械循环辅助患者的

急诊航空医疗转运案例,本院没有大规模重症患者航空救援和航空院际转运的经验,且此次转运多为心血管重症患者并带有血管活性药、多种 MCS 设备,科学评估转运过程各环节可能面临的问题和有效解决的预设方案,这也是成功转运的宝贵经验。对转运流程进行回顾分析,以期制定重症患者在直升机低空飞行救援的规范流程,同时为我国其他医疗机构的航空医疗救援提供参考。

3.1 制定飞行方案

重症患者可能会因飞行因素导致病情波动,根据“伤员转运医学标准”及患者轻重急缓,秉着谨慎的态度,由管床医师、科主任共同拟定航空救援患者名单,然后与协调成员领导和机组人员共同制定详实的转运方案。根据拟转运患者病情确定随机携带特殊设备及药品,在转运前可以给予患者适宜的、预防性的医疗处置,并充分做好患者转运过程中的各种医疗救护应急预案。

患者常规管路的预处置及预案:(1)首先随行护士应确定患者中心静脉通路通畅,注射器提前装满预用的重要药物(比如升压药物、镇静镇痛药物等),维持加压袋压力 ≥ 300 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa),同时提前计算等剂量的升压药物滴注速度,以防止微量泵断电的情况下,药物仍能正常应用。(2)建议患者转运前 4~6 h 禁食或进行胃肠减压,尤其是消化功能障碍的患者,以防止飞行途中呕吐而致误吸等事件发生。(3)留置尿管的患者飞行前可将尿管夹闭,以防止返流引起尿路感染。(4)气管插管/气管切开呼吸机辅助的患者,气管插管的气囊建议用生理盐水填充,以预防飞机起降过程中的压力变化诱发自发性脱管^[3]。同时建议患者在转运前应给予充分抽痰,转运途中全程适度镇痛镇静状态,以防止飞行过程中患者躁动、人机对抗及非计划脱管等事件发生,同时应备有简易呼吸气囊。

患者 MCS 设备管理预案:若 ECMO 发生断电,则应立即使用手动曲柄启动 ECMO 的手动辅助;若 IABP 发生断电,则应立即使用 50 mL 注射器进行 IABP 球囊导管气腔间断的充放气,同时维持 MCS 辅助患者活化凝血时间 (activated clotting time, ACT) 值在 180~220 s 之间,以防止患者转运途中血栓和栓塞事件发生。

3.2 飞行前准备

多数救援直升机空间非常有限,飞行之前机组人员及随行的医护人员应提前确认个人分工,根据拟定的飞行时间和高度,以及航空器情况和患者病情,携带飞行期间必须的急救药品和设备,尤其是足够的氧气和电力。ECMO、IABP 及呼吸机辅助的患者,转运前应建立转运团队并制备“MCS 航空转运核查表”,上机后进行核查,以防止遗漏。使用 ECMO 辅助和机械通气的患者,需要两个独立供氧装置,团队应根据飞行时间预估患者最大的用氧量,然后根

据飞机载重要求, 提供飞行途中最大化的氧气供给。同时同行医护人员应重点检查不同设备之间的兼容性, 若机载插座和输出电压与随机携带抢救设备不匹配, 则须携带航空型电源插座和转换器转换, 保障设备在飞行期间正常运转。另外, 飞机起降时设备可能会发生断电等, 需提高警惕。

3.3 转运途中管理

ECMO、IABP 辅助的患者转运时, 设备的正常运行至关重要。将 ECMO 及 IABP 管路沿患者下肢多处固定, 将膜肺和泵妥善固定在 ECMO 主机上, ECMO 主机放置在患者的两腿之间、IABP 主机放置在随行医护人员之间、微量泵放置于患者头侧。同时, 将 ECMO 备用钳子、手柄曲柄、50 mL 注射器、简易呼吸气囊和航空转运急救包放置在患者脚边。随机医护人员时刻关注监护仪、ECMO 主机、IABP、呼吸机及微量泵的运行情况, 尤其是 ECMO 转速、血流量、反搏压力及呼吸机参数, 适时处理可能出现的意外。建议医生坐在直升机尾侧, 方便时刻关注 ECMO、IABP、呼吸机及监护情况; 护士坐在患者头侧, 靠近静脉通路, 方便给药及气道管理, 机内位置布局见图 2。本研究有 1 例 ECMO、IABP 联合有创正压通气辅助的患者在转运过程中, 由于设备储备电耗竭, 出现呼吸机和 IABP 断电, 不得不用 50 mL 注射器进行 IABP 球囊导管气腔间断的充放气及简易呼吸气囊人工辅助, 最终安全抵达。大气压随着直升机飞行高度会发生相应变化, 而在在低空飞行转运的过程中能观察到, 气压的变化对 ECMO 及 IABP 设备影响很小, 从而也为以后其他医疗机构携 MCS 设备进行航空医疗救援提供了参考和希望。

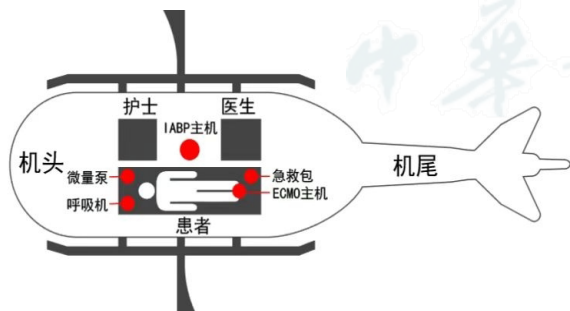


图 2 直升机内位置布局图

3.4 下机后转运

直升机着陆时须高度警惕物品坠落, 造成患者受伤或设备损坏。患者器械辅助设备及微量泵多, 接诊时至少需两名医生、两名护士, 均采用统一指挥, 平车转运, 走专用绿色通道, 专人管理相应的辅助设备, 在以安全、有序及高效的保障下进行转运, 直至患者妥善安置。

急诊航空转运器械辅助危重症患者是安全可行的, 尤其在突发自然灾害的救援中优势明显, 同时能为患者争取

更多的救治时间, 从而提高救治的成功率^[9-10]。随着我国航空医学救援体系规范化、建制化和普及化, 将为生命救治开辟一条崭新的道路, 也将大力促进我国立体化急救医学体系的全面发展。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

本文有附录, 可登录中华急诊网 (www.cem.org.cn) 浏览本文 (Html 格式全文)

参 考 文 献

- [1] 马岳峰, 何小军, 潘胜东, 等. 我国航空医学救援的现状与发展趋势[J]. 中华急诊医学杂志, 2018, 27(8): 827-830. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2018.08.001.
- [2] Olson MD, Rabinstein AA. Does helicopter emergency medical service transfer offer benefit to patients with stroke? [J]. Stroke, 2012, 43(3): 878-880. DOI:10.1161/STROKEAHA.111.640987.
- [3] 曾妃, 封秀琴, 邱坤凡, 等. ECMO 航空转运重症肺栓塞患者分析[J]. 中华急诊医学杂志, 2020, 29(2): 237-238. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.02.0023.
- [4] Rambaud J, Léger PL, Porlier L, et al. International aircraft ECMO transportation: first French pediatric experience[J]. Perfusion, 2017, 32(3): 253-255. DOI:10.1177/0267659116667805.
- [5] Xu D, Luo P, Li S, et al. Current Status of helicopter emergency medical services in China: a bibliometric analysis[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(6): e14439. DOI:10.1097/MD.00000000000014439.
- [6] Abe T, Takahashi O, Saitoh D, et al. Association between helicopter with physician versus ground emergency medical services and survival of adults with major trauma in Japan[J]. Crit Care, 2014, 18(4): R146. DOI:10.1186/cc13981.
- [7] Yao H, Samoukovic G, Farias E, et al. Safety and flight considerations for mechanical circulatory support devices during air medical transport and evacuation: a systematic narrative review of the literature[J]. Air Med J, 2019, 38(2): 106-114. DOI:10.1016/j.amj.2018.11.009.
- [8] 黄伟平, 黄林强, 朱高峰, 等. 航空急救转运危重症患者的效果分析[J]. 中华急诊医学杂志, 2016, 25(7): 932-936. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.07.018.
- [9] 陈秀凯, 王小亭, 刘大为. 重症医学与抗震救灾[J]. 中华医学杂志, 2014, 94(15): 1123-1126. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2014.15.002.
- [10] 黄晓波, 郭清华, 李春玲, 等. 对重症芦山地震伤员的 ICU 救治流程探讨[J]. 中华医学杂志, 2014, 94(15): 1130-1134. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2014.15.004.

(收稿日期: 2022-07-28)

(本文编辑: 张斯龙)