

# Pit-Crew 心肺复苏模式对胸外按压质量效果的影响

肖文艳<sup>1,2</sup> 华天凤<sup>1,2</sup> 陶干<sup>1,2</sup> 张金<sup>1,2</sup> 李惠<sup>1,2</sup> 张洋<sup>1,2</sup> 曹爽<sup>1,2</sup> 杨旻<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 安徽医科大学第二附属医院心肺复苏与危重病实验室, 合肥 230601; <sup>2</sup> 安徽医科大学第二附属医院重症医学二科, 合肥 230601

通信作者: 杨旻, Email: 512130761@qq.com

**【摘要】目的** 观察以 Pit-Crew 心肺复苏 (cardiopulmonary resuscitation, CPR) 模式的团队复苏对胸外按压质量改善的效果。**方法** 采用对照研究的方法, 将 64 名重症医学科和急诊科医护人员按照医护比例分成角色分工组与未角色分工组, 每组各 8 队, 每队 4 人。角色分工组每队指定一名队长组织协调整个 CPR 流程, 未角色分工组不进行指定。每队利用高级模拟人在 CPR 质量跟踪反馈系统的监测下, 按照《2020 年美国心脏协会心肺复苏和心血管急救指南》推荐要求实施标准胸外心脏按压 8 min。观察并记录每队实验人员 CPR 时间、胸外按压比例 (chest compression fraction, CCF)、按压中断次数、按压超标中断次数 (>10 s)、按压频率、胸廓充分回弹次数等指标。电脑系统记录以上参数, 两组间指标的差异比较采用独立样本 *t* 检验和 Mann-Whitney *U* 检验。**结果** 分析发现, 与未角色分工组相比, 角色分工组能达到更高 CCF [(69.13 ± 1.55) % vs. (59.13 ± 6.08) %, *P*<0.05], 且角色分工组的按压中断总时间及超标中断次数均显著较少 [(79.88 ± 28.76) s vs. (135.25 ± 32.99) s; 4 (3, 5) 次 vs. 2 (1, 2) 次, 均 *P*<0.01]。两组在 CPR 时间、中断次数及按压总时间方面的均差异无统计意义 (均 *P*>0.05), 另外两组在按压总次数、按压正确次数、按压频率、按压深度、胸廓充分回弹等按压质量达标方面以及在按压太快、按压太慢、按压太深以及胸廓回弹不足等按压质量未达标方面均差异无统计学意义 (均 *P*>0.05)。**结论** 以指定团队领导的 Pit-Crew CPR 模式有助于实施高质量的 CPR, 而且 CPR 质量参数的监测与实施实时反馈系统能有效提高胸外按压的质量。

**【关键词】** 心肺复苏; Pit-Crew; 胸外按压; 实时反馈

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目 (82072134); 国家自然科学基金青年基金项目 (81601661); 安徽医科大学校科研基金 (2019xkj032)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2022.01.008

## The effect of Pit-Crew cardiopulmonary resuscitation on the quality of chest compression

Xiao Wenyan<sup>1,2</sup>, Hua Tianfeng<sup>1,2</sup>, Tao Gan<sup>1,2</sup>, Zhang Jin<sup>1,2</sup>, Li Hui<sup>1,2</sup>, Zhang Yang<sup>1,2</sup>, Cao Shuang<sup>1,2</sup>, Yang Min<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Cardiopulmonary Resuscitation and Critical Care Medicine, the Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, China; <sup>2</sup>Department of Intensive Care Unit, the Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, China

Corresponding author: Yang Min, Email: 512130761@qq.com

**【Abstract】Objective** To observe the effect of team resuscitation with Pit-Crew cardiopulmonary resuscitation (CPR) mode on improving the quality of chest compression. **Methods** A control method was conducted in this study. Sixty-four medical staffs in ICU and Emergency departments were divided into the role division group and non-role division group according to the ratio of doctors to nurses, with 8 teams in each group and 4 staffs in each team. A team leader was appointed in each team of the role division group to organize and coordinate the whole CPR process, and the non-role division group was not appointed. Each team performed chest

compression for 8 min according to the recommendations of the 2020 AHA CPR Guideline under the monitoring of the CPR quality tracking system using a resuscitation manikin. CPR time, chest compression fraction (CCF), times of pressing interruption, times of pressing exceeding standard interruption ( $>10$  s), pressing frequency, chest full recoil rate and other parameters were observed and recorded. The computer system recorded the above parameters, Student's  $t$  test and Mann-Whitney  $U$  test were used to compare the differences of indexes between the two groups. **Results** After the training, the role division group achieved higher CCF [(69.13 $\pm$ 1.55)% vs. (59.13 $\pm$ 6.08)%,  $P<0.05$ ], and the total time was significantly shorter and times of overshoot interruptions was significantly less in the role division group compared with the non-role division group [(79.88 $\pm$ 28.76) s vs. (135.25 $\pm$ 32.99) s; 4 (3, 5) times vs. 2 (1, 2) times respectively;  $P<0.01$ ]. There were no statistical differences in the total time of CPR and interruption numbers ( $P>0.05$ ). In addition, there were also no statistically significant differences in the pressing total numbers, correct times, pressing frequency, pressing depth, and the full rebound times of compression, as well as the substandard indicators of compression such as pressing too fast, too slow, too deep and insufficient rebound times of compression (all  $P>0.05$ ). **Conclusions** Pit-Crew CPR mode with designated team leader contributes to the implementation of high quality CPR, and the monitoring of CPR quality parameters and the applying of real-time feedback system can effectively improve the quality of chest compression.

**【 Keywords 】** Cardiopulmonary resuscitation; Pit-Crew; Chest compression; Real-time feedback

**Fund program:** National Natural Science Foundation of China (82072134); National Natural Science Foundation of China (Youth program 81601661); Research Fund of Anhui Medical University (2019xkj032)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2022.01.008

心脏骤停 (cardiac arrest, CA) 的高发生率和低生存率是困扰国内外医疗工作者的难题。近年来, 尽管各种先进的技术和方法不断应用于复苏领域, 但是 CA 患者生存率仍然较低, 仅有 4.3% ~ 10.4% 的院外 CA 患者和 25.8% 的院内 CA 患者得以存活<sup>[1-2]</sup>, 因此提高 CA 患者存活率的关键是尽快进行高质量的心肺复苏术 (cardiopulmonary resuscitation, CPR)。

胸外按压是 CPR 技术中的核心组成部分, 高质量胸外按压可保证重要脏器的基本血流灌注, 降低缺血缺氧损伤, 是复苏成功的基础<sup>[3]</sup>。《2020 年美国心脏协会 (AHA) 心肺复苏和心血管急救指南》中强调, 高质量 CPR 除了包括正确的按压部位、频率、深度以及充分回弹外, 还包括尽量减少 CPR 的中断 (暂停不超过 10 s), 保证胸外按压比例 (chest compression fraction, CCF)  $>60\%$ <sup>[4]</sup>。

2011 年提出的 Pit-Crew CPR 就是高质量 CPR 中的一种团队复苏模式, 又称为赛道维保式团队心肺复苏, 是模仿 F1 赛事中赛道维修区团队紧密协作的模式, 要求团队成员在队长的协调下各司其职, 以最少时间来实现高效 CPR<sup>[5-6]</sup>。本研究旨在通过对复苏团队成员进行 Pit-Crew CPR 培训, 在实时反馈技术的监测下对高级模拟人进行 CPR, 探讨 Pit-Crew CPR 对胸外按压质量效果的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

研究对象为参加 2020 年安徽医科大学第二附属医院医联体急诊重症协作组会议的代表和安徽医科大学第二附属医院急诊科与重症医学科的医护人员, 均被充分告知研究目的和内容, 知情同意后纳入研究。所有的参与者都通过 CPR 的培训并获得基础生命支持证书, 且都培训与应用过 CPR 反馈设备, 但均未参加过 Pit-Crew CPR 培训。排除身体状况不佳、不适宜进行胸外按压操作的人员。记录每个参与者的性别、年龄、职业 (医生或护士) 和工作年限。本实验因不涉及人的生物医学研究, 经安徽医科大学第二附属医院伦理委员会批准免除伦理审查。

### 1.2 试验方法与流程

64 名实验人员按照医护职业分别分进角色分工组与未角色分工组, 每组各 8 队, 每队 4 人。角色分工组每队分别指定: A 为队长, B 为一助, C 为二助, D 为三助。其各自角色主要分工: A 评估患者, 组织抢救, 下达指令; B 负责胸外心脏按压及呼吸囊辅助通气; C 负责气道管理, 交替进行胸外心脏按压; D 负责连接心电监护仪和电除颤、建立静脉通路、静脉给药、准备吸痰及记录 (图 1)。

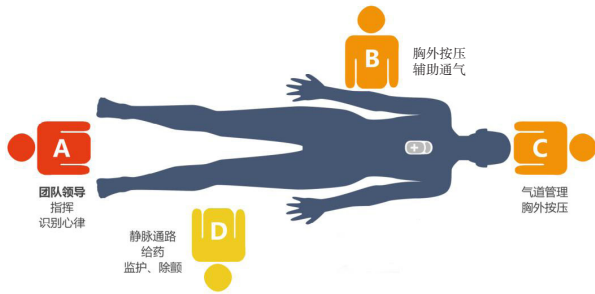


图 1 Pit-Crew CPR 团队组成与角色分工

Fig 1 Team composition and role division of Pit-Crew CPR

角色分工组人员均由培训老师通过幻灯片的讲解、现场演练、点评纠错等方式进行 Pit-Crew CPR 培训，培训合格后方可参加实验。而未角色分工组除了不指定队长及角色分工外，其余培训流程均与角色分工组相同。

### 1.3 观察指标

实验人员利用高级复苏模型 (LADEL310055, Laerdal, 挪威), 在 Palm-CPR 反馈装置通过 CPR 质量跟踪系统 (CPR quality tracker, SunLife, 中国) 的监测下 (背对电脑显示器), 按照 2020 年 AHA 指南推荐要求每队人员进行 8 min 的标准 CPR。观察并记录每队人员的 CPR 时间、CCF、按压中断次数、按压超标中断次数 (>10s)、按压频率、按压深度达标次数、胸廓充分回弹次数等指标。电脑系统自动记录上述参数, 并进行实时数据分析, 见图 2。

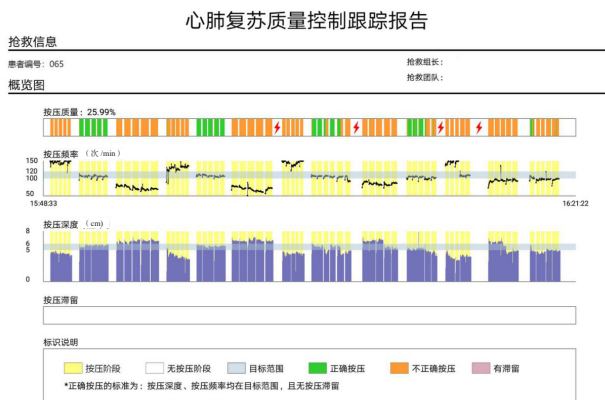


图 2 心肺复苏质量控制跟踪系统软件报告

Fig 2 Cardiopulmonary resuscitation quality control tracking system software report

### 1.4 统计学方法

所有数据使用 SPSS 22.0 软件进行统计处理。定量资料若符合正态分布, 以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 采用两独立样本 *t* 检验进行均值比较; 若不符合正态分布则采用中位数和四分位数 [ $M(Q_1,$

$Q_3)$ ] 表示, 采用非参数检验 (Mann-Whitney *U* 法) 进行比较。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 操作者的一般资料

共有 64 名从事重症医学及急诊科的医护人员参与研究, 其中 42 名 (32 名女性, 76.2%) 参与者在医院重症医学科工作, 22 名 (12 名女性, 54.5%) 参与者在急诊科工作, 年龄 ( $33.5 \pm 3.4$ ) 岁, 工作时间 ( $6.6 \pm 3.4$ ) 年。

### 2.2 胸外按压质量完成情况

与未角色分工组相比, 角色分工组在 CPR 时间、中断总次数及按压总时间方面均差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 而角色分工组较未角色分工组能达到更高 CCF [ $(69.13 \pm 1.55) \%$  vs.  $(59.13 \pm 6.08) \%$ ,  $P < 0.05$ ], 且角色分工组 CPR 中断总时间及超标中断次数均显著较少 [ $(79.88 \pm 28.76) s$  vs.  $(135.25 \pm 32.99) s$ ;  $4(3, 5)$  次 vs.  $2(1, 2)$  次,  $P < 0.01$ ]. 见表 1。

### 2.3 胸外按压质量达标情况

角色分工组与未角色分工组比较, 两组在按压总次数、按压正确次数、按压频率达标、按压深度达标、胸廓充分回弹等按压质量达标方面的均差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

表 1 两组间胸外按压质量的比较

Table 1 Comparison of the quality of chest compression

指标	未角色分工组 ( <i>n</i> =8)	角色分工组 ( <i>n</i> =8)	统计 值	<i>P</i> 值
CPR 时间 (s) <sup>a</sup>	366.00 (314.25, 469.75)	294.50 (288.50, 325.50)	-1.05	0.328
CCF (%) <sup>b</sup>	59.13 ± 6.08	69.13 ± 1.55	-4.06	0.020
按压中断总时间 (s) <sup>b</sup>	135.25 ± 32.99	79.88 ± 28.76	3.58	0.003
中断总次数 (次) <sup>a</sup>	14.00 (12.75, 19.25)	14.00 (13.75, 15.75)	0.00	1.000
超标中断次数 (次) <sup>a</sup>	4 (3, 5)	2 (1, 2)	-3.01	0.003
按压总时间 (s) <sup>a</sup>	189.00 (181.00, 303.25)	202.50 (194.50, 228.75)	0.74	0.505

注: <sup>a</sup> 为  $M(Q_1, Q_3)$ , <sup>b</sup> 为  $\bar{x} \pm s$

表 2 两组间胸外按压质量达标情况的比较

Table 2 Comparison of standard indicators of chest compression

指标	未角色分工组 ( <i>n</i> =8)	角色分工组 ( <i>n</i> =8)	统计 值	<i>P</i> 值
按压总次数 <sup>a</sup>	372.00 (342.75, 542.50)	395.50 (375.25, 439.50)	0.68	0.505
按压正确次数 <sup>b</sup>	200.63 ± 109.67	232.88 ± 92.99	-0.63	0.536
按压频率达标 (次) <sup>b</sup>	326.13 ± 149.36	355.50 ± 117.84	-0.44	0.669
按压深度达标 (次) <sup>b</sup>	233.75 ± 119.91	284.25 ± 87.97	-0.96	0.353
胸廓充分回弹次数 <sup>b</sup>	387.50 ± 90.11	406.50 ± 126.82	-0.35	0.735

注: <sup>a</sup> 为  $M(Q_1, Q_3)$ , <sup>b</sup> 为  $\bar{x} \pm s$

## 2.4 胸外按压质量未达标情况

如表 3 所示,角色分工组与未角色分工组比较,两组在按压太快、按压太慢、按压太深以及胸廓回弹不足等按压质量未达标方面的均差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

表 3 两组间胸外按压质量未达标情况的比较

Table 3 Comparison of substandard indicators of chest compression

指标	未角色分工组 ( $n=8$ )	角色分工组 ( $n=8$ )	统计值	$P$ 值
按压太快次数 <sup>a</sup>	44.00 (22.25, 107.00)	27.00 (14.25, 87.50)	-0.32	0.798
按压太慢次数 <sup>a</sup>	22.00 (5.25, 42.75)	5.00 (3.50, 16.25)	-1.32	0.195
按压太深次数 <sup>b</sup>	41.50 ± 45.74	34.75 ± 32.30	0.34	0.738
按压太浅次数 <sup>b</sup>	148.13 ± 79.86	108.00 ± 69.74	1.07	0.303
胸廓回弹不足次数 <sup>b</sup>	39.50 ± 24.39	16.88 ± 21.22	1.98	0.068

注: <sup>a</sup> 为  $M(Q_1, Q_3)$ , <sup>b</sup> 为  $\bar{x} \pm s$

## 3 讨论

CPR 是抢救 CA 的基础,高质量 CPR 可显著改善患者的生存结局<sup>[7]</sup>。研究表明,被实施高质量 CPR 的 CA 患者自主循环恢复率和长期生存率均明显高于被实施低质量 CPR 的患者<sup>[8]</sup>。动物研究表明频繁和长时间的按压中断会明显减少冠状动脉和脑血流,会对神经功能和生存率产生严重的不良影响<sup>[9-10]</sup>。据统计,急救人员在 CPR 过程中通常只有 50% 的时间在进行胸部按压,由此可见,胸部按压中断在 CA 救治过程中是很常见的现象<sup>[11-12]</sup>。

2020 年 AHA 指南提出高质量 CPR 不仅包括适当的胸外按压频率、按压深度和胸廓回弹率,还包括尽量减少按压中断和避免过度通气,尽可能提高 CCF<sup>[4]</sup>。CCF 指胸外按压在 CPR 过程中所占时间的比例,是衡量 CPR 质量的最重要指标。多项观察性研究表明增加 CA 患者的 CCF 能够显著改善预后,并且缩短按压中断时间能够增加自主循环恢复率<sup>[13-14]</sup>。回顾性研究发现 CCF 可以作为院外 CA 患者生存结局的独立预测指标<sup>[13]</sup>,且至少需要达到 60% 的 CCF 才能改善患者预后<sup>[8]</sup>。因此,全球复苏联盟在提高 CA 患者生存率的十项举措中,再次强调高质量 CPR 的持续培训和质量改进,建议在气管插管和建立静脉通路时也不停止胸外按压以提高 CCF<sup>[15]</sup>。

Pit-Crew 是以 F1 赛道维保团队为原型,其要求 21 位维护保修工作人员,在棒棒糖先生的指挥下,团队成员各司其职,争分夺秒完成轮胎更换、加油等维护保修程序,使赛车可以最快速度重返赛道<sup>[6]</sup>。Pit-Crew CPR 就是高质量 CPR 中的一种团队复苏模

式,其特别注重团队队长的领导力作用<sup>[17]</sup>。队长指导和协调 CPR 抢救的所有事项,确定抢救流程的优先次序,重点是减少按压中断,提升 CCF,保证高质量的 CPR。整个流程中强调早期除颤、适当的按压频率、深度和胸廓回弹,以及限制中断时间,并限制施救者进行按压的时间,以减少疲劳,从而避免按压质量降低。同时该模式也不鼓励气管插管,并推荐以 8~10 次/min 进行球囊通气<sup>[18]</sup>。本研究中角色分工组各复苏团队通过指定一名队长指导协调整个 CPR 过程,结果发现角色分工组可明显提高 CCF,并显著减少按压中断时间及超标中断 ( $>10$  s) 次数,这对提高 CPR 质量至关重要。相反,未角色分工组的团队由于缺乏队长指挥协调,团队成员的分工不明确,导致超标中断次数过多及时间过长。国外多项针对院内、院外 CA 患者的回顾性研究显示,应用 Pit-Crew CPR 模式能够获得较好的预后<sup>[11,17]</sup>,特别是对院内 CA 患者<sup>[19]</sup>。事实上,尽管团队领导的行为能力在临床实践中难以统一评价,但研究发现团队领导技能与 CPR 的质量密切相关<sup>[20]</sup>,因此,该模式未来有望推广以期进一步提高 CPR 质量。

另外,本研究还发现,通过实时监测反馈信息,两组人员在按压有效率、达标率以及未达标情况等方面均无区别,这说明 CPR 质量参数的监测与实时反馈系统能有效提高胸外按压的质量,这与既往的多项模拟研究结果一致<sup>[21-23]</sup>。因此 2020 年的 AHA 指南也推荐 CPR 期间使用实时反馈设备<sup>[4]</sup>,不过也有多项观察性临床研究表明可视实时反馈技术并不能有效改善患者预后<sup>[24-26]</sup>。鉴于此,针对反馈技术的模拟与是否对 CPR 质量产生影响的结果尚不一致,需进一步开展临床研究。

本研究存在着以下不足之处:第一,为基于模拟人的 CPR 技能培训研究,但模拟训练与临床实际情况仍有一定细节差距,且未对院前和院内 CA 急救分别进行研究;第二,未对除颤、通气等操作对按压质量的影响进行分析评价。第三,尽管研究表明 Pit-Crew CPR 能够提高 CCF,但仍需大样本临床研究证实其应用价值。

综上所述,Pit-Crew CPR 模式有助于实施高质量的 CPR,而且 CPR 质量参数的监测与使用实时反馈系统能有效提高胸外按压的质量,具有进一步开展深入研究和临床应用推广的价值。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 肖文艳、华天凤：实验操作、论文撰写；陶干：数据整理与统计分析；张金、李惠、张洋、曹爽：数据收集与整理；杨旻：研究设计、论文修改

### 参 考 文 献

- [1] Virani SS, Alonso A, Benjamin EJ, et al. Heart disease and stroke statistics-2020 update: A report from the American heart association[J]. *Circulation*, 2020, 141(9): e139-e596. DOI:10.1161/cir.0000000000000757.
- [2] Okubo M, Schmicker RH, Wallace DJ, et al. Variation in survival after out-of-hospital cardiac arrest between emergency medical services agencies[J]. *JAMA Cardiol*, 2018, 3(10): 989-999. DOI:10.1001/jamacardio.2018.3037.
- [3] Wang JC, Tsai SH, Chen YL, et al. The physiological effects and quality of chest compressions during CPR at sea level and high altitude[J]. *Am J Emerg Med*, 2014, 32(10): 1183-1188. DOI:10.1016/j.ajem.2014.07.007.
- [4] Panchal AR, Bartos JA, Cabañas JG, et al. Part 3: Adult basic and advanced life support: 2020 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2020, 142(16\_suppl\_2): S366-S468. DOI:10.1161/cir.0000000000000916
- [5] Glendenning D. Putting the pit crew approach into practice[J]. *EMS World*, 2012, 41(11): 41-47.
- [6] Hopkins CL, Burk C, Moser S, et al. Implementation of pit crew approach and cardiopulmonary resuscitation metrics for out-of-hospital cardiac arrest improves patient survival and neurological outcome[J]. *J Am Heart Assoc*, 2016, 5(1): e002892. DOI:10.1161/jaha.115.002892.
- [7] 李晨, 徐军, 吴杨鹏, 等. 心肺复苏质量指数对复苏患者预后的评估价值 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(2): 190-194. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.02.012.
- [8] Vaillancourt C, Everson-Stewart S, Christenson J, et al. The impact of increased chest compression fraction on return of spontaneous circulation for out-of-hospital cardiac arrest patients not in ventricular fibrillation[J]. *Resuscitation*, 2011, 82(12): 1501-1507. DOI:10.1016/j.resuscitation.2011.07.011.
- [9] Berg RA, Sanders AB, Kern KB, et al. Adverse hemodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation cardiac arrest[J]. *Circulation*, 2001, 104(20): 2465-2470. DOI:10.1161/hc4501.098926.
- [10] Ewy GA, Zuercher M, Hilwig RW, et al. Improved neurological outcome with continuous chest compressions compared with 30:2 compressions-to-ventilations cardiopulmonary resuscitation in a realistic swine model of out-of-hospital cardiac arrest[J]. *Circulation*, 2007, 116(22): 2525-2530. DOI:10.1161/circulationaha.107.711820.
- [11] Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL, et al. Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation[J]. *Circulation*, 2005, 112(9): 1259-1265. DOI:10.1161/circulationaha.105.537282.
- [12] Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest[J]. *JAMA*, 2005, 293(3): 299-304. DOI:10.1001/jama.293.3.299.
- [13] Christenson J, Andrusiek D, Everson-Stewart S, et al. Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation[J]. *Circulation*, 2009, 120(13): 1241-1247. DOI:10.1161/circulationaha.109.852202.
- [14] Cheskes S, Schmicker RH, Christenson J, et al. Perishock pause: An independent predictor of survival from out-of-hospital shockable cardiac arrest[J]. *Circulation*, 2011, 124(1): 58-66. DOI:10.1161/circulationaha.110.010736.
- [15] 蔡文伟, 李恒杰. 全球复苏联盟提高院外心脏骤停生存率的十项举措 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2021, 30(1): 12-14. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2021.01.005.
- [16] Field RA. From changing four tyres to recalling the four H's and T's - Can the pit crew model work for in-hospital cardiac arrest?[J]. *Resuscitation*, 2019, 143: 212-213. DOI:10.1016/j.resuscitation.2019.08.002.
- [17] Gonzales L, Oyler BK, Hayes JL, et al. Out-of-hospital cardiac arrest outcomes with "pit crew" resuscitation and scripted initiation of mechanical CPR[J]. *Am J Emerg Med*, 2019, 37(5): 913-920. DOI:10.1016/j.ajem.2018.08.031.
- [18] Pearson DA, Darrell Nelson R, Monk L, et al. Comparison of team-focused CPR vs standard CPR in resuscitation from out-of-hospital cardiac arrest: Results from a statewide quality improvement initiative[J]. *Resuscitation*, 2016, 105: 165-172. DOI:10.1016/j.resuscitation.2016.04.008.
- [19] Spitzer CR, Evans K, Buehler J, et al. Code blue pit crew model: A novel approach to in-hospital cardiac arrest resuscitation[J]. *Resuscitation*, 2019, 143: 158-164. DOI:10.1016/j.resuscitation.2019.06.290.
- [20] Yeung JH, Ong GJ, Davies RP, et al. Factors affecting team leadership skills and their relationship with quality of cardiopulmonary resuscitation[J]. *Crit Care Med*, 2012, 40(9): 2617-2621. DOI:10.1097/ccm.0b013e3182591fda.
- [21] 魏捷, 杜贤进, 吕菁君, 等. 实时反馈系统改善胸外按压质量效果的研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2016, 25(10): 1259-1262. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.10.009.
- [22] 曹爽, 杨旻. 关于使用 CPR 实时反馈系统提高 CPR 质量的研究 [J]. *中国急救医学*, 2019, 39(1): 16-19. DOI:10.3969/j.issn.1002-1949.2019.01.003.
- [23] Bobrow BJ, Vadeboncoeur TF, Stolz U, et al. The influence of scenario-based training and real-time audiovisual feedback on out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation quality and survival from out-of-hospital cardiac arrest[J]. *Ann Emerg Med*, 2013, 62(1): 47-56.e1. DOI:10.1016/j.annemergmed.2012.12.020.
- [24] Russi CS, Myers LA, Kolb LJ, et al. A comparison of chest compression quality delivered during on-scene and ground transport cardiopulmonary resuscitation[J]. *West J Emerg Med*, 2016, 17(5): 634-639. DOI:10.5811/westjem.2016.6.29949.
- [25] Kramer-Johansen J, Myklebust H, Wik L, et al. Quality of out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with real time automated feedback: A prospective interventional study[J]. *Resuscitation*, 2006, 71(3): 283-292. DOI:10.1016/j.resuscitation.2006.05.011.
- [26] Abella BS, Edelson DP, Kim S, et al. CPR quality improvement during in-hospital cardiac arrest using a real-time audiovisual feedback system[J]. *Resuscitation*, 2007, 73(1): 54-61. DOI:10.1016/j.resuscitation.2006.10.027.

(收稿日期: 2021-05-24)

(本文编辑: 姜宇婷)