

心肺复苏反馈装置对复苏按压质量考核的影响

龚峥 赵燊 李燕春 官志明 范建明 邱长胜 王晓萍 陈锋 林才经

【摘要】目的 研究实时反馈装置对非医务人员实施心肺复苏按压质量考核的影响。**方法** 纳入志愿者 120 人,按照《2015 年 AHA 心肺复苏及心血管急救指南》培训,以模拟人为对象,进行单人连续按压 6 min 考核。操作者随机(随机数字法)分为 3 组,每组 40 人,其中 A 组无反馈, B 组按压过程根据实时反馈装置(Link CPR)对按压质量(包括按压深度、频率、回弹)进行修正, C 组应用节拍器指导按压,均通过无线网络信号传输并收集按压数据。**结果** 三组学员在按压深度方面, B 组优于 A、C 组,按压深度分别为(5.38±0.483) cm vs. (4.42±0.572) cm, (4.25±0.843) cm, 差异有统计学意义($P<0.05$); 按压频率方面, B、C 组优于 A 组, 按压频率分别为(113.4±5.9) 次/min, (109.0±6.8) 次/min vs. (129.6±8.3) 次/min, 差异有统计学意义($P<0.05$); 回弹方面, B、C 组优于 A 组, 表现为滞留次数的减少, 分别为(56.10±32.3) vs. (68.30±28.8) 次 vs. (174.30±38.8) 次, 差异有统计学意义($P<0.05$), 且按压频率和滞留次数呈正相关($r=0.776$, $P<0.01$); 各组间正确率比较, (9.8% vs. 72.9% vs. 58.5%), 差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 实时反馈装置在心肺复苏考核过程中, 通过修正操作者按压深度及频率, 并减少按压过程中滞留情况的发生, 有助于提高考核者按压质量水平。

【关键词】 院外心脏骤停; 心肺复苏; 培训; 反馈装置; 按压质量

Effect of CPR feedback devices on chest compression quality test Gong Zheng, Zhao Shen, Li Yanchun, Guang Zhi-ming, Fang Jianming, Qiu Changsheng, Wang Xiaoping, Chen Feng, Lin Caijing
Provincial Clinical Medical College, Fujian Medical University, Department of Emergency Medicine, Fujian Provincial Hospital, Fujian Provincial Emergency Medicine Institute, Fuzhou 350001, China(Gong Z, Zhao S, Li YC, Wang XP, Chen F, Lin CJ); Department of Intensive Care Unit, Wuyishan City Hospital, Wuyishan 354300, China(Guan ZM, Fan JM, Qiu CS)
Corresponding author: Chen Feng, Email: cf9066@126.com

【Abstract】 Objective To investigate the effects of real-time feedback devices on chest compression quality test in non-medical staff during cardiopulmonary resuscitation (CPR) training. **Methods** A total of 120 volunteers were recruited and trained according to American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care set in 2015. CPR performance with compression for six minutes was tested on a manikin. Volunteers were randomized into 3 groups. Group A was tested without any feedback. Group B was self-corrected in compression quality(include compression depth, rate and rebound of chest wall) using a real-time feedback device (Link CPR). Group C was guided with a metronome. All compression data were collected via WiFi signal and stored. **Results** Significantly better mean chest compression depth was achieved in group B than that in group A and C(5.38±0.483 cm vs. 4.42±0.572cm and 4.25±0.843 cm, $P<0.05$). Significantly better compression rate were observed in both group B and C than that in group A (113.4±5.9 and 109.0±6.8 compressions/min vs. 129.6±8.3 compressions/min, $P<0.05$). Significantly less rebounding were observed in both group B and C compared with group A (56.10±32.3

DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2018.02.0153

基金项目: 福建省卫生计生中青年骨干人才项目(2016-ZQN-1); 福建省高层次卫生队伍人才建设项目(201105701)

作者单位: 350001 福州, 福建医科大学省立临床医学院/福建省立医院急诊内科/福建省急诊医学研究所(龚峥、赵燊、李燕春、王晓萍、陈锋、林才经); 354300 福建省武夷山, 武夷山市立医院(官志明、范建明、邱长胜)

通信作者: 陈锋, Email: cf9066@126.com

and 68.30 ± 28.8 compressions vs. 174.30 ± 38.8 compressions, $P < 0.05$). Pearson correlation analysis confirmed the compression rate was positively correlated with the numbers of rebounding ($r=0.776$, $P < 0.01$). Significant statistical difference in accuracy was observed among the groups (9.8% vs. 72.9% vs. 58.5%, $P < 0.05$). **Conclusions** In CPR training test real-time feedback device contributes to the improvement of chest compression quality through self-adjustment of compression depth, rate and rebound.

[Keywords] Out-of-hospital cardiac arrest; Cardiopulmonary resuscitation; Training; Feedback device; Compression quality

院外心脏骤停 (out-of-hospital cardiac arrest, OHCA) 在世界范围内已经得到越来越广泛的关注^[1-2]。全世界每年有超过一百万例的院外心脏骤停发生,随着美国心脏学会 (American Heart Association, AHA) 对于国际心肺复苏指南中“生存链”概念的提出,旁观者实施心肺复苏术 (cardiopulmonary resuscitation, CPR) 对于心脏骤停后患者的存活率提高起到重要作用^[3]。同时,调度人员的指导在提高旁观者 CPR 的实施率和有效率方面积极作用亦得到肯定^[4]。《2015 年 AHA 心肺复苏及心血管急救指南》对高质量心肺复苏提出了更严格的要求,但目前国内对新指南执行情况的数据分析不多。

由于心肺复苏操作者在连续按压过程中极易因疲劳引起按压深度、按压频率的改变,从而导致按压质量的下降^[5]。《2015 年 AHA 心肺复苏及心血管急救指南》已明确推荐使用心肺复苏反馈装置辅助练习心肺复苏技能,且在反馈装置无法获得的情况下,推荐使用声音指导 (如节拍器) 帮助规范按压的速率^[6]。本研究主要旨在心肺复苏考核过程中应用实时反馈装置收集胸外心脏按压质量的有关数据 (按压深度、按压频率、回弹情况),并实时反馈指导操作者调整按压深度以及频率,并尽可能减少按压滞留的发生,从而观察复苏反馈装置 (包括节拍器) 是否有助于提高 OHCA 主要实施者,即非医务工作者的心肺复苏术的技能水平。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取福州市某社区、武夷山市某景区工作人员共 120 人,其中男性 72 人,年龄 (22.14 ± 6.38) 岁;女性 48 人,年龄 (20.45 ± 4.26) 岁。其中初中文化程度 68 人,高中 30 人,大学 22 人,所有人员随机分组,分别为 A、B、C 组,每组 40 人,各组男女比例、年龄及文化程度差异基本一致。

1.2 纳入和排除标准

(1) 入选标准:年龄 ≥ 18 岁,有一定读写能力;
(2) 排除标准:既往有严重心肺基础疾病者,曾经接受过心肺复苏基础生命课程培训者。

1.3 培训方法

1.3.1 培训师资 所有培训老师均已获得美国心脏协会中国区导师证书。

1.3.2 受试者培训和分组测试 完善受试者基本信息及问卷调查,测量身高、体质量、基础心率和血压。按照《2015 年 AHA 心肺复苏及心血管急救指南》,授课前统一制作传统非医务人员成人基础生命支持教学课件,并由导师根据传统的美国 AHA 基础生命支持课程内容与形式进行授课。参加培训人员均给予充分的时间进行传统心肺复苏按压的练习,导师通过现场纠正使受训者尽可能全面掌握基础心肺复苏技能,并让受训者了解后续测试的目标参数,即按压深度为 5~6 cm,按压频率为 100~120 次/min。在培训结束后给予受训者充分休息后进行测试,授课、练习、休息以及考核的总时间约为 3 h,其中导师与学员比例为 1 : 5,模拟人采用半身复苏安妮模型 (Resusci Anne SkillGuide, Laerdal Medical, Stavanger, Norway)。受试者随机分为 3 组,均进行单人连续 6 min 胸外按压, A 组按压过程中无任何提示, B 组受试者根据实时反馈装置 (Link CPR, 上海 Sunlife 公司) 的提示,实时通过语音将胸外按压实施者是否达到按压的技术标准实时反馈给施救者,对不正确按压动作 (包括按压深度、按压频率、回弹情况) 进行修正, C 组根据节拍器 (频率为 110 次/min) 提示指导按压,按压传感器采集三组按压数据 (包括按压深度、按压频率、回弹情况),通过 ZigBee 无线网络协议将数据传送给转接盒,转接盒将 ZigBee 信号转成 WiFi 网络信号通过无线路由器再将数据发送给电脑数据存储库。测试结束后,再次测量心率、血压,并完成基础生命支持理论考核。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件进行数据分析。计量资料用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 配对资料比较采用配对 *t* 检验, 多组间资料比较采用单因素方差分析 (ANOVA 检验), 计数资料比较采用卡方检验, 同时通过 Pearson 方法进行相关与回归分析, 计算 *r* 值, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组测试前后心率、血压和理论考核成绩的比较

三组分别在测试前后测量心率 (次/min) 和血压 (mmHg), 同时取受试者右手无名指末梢血

液 (约 0.1 mL) 检测血乳酸浓度 (mmol/L)。发现各组在测试后心率、血压、血乳酸值均高于测试前 ($P < 0.05$), 但组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。各组理论考试成绩均优异通过, 其结果组间差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 1。

2.2 按压过程数据分析

按压深度方面, B 组优于 A 组和 C 组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), A 组和 C 组比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 按压频率方面, B 组和 C 组结果均优于 A 组 ($P < 0.05$), B 组和 C 组比较没有明显差异 ($P > 0.05$); 回弹情况方面, B 组和 C 组结果均优于 A 组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), B 组和 C 组比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2。

表 1 测试前后心率、血压、乳酸值、理论成绩对比分析

Table 1 Comparison of physiological data, lactic acid, theoretical results before and after the test

指标	A 组 (n=40)	B 组 (n=40)	C 组 (n=40)
心率 (次/min)			
测试前	75.4 ± 10.2	71.2 ± 12.8	73.8 ± 15.4
测试后	113.2 ± 15.7 ^a	115.8 ± 14.9 ^a	121.5 ± 13.1 ^a
<i>t</i> 值	5.729	6.482	6.837
<i>P</i> 值	0.004	0.002	0.001
血压 (mmHg)			
测试前	115.2 ± 3.9/65.3 ± 2.5	113.4 ± 2.8/67.8 ± 3.1	117.7 ± 1.6/62.9 ± 2.7
测试后	142.1 ± 2.7/74.2 ± 3.2 ^a	151.7 ± 4.1/76.6 ± 2.5 ^a	154.1 ± 3.6/72.1 ± 1.9 ^a
<i>t</i> 值	4.597	5.612	4.892
<i>P</i> 值	0.008	0.002	0.004
乳酸 (mmol/L)			
测试前	1.62 ± 1.35	1.45 ± 1.26	2.26 ± 1.14
测试后	4.38 ± 2.07 ^a	3.75 ± 1.39 ^a	4.42 ± 1.84 ^a
<i>t</i> 值	3.427	3.094	2.839
<i>P</i> 值	0.014	0.021	0.024
理论成绩 (分)	90.19 ± 3.39	91.32 ± 4.24	91.49 ± 3.36

注: ^a $P < 0.05$, 与测试前相比。

表 2 单人连续 6 分钟按压数据分析 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of single compression data for six minutes

指标	A 组 (n=40)	B 组 (n=40)	C 组 (n=40)	<i>P</i> 值	A 组 vs. B 组	A 组 vs. C 组	B 组 vs. C 组
按压深度 (cm)	4.42 ± 0.572	5.38 ± 0.483 ^a	4.25 ± 0.843	<0.001	<0.001	0.357	0.001
按压频率 (次/min)	129.6 ± 8.3 ^b	113.4 ± 5.9	109.0 ± 6.8	<0.001	<0.001	<0.001	0.372
按压次数 (次)	705.70 ± 19.6 ^b	641.30 ± 36.2	638.40 ± 21.2	0.003	<0.001	<0.001	0.638
滞留次数 (次)	174.30 ± 38.8 ^b	56.10 ± 32.3	68.30 ± 28.8	0.006	0.008	0.003	0.726

注: ^a $P < 0.05$, 与 A, C 组对比, ^b $P < 0.05$, 与 B, C 组对比。

2.3 相关性分析

将按压频率和滞留次数通过 Pearson 方法进行相关与回归分析, 各组结果均具有显著统计学意义 ($P < 0.01$), 显示按压频率和滞留次数有正相关性 ($r = 0.776$, $P < 0.01$, 见图 1), 提示按压频率和回弹情况呈明显的负相关性。

2.4 各组准确率和失误率比较

按照《2015 年 AHA 心肺复苏及心血管急救指南》标准^[7], 标准按压深度为 5~6 cm, 按压频率

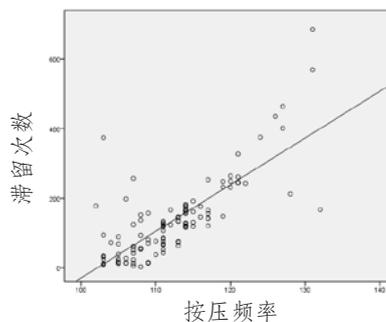
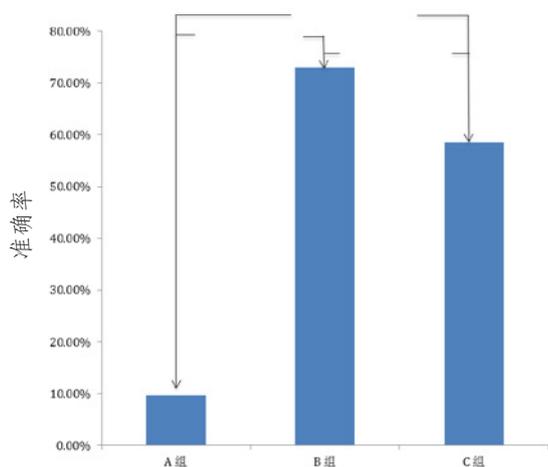


图 1 按压频率和滞留次数有正相关性

Fig 1 The compression rate has positive correlation with the numbers of rebounding

为 100~120 次/min, 按压过程应充分回弹, 其中认定按压过深、按压过浅、按压过快、按压过慢及按压倚靠均认定为按压失误, 其中 A、B、C 组各组连续 6 min 按压总次数分别为 31 104 次、27 216 次、26 160 次, 正确次数分别为 3 053 次、19 852 次、15 308 次, 正确率为 B>C>A (分别为 9.8%、72.9%、58.5%), 最后对于各组连续 6 分钟按压准确率及两组之间分别进行 χ^2 检验, 得出的结果提示差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见图 2。



三组互相比较, $\chi^2 = 26\ 048.692$, $P < 0.01$

图 2 三组间按压正确率比较

Fig 2 Comparison of compression accuracy among three groups

3 讨论

院外心脏骤停作为急危重症领域中直接导致死亡的常见疾病^[8], 如果能及时获得心肺复苏治疗可有效地提高其存活率^[9-10]。CPR 技术发展至今已取得了长足的进步, 但是心脏骤停患者的复苏成功率仍无法得到明显提高, 尤以院外发生的心脏骤停为甚, 在发达国家院外心脏骤停患者心肺复苏存活率约为 7% 左右^[11], 而在国内仅有接近 1% 的院外心脏骤停的患者可以存活^[12], 因此如何提高普通民众的心肺复苏技能水平极为重要。

大部分心脏骤停发生于院外, 70%~80% 是由室颤导致, 相对人工呼吸而言, 心脏按压对于提高复苏成功率更为重要^[13-14]; 同时旁观者对口对口人工呼吸存在不同的接受程度, 且单纯胸外按压相对标准心肺复苏更为容易被初学者掌握^[15], 因而本试验对公众 CPR 的培训更关注于按压质量的提高。2010 年美国心脏病协会 (AHA) 就在国际心肺复苏指南中指出第一目击者 (first responder) 在

发现心脏骤停的患者后立即给予传统 CPR 或单纯胸外按压 (hands-only) 式心肺复苏均可有效提高复苏成功率^[16]。Lim 等^[17]通过对传统的 CPR 急救方法及单纯胸外按压进行比较, 发现对于初学者而言, 单纯胸外按压可以获取更好的治疗效果。而在 2015 年国际心肺复苏指南对 2010 版指南做出了新的更新——强烈推荐第一目击者迅速识别无反应情况, 并立即开始高质量心肺复苏, 指南中要求以足够的速率和幅度进行按压, 从而保证每次按压后胸廓可以完全回弹, 尽可能少的减少按压中断, 其中建议的按压深度为 5~6 cm, 按压速率为 100~120 次/min^[7]。在培训装置上, 指南推荐使用心肺复苏反馈装置辅助学习心肺复苏的实践技能, 在反馈装置无法获得的情况下, 推荐使用声音指导 (如节拍器) 帮助规范按压的速率^[6]。本实验中在对按压质量 (包括按压深度、按压频率、回弹情况、准确率和失误率) 的比较分析中, 发现应用了实时反馈装置后, 按压深度及频率的达标情况明显改善, 滞留次数明显减少, 准确率明显提高, 应用反馈装置在心肺复苏考核过程中有助于提高按压准确率。

实时反馈训练有提高非医务人员 CPR 技能水平的可能^[18]。本研究中无反馈组和仅节拍器反馈组存在按压深度过浅的情况。在按压频率方面, 选用反馈装置或使用声音指导均有较高的符合率且两组均减少了按压滞留的发生, 而无反馈组普遍存在按压过快, 同时发现按压频率和滞留次数呈明显正相关, 因此考虑按压滞留可能是由于按压频率过快, 胸廓回弹时间相对缩短, 导致按压者在按压过程中容易出现反复倚靠于模拟人胸壁, 进而导致心肺复苏质量的下降。但将院内心脏骤停患者 (in-hospital cardiac arrest, IHCA) 根据按压频率分为 100~120 次/min, 121~140 次/min 及大于 140 次/min 三组, 结果提示三组自主循环恢复 (ROSC) 的比例分别为 29%、64% 及 49%, 得出快速按压 (频率大于 120 次/min) 可以获得更高的 ROSC 机率。但该研究设计由于未分析按压滞留的影响, 快速按压可能导致滞留次数增加, 胸廓无法充分回弹, 继而影响 CPR 预后; 同时研究未考虑按压深度对预后的影响, 这使得研究结果的准确性有待进一步论证。在 CPR 抢救过程中, 随着按压次数的增加, 胸廓无法得到充分回弹, 可能进而导致回心血量及每搏量下降, 最终影响 ROSC 的成功率。因此通过实时反馈装置, 合理控制按压速率, 有可能减少按压滞留发生, 提高复苏质量。

本次试验中在测试前后分别测定志愿者的心率、血压以及末梢血乳酸值,其结果提示测试后均高于测试前,但不同组别之间差异无统计学意义。连续进行 5 min 或更长时间的胸外心脏按压,施救者的血压、心率均出现明显增加,并在连续按压 2 min 或以上,按压质量出现下降。本研究的结果亦显示无论是经验按压还是反馈按压都会引起受试者血压升高、心率增加,这与前述的研究基本一致。血乳酸值升高考虑系应激状态机体无氧酵解增多导致。以上实验数据提示各组志愿者疲劳程度基本一致,由此可以推断操作者的疲劳程度不能作为按压质量优劣的评定标准。同时各组理论考试成绩比较无明显统计学差异提示 AHA 基础生命支持课程具有较好的接受度。

参 考 文 献

- [1] Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, et al. Bystander-initiated rescue breathing for out-of-hospital cardiac arrests of noncardiac origin [J]. *Circulation*, 2010,122(3):293-299. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.926816.
- [2] Sasson C, Rogers MAM, Dahl J, et al. Predictors of survival from out-of-hospital cardiac arrest. A systematic review and meta-analysis [J]. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2010, 3:63-81. DOI: 10.1161/CIRCOUTCOMES.109.889576.
- [3] Ogawa T, Akahane M, Koike S, et al. Outcomes of chest compression only CPR versus conventional CPR conducted by lay people in patients with out of hospital cardiopulmonary arrest witnessed by bystanders: nationwide population based observational study [J]. *BMJ*, 2011, 342: e7106. DOI: 10.1136/bmj.c7106.
- [4] Rea TD, Eisenberg MS, Culley LL, et al. Dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation and survival in cardiac arrest [J]. *Circulation*. 2001, 104: 2513-2516. DOI: 10.1161/hc4601.099468.
- [5] Steen PA, Kramer-Johansen J. Improving cardiopulmonary resuscitation quality to ensure survival[J]. *Curr Opin Crit Care*,2008, 14(3):299-304. DOI: 10.1097/MCC.0b013e3282f827d3.
- [6] Bhanji F, Donoghue AJ, Wolff MS, et al. Part 14: education: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [J].*Circulation*, 2015,132(suppl 2):S561-573. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000268
- [7] Kleinman ME, Brennan EE, Goldberger ZD, et al.Part 5: Adult Basic Life Support and Cardiopulmonary Resuscitation Quality: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [J]. *Circulation*,2015,132(18 Suppl 2):S414-435. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000259.
- [8] Lai H, Choong CV, Fook-Chong S, et al. Interventional strategies associated with improvements in survival for out-of-hospital cardiac arrests in Singapore over 10 years[J].*Resuscitation*,2015, 89:155-161. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.01.034.
- [9] Nakahara S, Tomio J, Ichikawa M, et al. Association of bystander interventions with neurologically intact survival among patients with bystander-witnessed out-of-hospital cardiac arrest in Japan [J]. *JAMA*, 2015,314(3):247-54. DOI: 10.1001/jama.2015.8068.
- [10] Hasselqvist-Ax I, Riva G, Herlitz J, et al. Early cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. [J]. *N Engl J Med*, 2015,372(24):2307-15. DOI: 10.1056/NEJMoa1405796.
- [11] McNally B, Robb R, Mehta M, et al. Out-of-hospital cardiac arrest surveillance --- Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival (CARES), United States, October 1, 2005--December 31, 2010.[J]. *MMWR Surveill Summ*, 2011, 60(8):1-19. PMID:21796098.
- [12] Kilaru AS, Leffer M, Perkner J, et al. Use of automated external defibrillators in US federal buildings: implementation of the Federal Occupational Health public access defibrillation program[J]. *J Occup Environ Med*, 2014,56(1):86-91. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000042.
- [13] Valenzuela TD, Roe DJ, Nichol G, et al. Outcomes of rapid defibrillation by security officers after cardiac arrest in casinos [J]. *N Engl J Med*, 2000,343(17):1206-1209. DOI: 10.1056/NEJM200010263431701.
- [14] 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.
- [15] Nishiyama C, Iwami T, Kitamura T, et al. Long-term retention of cardiopulmonary resuscitation skills after shortened chest compression-only training and conventional training: a randomized controlled trial[J]. *Acad Emerg Med*, 2014, 21(1): 47-54. DOI: 10.1111/acem.12293.
- [16] Wood JP, Traub SJ, Lipinski C. Safety of epinephrine for anaphylaxis in the emergency setting. [J]. *World J Emerg Med*, 2013, 4(4):245-51. DOI: 10.5847/wjem.j.1920-8642.2013.04.001.
- [17] Lim SH, Aw SJ, Ma C, et al. A randomised control trial to compare retention rates of two cardiopulmonary resuscitation instruction methods in the novice [J].*Resuscitation*, 2016, 103:82-87. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.03.005.
- [18] Wee JC, Nandakumar M, Chan YH, et al. Effect of using an audiovisual CPR feedback device on chest compression rate and depth [J]. *Ann Acad Med Singapore*, 2014, 43(1):33-38.
- [19] Kilgannon JH, Kirchoff M, Pierce L, et al. Association between chest compression rates and clinical outcomes following in-hospital cardiac arrest at an academic tertiary hospital [J]. *Resuscitation*, 2017, 110: 154-161. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.09.015.

(收稿日期: 2017-08-22)

(本文编辑: 何小军)