

腹部提压心肺复苏临床效果分析

詹峰 宋维 张君 黎敏 陈文腾

海南省人民医院急救中心 EICU, 海南海口 570311

通信作者: 陈文腾, Email: 13036036016@163.com

【摘要】目的 探讨腹部提压心肺复苏(AACD-CPR)对心搏骤停患者的复苏效果。**方法** 选择2014年6月至2016年1月海南省人民医院急救中心收治的心搏骤停患者,纳入符合AACD-CPR适应证、无腹部提压禁忌证、体重40~150 kg、年龄>16岁者。所有患者均给予气管插管人工通气及常规药物抢救;同时,使用腹部提压心肺复苏仪进行AACD-CPR,腹部提压节律100次/min,按压与提拉时间比为1:1,按压力度约50 kg,提拉力度约30 kg。记录患者复苏前后心率(HR)、平均动脉压(MAP)、脉搏血氧饱和度(SpO₂)、血乳酸(Lac)等指标,并评价患者复苏及自主循环恢复(ROSC)情况。**结果** 41例心搏骤停患者中男性22例,女性19例;年龄15~89岁,平均(66.5±18.8)岁;心搏骤停原因包括:心源性10例、非心源性18例、原因不详13例。实施AACD-CPR患者的ROSC率为19.5%(8/41)。复苏过程中,所有患者的HR、MAP和SpO₂均较复苏前明显改善[HR(次/min):67.0(48.0, 105.0)比0.0(0.0, 11.5), MAP(mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa):23.0(16.0, 37.0)比0.0(0.0, 0.0), SpO₂:0.79(0.45, 0.90)比0.00(0.00, 0.32),均P<0.01]。对于ROSC患者,复苏过程中及ROSC后0.5 h各指标均较复苏前明显改善[HR(次/min):88.5(53.8, 105.0)、94.5(72.5, 129.3)比0.0(0.0, 17.3), MAP(mmHg):48.0(4.13, 66.0)、54.0(42.0, 72.5)比0.0(0.0, 0.0), SpO₂:0.74(0.64, 0.80)、0.89(0.81, 0.93)比0.00(0.00, 0.42),均P<0.05];此外,复苏过程中及ROSC后0.5 h时Lac水平并未较复苏前升高(mmol/L:4.44±1.66、3.71±1.33比3.95±1.71,均P>0.05)。另外,心搏骤停发生于院前或急诊室的患者ROSC率[11.1%(2/18)]低于心搏骤停发生在急诊重症加强治疗病房(EICU)患者的ROSC率[26.1%(6/23)];在标准胸外按压后出现胸肋骨骨折并发症后用AACD-CPR复苏者中,发生于院前或急诊室者ROSC率[10.0%(1/10)]也低于心搏骤停发生在EICU者[20.0%(4/20)],但二组间ROSC率比较差异均无统计学意义(均P>0.05)。**结论** AACD-CPR用于抢救存在单纯胸外按压禁忌证的心搏骤停患者效果肯定,弥补了常规胸部按压CPR的不足。

【关键词】 心肺复苏; 腹部提压术; 自主循环恢复

基金项目: 海南省自然科学基金(812150)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.02.021

Clinical effect of cardiopulmonary resuscitation with active abdominal compression-decompression

Zhan Feng, Song Wei, Zhang Jun, Li Min, Chen Wenteng

Emergency Medical Center, Hainan General Hospital, Haikou 570311, Hainan, China

Corresponding author: Chen Wenteng, Email: 13036036016@163.com

【Abstract】 Objective To explore the resuscitation effect of active abdominal compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (AACD-CPR) on patients with cardiac arrest. **Methods** The patients with cardiac arrest admitted to emergency medical center of Hainan General Hospital from June 2014 to January 2016 were enrolled, who were satisfied with the indication of AACD-CPR and had no contraindication for AACD-CPR, and with 40–150 kg weight and over 16 years old. All of enrolled patients were given mechanical ventilation and conventional drug rescue. At the same time, AACD-CPR was performed with the active abdominal compression-decompression device, the rhythm of abdominal compression-decompression was 100 bpm and the ratio of compression time to lift time was 1:1, the pressure intensity was approximately 50 kg and the lifting intensity was approximately 30 kg. Heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), pulse oxygen saturation (SpO₂) and blood lactic acid (Lac) were recorded before and after CPR, and restoration of spontaneous circulation (ROSC) were calculated. **Results** Forty-one patients with cardiac arrest were enrolled, with 22 males and 19 females, and the age between 15 years old and 89 years old, with an average (66.5±18.8) years old. The etiologies of cardiac arrest were followed: cardiogenic for 10 cases, non-cardiogenic for 18 cases, and unknown causes for 13 cases. The rate of ROSC in patients with AACD-CPR was 19.5% (8/41). During the resuscitation, the HR, MAP and SpO₂ of those patients were significantly improved compared with those index suffering the cardiac arrest [HR (bpm): 67.0 (48.0, 105.0) vs. 0.0 (0.0, 11.5), MAP (mmHg, 1 mmHg = 0.133 kPa): 23.0 (16.0, 37.0) vs. 0.0 (0.0, 0.0), SpO₂: 0.79 (0.45, 0.90) vs. 0.00 (0.00, 0.32), all P < 0.01]. During the resuscitation and 0.5 hours after ROSC, the indexes of the ROSC patients were significantly improved compared with those suffering cardiac arrest [HR (bpm): 88.5 (53.8, 105.0), 94.5 (72.5, 129.3) vs. 0.0 (0.0, 17.3); MAP (mmHg): 48.0 (41.3, 66.0), 54.0 (42.0, 72.5) vs. 0.0 (0.0, 0.0); SpO₂: 0.74 (0.64, 0.80), 0.89 (0.81, 0.93) vs. 0.00 (0.00, 0.42); all P < 0.05]; in addition, the Lac of patients was not increased in the resuscitation and 0.5 hours after ROSC compared with the status before cardiopulmonary resuscitation (mmol/L: 4.44±1.66, 3.71±1.33 vs. 3.95±1.71, both P > 0.05). Besides, the ROSC rate of patients who suffered cardiac arrest before pre-hospital care or in emergency ward [11.1% (2/18)] were lower than those the patients

who suffered cardiac arrest in emergency intensive care unit [EICU, 26.1% (6/23)]; while the cardiac arrest patients who didn't experienced AACD-CPR until they got complications such as thoracic rib fracture after standard cardiopulmonary resuscitation (STD-CPR), the ROSC rate of those patients in pre-hospital care or in emergency ward [10.0% (1/10)] were lower than the ROSC rate of the patients who suffered cardiac arrest in EICU [20.0% (4/20)], but there was no significant difference between the two groups (both $P > 0.05$). **Conclusion** AACD-CPR is effective in the treatment of sudden cardiac arrest patients with contraindication of chest compression, and makes up for the deficiency of STD-CPR.

【Key words】 Cardiopulmonary resuscitation; Active abdominal compression-decompression; Restoration of spontaneous circulation

Fund program: Natural Science Foundation of Hainan Province of China (812150)

DOI: 10.3760/ema.j.issn.2095-4352.2019.02.021

现今,心搏骤停频发,尽管抢救技术不断更新及调整,但心搏骤停患者抢救成功率依然不容乐观^[1]。有效胸外按压在高质量心肺复苏(CPR)抢救体系中尤为重要,但当遇到标准胸外按压心肺复苏(STD-CPR)禁忌证时,如胸部开放性创伤、多发性胸肋骨骨折(原发性或继发性)、连枷胸等,患者往往因无法获得有效的胸外按压而达不到理想的抢救效果。面对这样巨大的挑战,王立祥等国内研究者提出了腹部提压心肺复苏(AACD-CPR),并先后通过动物实验及临床研究证实其有较好的复苏效果;另外,中国腹部提压心肺复苏协作组颁布了《腹部提压心肺复苏专家共识》以指导临床应用^[2]。本研究旨在进一步观察 AACD-CPR 救治存在单纯胸外按压禁忌证心搏骤停患者的临床效果。

1 对象与方法

1.1 研究设计与病例选择:本研究符合医学伦理学标准,并通过海南省人民医院伦理委员会批准(审批号:M2014-004)。入选病例为2014年6月至2016年1月海南省人民医院急救中心收治的心搏骤停患者,同时患者家属自愿参与本研究,并签署相关知情同意书。

1.1.1 纳入标准:①符合美国心脏协会(AHA)CPR与心血管疾病指南关于心搏骤停的诊断标准;②符合AACD-CPR适应证:胸部创伤性呼吸和心搏骤停、胸部外伤、骨折及复苏时出现胸肋骨骨折等,或者胸廓严重畸形者;③无腹部提压禁忌证;④体重40~150 kg,年龄>16岁,性别不限。

1.1.2 排除标准:存在腹部提压禁忌证,如腹部外伤、腹腔脏器出血、腹主动脉瘤、膈肌破裂、已经明确的腹腔巨大肿物(腹腔器官癌肿、肠梗阻、腹水、妊娠、巨大卵巢囊肿)等。

1.1.3 剔除标准:①因患者家属放弃治疗而中断AACD-CPR者;②因腹部提压心肺复苏仪机械故障而中断复苏者;③未能实行标准AACD-CPR者。

1.2 研究方法:所有患者均给予气管插管人工通气(有创机械通气或复苏气囊正压通气)及常规药物抢救,同时使用腹部提压心肺复苏仪(型号:CPR-LW1000)进行AACD-CPR。操作方法:双手紧握提压装置手柄将提压板平放于患者中上腹部(剑突下)进行负压吸附,待吸附完成后,参照仪器提示灯进行腹部提压,节律为100次/min,按压与提拉时间比为1:1,按压力度约50 kg,提拉力度约30 kg。

1.3 复苏评价指标:使用多功能心电监护仪等设备动态监测患者的复苏效果。主要指标为自主循环恢复(ROSC)率;次要指标为心率(HR)、平均动脉压(MAP)、脉搏血氧饱和

度(SpO_2)、血乳酸(Lac)等。上述数据均取试验记录时间段中最好值。由研究人员采集信息,复苏结果由专业人员评判,统计分析人员对相关参数进行分析。

1.4 判定标准:①ROSC:恢复窦性或室上性心律,MAP \geq 60 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),并维持 \geq 20 min;②复苏失败:复苏0.5 h后,患者仍为意识丧失、对外界刺激无反应,瞳孔散大,对光反射消失,无法触及颈动脉、股动脉等大动脉搏动,血压测不出,无自主呼吸及有效心律。

1.5 统计学方法:应用SPSS 16.0软件对数据进行统计分析。正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,非正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[$M(Q_L, Q_U)$]表示,当各指标的差量服从正态分布且方差齐时,采用配对设计一元定量资料 t 检验或方差分析,否则采用配对设计秩和检验。ROSC率的差异性分析采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者的一般资料:本次临床试验共入选41例心搏骤停患者,其中男性22例,女性19例;年龄15~89岁,平均(66.5 \pm 18.8)岁;引起心搏骤停的原因:心源性10例,非心源性18例,原因不详13例。

2.2 主要指标(ROSC率):41例心搏骤停患者中ROSC 8例,ROSC率为19.5%。

2.3 次要指标(表1~2):心搏骤停患者复苏过程中HR、MAP和 SpO_2 均较复苏前明显改善(均 $P < 0.01$),Lac水平无明显升高($P > 0.05$)。

对于ROSC患者,复苏过程中及ROSC后0.5 h时HR、MAP和 SpO_2 较复苏前显著改善(均 $P < 0.01$),且ROSC 0.5 h时 SpO_2 较复苏时进一步改善($P < 0.01$);而复苏过程中及ROSC后0.5 h时Lac均未较复苏前升高(均 $P > 0.05$)。

2.4 不同场所发生心搏骤停患者AACD-CPR复苏效果比较(表3):入组41例患者中,心搏骤停发生于院前或急诊室18例,发生于急诊重症加强治疗病房(EICU)23例。院前或急诊室发生心搏骤停患者AACD-CPR后ROSC率为11.1%,使用胸外按压后出现胸肋骨骨折并发症方使用AACD-CPR复苏者的ROSC率为10.0%。EICU发生心搏骤停患者AACD-CPR后ROSC率为26.1%,使用胸外按压后出现胸肋骨骨折并发症方使用AACD-CPR复苏者的ROSC率为20.0%。院前或急诊室组ROSC率和序贯使用AACD-CPR后ROSC率均低于EICU组,但两组比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

表1 心搏骤停患者腹部提压心肺复苏(AACD-CPR)过程中次要指标变化 [$M(Q_L, Q_U)$ 或 $\bar{x} \pm s$]

时间	HR		MAP		SpO ₂		Lac	
	例数(例)	数值(次/min)	例数(例)	数值(mmHg)	例数(例)	数值	例数(例)	数值(mmol/L)
复苏前	41	0.0(0.0, 11.5)	41	0.0(0.0, 0.0)	41	0.00(0.00, 0.32)	11	4.55 ± 2.60
复苏中	41	67.0(48.0, 105.0)	41	23.0(16.0, 37.0)	41	0.79(0.45, 0.90)	11	4.42 ± 2.59
检验值	Z=-5.445		Z=-5.090		Z=-5.090		t=0.371	
P值	0.000		0.000		0.000		0.718	

注:HR为心率,MAP为平均动脉压,SpO₂为脉搏血氧饱和度,Lac为血乳酸;1 mmHg=0.133 kPa

表2 ROSC患者腹部提压心肺复苏(AACD-CPR)前后次要指标变化比较 [$M(Q_L, Q_U)$ 或 $\bar{x} \pm s$]

时间	HR		MAP		SpO ₂		Lac	
	例数(例)	数值(次/min)	例数(例)	数值(mmHg)	例数(例)	数值	例数(例)	数值(mmol/L)
复苏前(1)	8	0.0(0.0, 17.3)	8	0.0(0.0, 0.0)	8	0.00(0.00, 0.42)	7	3.95 ± 1.71
复苏中(2)	8	88.5(53.8, 105.0)	8	48.0(41.3, 66.0)	8	0.74(0.64, 0.80)	7	4.44 ± 1.66
ROSC后0.5h(3)	8	94.5(72.5, 129.3)	8	54.0(42.0, 72.5)	8	0.89(0.81, 0.93)	7	3.71 ± 1.33
3组间 检验值	H=14.250		H=12.250		H=14.250		F=0.381	
P值	0.001		0.002		0.001		0.689	
(1):(2) 检验值	Z=-2.521		Z=-2.521		Z=-2.380		t=-0.541	
P值	0.012		0.012		0.017		0.598	
(1):(3) 检验值	Z=-2.521		Z=-2.521		Z=-2.521		t=-0.284	
P值	0.012		0.012		0.012		0.781	
(2):(3) 检验值	Z=-1.960		Z=-0.420		Z=-2.524		t=-0.898	
P值	0.050		0.674		0.012		0.387	

注:ROSC为自主循环恢复,HR为心率,MAP为平均动脉压,SpO₂为脉搏血氧饱和度,Lac为血乳酸;1 mmHg=0.133 kPa

表3 不同场所发生心搏骤停患者腹部提压心肺复苏(AACD-CPR)效果比较

组别	例数(例)	总ROSC率 [% (例/例)]	序贯使用AACD-CPR后ROSC率 [% (例/例)] ^a
院前+急诊室组	18	11.1(2/18)	10.0(1/10)
EICU组	23	26.1(6/23)	20.0(4/20)
检验值	确切概率法		确切概率法
P值	0.429		0.640

注:EICU为急诊重症加强治疗病房,ROSC为自主循环恢复;a为使用标准胸外按压出现胸肋骨骨折并发症后改用AACD-CPR复苏

3 讨论

胸外按压为现代CPR技术重要组成部分,这在国际上多个国家制定CPR相关指南及共识过程中均是优化及修订的重点,以试图达到最佳的复苏效果。进行快速、有力、连续、及时、有效的胸外心脏按压是ROSC的关键,高质量的胸外按压可以给机体重要组织器官提供有效血液灌注,同时减少其缺血时间,避免遗留缺血造成的后遗症。但对于存在胸部创伤的心搏骤停患者,可能无法通过胸外按压的方式获得高质量且有效的血流驱动;此外,胸外按压时发生胸肋骨骨折亦会由于胸廓未能完全回弹,从而影响复苏效果,甚至可能因继续按压由肋骨骨折端造成胸腔器官的二次损伤。有研究者期望通过不同的CPR方式以提高复苏成功率^[3-4],因在出现胸外按压禁忌证或者胸外按压出现胸肋骨骨折并发症时,放弃胸外按压CPR或实施无效的、安抚性的胸外按压CPR均不是抢救患者的最佳方式,故我们需要一种更为合适的复苏措施。

为更好地解决这种困境,有学者通过进一步改进腹部

CPR技术的操作方式及理论,对存在STD-CPR禁忌证或并发症时不能进行胸外按压提供有效循环支持者提供了一种新的复苏手段,即AACD-CPR,并获得了较好的临床效果^[5]。本研究中采用腹部提压心肺复苏仪对心搏骤停患者进行AACD-CPR。首先将仪器负压吸盘吸附于患者剑突下腹部皮肤,并通过施术者有节律地提压复苏仪上的手柄对腹部进行主动加压减压的动作,完成腹部CPR。此操作还可以使肺脏在提压运动的作用下出现通气效应,同时弥补了STD-CPR方法的不足^[6]。AACD-CPR作用机制主要为:通过“腹泵”增加有效循环血量,通过“胸泵”促进血液循环,通过“肺泵”协助呼吸运动,从而实现有效的复苏^[7-8]。

目前我国心搏骤停复苏率仍不理想,即使是院内心搏骤停(IHCA),复苏成功率仍亟待提高^[9]。尤其存在STD-CPR禁忌证或实行STD-CPR后出现胸肋骨骨折并发症时,该类心搏骤停患者因骨折的胸廓无法有效回弹,更难以得到高质量的复苏效果。本研究中入组心搏骤停患者均存在胸外按压禁忌证,实施AACD-CPR后ROSC率为19.5%,复苏效果令人满意。复苏过程中患者HR、MAP、SpO₂均较复苏前有所改善,提示AACD-CPR实施过程中可以给心搏骤停患者提供较为有效的循环支持。Lac作为反映机体无氧代谢的重要指标,当机体组织受到病理因素而出现血液灌注急剧下降时,组织细胞缺氧缺血,继而产生大量Lac,其Lac水平与组织有效循环灌注密切相关。而本研究中ROSC患者复苏过程中及ROSC后0.5hLac水平并未较复苏前进一步升高,侧面提示进行AACD-CPR可能为患者提供了较为有效的血液灌注,可防止心搏骤停患者微循环进一步障碍,避免组织缺氧加重,减少无氧代谢等情况。

同时我们发现, AACD-CPR 复苏成功率与心搏骤停发生环境存在一定关系。在院前或急诊室发生心搏骤停的患者,受限于抢救环境、人员等影响, ROSC 率较在 EICU 发生心搏骤停的患者略低。但可能因入组病例数较少,二者差异并无统计学意义。此外,无论院前患者或住院患者,当出现胸肋骨骨折等胸外按压禁忌证后方可使用 AACD-CPR 抢救者的 ROSC 率均较低。其原因可能与出现胸肋骨骨折等胸外按压并发症, STD-CPR 无法提供有效的血运驱动,无氧代谢明显,此时再改用 AACD-CPR 较难逆转组织缺氧缺血情况,从而影响复苏效果。

为达到有效的按压血流驱动,近年来多个国家的 CPR 指南反复强调按压深度的重要性。传统 CPR 法在保证有效按压深度的情况下,约有 1/3 的患者可能发生肋骨骨折^[10]。在这种情况下继续进行胸外按压可能导致进一步的器官损伤,更为重要的是,由于多处肋骨骨折可引起胸廓回弹及复张受限,难以保证传统胸外按压的力度和幅度,从而影响复苏效果。CPR 成功的关键是有效的血运驱动及组织灌注。由于腹腔存在巨大血容量,有效的腹腔脉冲压力可产生约 6 L/min 的心排量^[11]。进行腹部按压时,由于腹腔内压力的增加、膈肌受压上移,被动使胸腔内负压变小,继而心脏受压容积减小,血液流出心脏,形成有效“血泵”效应;与此同时,腹部器官及容量血管受压,大量的腹内血液回流,给予前进血流循环提供有效的血液容量^[12]。而进行腹部提拉时,腹腔内负压引起膈肌下移,导致胸腔负压加大,心脏被动舒张,血液回流入心,为下次按压心脏泵血做准备。同时,由于快速的腹部提压,产生类似于“海姆立克”效应,有助于开放气道、增加呼气潮气量^[13-14],另外可起到体外人工辅助通气的作用,满足循环与通气同时复苏的良好效应^[15]。有研究表明,当压力直接作用于腹主动脉及下腔静脉时,中心静脉压力差最大,此时血液的被动驱动可增加组织灌注尤其是心、脑等重要器官的灌注^[16]。本研究中亦通过复苏前后 Lac 的变化间接表明, AACD-CPR 可能对提供有效组织灌注起积极作用。

综上所述,本研究表明,在存在胸外按压禁忌证时,用 AACD-CPR 抢救心搏骤停患者效果肯定,弥补了 STD-CPR 的不足,为 CPR 开辟了一条新的途径,值得在临床推广应用及研究。当然,本研究仍存在局限性,作为单中心临床试验,观察样本数仍不足,且部分数据不全,可能会影响结论。故今后仍需扩大样本量进行深入研究。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 王立祥,于学忠.胸外按压与人工通气比之窘境[J].中华危重病急救医学,2013,25(11):703-704. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.11.017.
Wang LX, Yu XZ. The quandary of chest compressions and artificial ventilation [J]. Chin Crit Care Med, 2013, 25 (11): 703-704. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.11.017.

[2] 中国腹部提压心肺复苏协作组.腹部提压心肺复苏专家共识[J].中华急诊医学杂志,2013,22(9):957-959. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2013.09.004.
The Cooperation Group of China Abdominal Compression- Decompression Cardiopulmonary Resuscitation. Abdominal compression-decompression cardiopulmonary resuscitation expert

consensus [J]. Chin J Emerg Med, 2013, 22 (9): 957-959. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2013.09.004.

[3] Babbs CF. CPR techniques that combine chest and abdominal compression and decompression: hemodynamic insights from a spreadsheet model [J]. Circulation, 1999, 100 (21): 2146-2152.

[4] Tang W, Weil MH, Schock RB, et al. Phased chest and abdominal compression-decompression. A new option for cardiopulmonary resuscitation [J]. Circulation, 1997, 95 (5): 1335-1340.

[5] 王立祥,郑静晨.单纯腹部提压:一种心肺复苏的新方法[J].中华危重病急救医学,2009,21(6):323-324. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2009.06.002.
Wang LX, Zheng JC. A new method of cardiopulmonary resuscitation executed by rhythmic abdominal lifting and compression [J]. Chin Crit Care Med, 2009, 21 (6): 323-324. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2009.06.002.

[6] 刘亚华,李秀满,王立祥.4种复苏方法对呼吸骤停猪肺通气的影响观察[J].解放军医学杂志,2012,37(3):221-224.
Liu YH, Li XM, Wang LX. Effect of four resuscitation methods on ventilation of pigs with respiratory arrest [J]. Med J Chin PLA, 2012, 37 (3): 221-224.

[7] 王立祥.腹部提压心肺复苏专家共识解析[J].中国急救复苏与灾害医学杂志,2014,9(12):1083-1085. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6966.2014.12.003.
Wang LX. The analysis of abdominal compression-decompression cardiopulmonary resuscitation expert consensus [J]. Chin J Emerg Resusc Disaster Med, 2014, 9 (12): 1083-1085. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6966.2014.12.003.

[8] 黎敏,宋维,欧阳艳红,等.腹部提压心肺复苏的临床应用[J].中华危重病急救医学,2016,28(7):651-653. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.07.018.
Li M, Song W, Ouyang YH, et al. Clinical application research on active abdominal compression-decompression cardiopulmonary resuscitation [J]. Chin Crit Care Med, 2016, 28 (7): 651-653. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.07.018.

[9] Shao F, Li CS, Liang LR, et al. Incidence and outcome of adult in-hospital cardiac arrest in Beijing, China [J]. Resuscitation, 2016, 102: 51-56. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.02.002.

[10] Lederer W, Mair D, Rabl W, et al. Frequency of rib and sternum fractures associated with out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation is underestimated by conventional chest X-ray [J]. Resuscitation, 2004, 60 (2): 157-162. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2003.10.003.

[11] 王立祥,沈洪.个体化心肺复苏[J].中华急诊医学杂志,2007,16(8):895-896. DOI: 10.3760/j.issn.1671-0282.2007.08.035.
Wang LX, Shen H. Individualized cardiopulmonary resuscitation [J]. Chin J Emerg Med, 2007, 16 (8): 895-896. DOI: 10.3760/j.issn.1671-0282.2007.08.035.

[12] 王国涛,张思森,刘青,等.腹部提压心肺复苏临床应用研究:附40例报告[J].中华急诊医学杂志,2015,24(11):1264-1267. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.11.018.
Wang GT, Zhang SS, Liu Q, et al. Clinical application of abdominal compression-decompression cardiopulmonary resuscitation: a report of 40 cases [J]. Chin J Emerg Med, 2015, 24 (11): 1264-1267. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.11.018.

[13] 马立芝,王立祥,李秀满,等.腹部按压心肺复苏方法对呼吸骤停猪肺通气的观察[J/CD].中华临床医师杂志(电子版),2011,5(12):3623-3624. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-0785.2011.12.055.
Ma LZ, Wang LX, Li XM, et al. Abdominal compressive cardiopulmonary resuscitation (CPR) was used to observe pulmonary ventilation in pigs with respiratory arrest [J/CD]. Chin J Clin (Electronic Edition), 2011, 5 (12): 3623-3624. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-0785.2011.12.055.

[14] Geddes LA, Rundell A, Lottes A, et al. A new cardiopulmonary resuscitation method using only rhythmic abdominal compression: a preliminary report [J]. Am J Emerg Med, 2007, 25 (7): 786-790. DOI: 10.1016/j.ajem.2007.04.001.

[15] Movahedi A, Mirhafez SR, Behnam-Voshani H, et al. A comparison of the effect of interposed abdominal compression cardiopulmonary resuscitation and standard cardiopulmonary resuscitation methods on end-tidal CO₂ and the return of spontaneous circulation following cardiac arrest: a clinical trial [J]. Acad Emerg Med, 2016, 23 (4): 448-454. DOI: 10.1111/acem.12903.

[16] Arntz HR, Agrawal R, Richter H, et al. Phased chest and abdominal compression-decompression versus conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest [J]. Circulation, 2001, 104 (7): 768-772. DOI: 10.1161/hc3101.093905.

(收稿日期:2018-12-17)