

· 基础研究 ·

## SAAC 联合 CPR 对心脏骤停家猪模型复苏效果的影响

冉启华<sup>1</sup>, 刘亚华<sup>2</sup>, 周满红<sup>3△</sup>, 周静<sup>3</sup>, 刘兰<sup>3</sup>, 肖梦<sup>3</sup>

(1. 遵义医学院附属医院麻醉科, 贵州遵义 563003; 2. 武警总医院急救医学中心, 北京 100039; 3. 遵义医学院附属医院干部保健病房, 贵州遵义 563003)

**摘要:**目的 探讨持续腹主动脉按压(SAAC)联合单纯胸外心脏按压(SCC)对心脏骤停家猪模型呼气末二氧化碳分压(PETCO<sub>2</sub>)和自主循环恢复(ROSC)率、复苏成功率及 24 h 生存率的影响。方法 将 20 只健康家猪分为 2 组:标准心肺复苏组(S-CPR),复苏过程中采用 SCC;SAAC 心肺复苏组(SAAC-CPR),复苏过程中采用 SCC 联合 SAAC。经右心房内电极交流电刺激诱发心室颤动建立心脏骤停模型,经历 9 min 未干预间期后进行心肺复苏。两组均先予 SCC,30 s 后 SAAC-CPR 组加以 SAAC。观察并比较两组 PETCO<sub>2</sub>、冠状动脉灌注压(CPP)、ROSC 率、复苏成功率及 24 h 生存率。结果 SAAC-CPR 组 PETCO<sub>2</sub>[(22.50±3.17)mm Hg]明显高于该组 SCC 时期[(11.80±2.57)mm Hg]及 S-CPR 组 SCC 时期[(13.40±3.53)mm Hg],差异有统计学意义(P<0.01)。SAAC-CPR 组 CPP[(50.30±6.49)mm Hg]亦明显高于本组 SCC 时期[(14.12±3.01)mm Hg]及 S-CPR 组 SCC 时期[(14.62±2.59)mm Hg],差异有统计学意义(P<0.01)。S-CPR 组 3 只和 SAAC-CPR 组 9 只动物均在 3 次以内除颤后恢复自主循环,经 10 min ROSC 期后复苏成功并经历 24 h 生存;SAAC-CPR 组 ROSC 率及复苏成功率及 24 h 生存率明显高于 S-CPR 组,差异有统计学意义(P<0.05)。所有动物行尸体解剖均未发现腹腔内脏器损伤。结论 SAAC 联合 SCC 可提高心脏骤停家猪模型 PETCO<sub>2</sub>、冠状动脉灌注压、ROSC、复苏成功率及 24 h 生存率,有利于心肺复苏且安全并易于操作。

**关键词:**心肺复苏术;心脏停搏;二氧化碳分压

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2013.27.027

文献标识码:A

文章编号:1671-8348(2013)27-3275-03

## Effects of sustained abdominal aorta compression-CPR on resuscitation of cardiac arrest in swines

Ran Qihua<sup>1</sup>, Liu Yahua<sup>2</sup>, Zhou Manhong<sup>3△</sup>, Zhou Jing<sup>3</sup>, Liu Lan<sup>3</sup>, Xiao Meng<sup>3</sup>

(Department of Anesthesiology, Affiliated Hospital of Zunyi Medical College, Zunyi, Guizhou 563003, China;

2. Emergency Medial Center, General Hospital of Armed Police forces, Beijing 100039, China;

3. Cadre Health Care Ward, Affiliated Hospital of Zunyi Medical College, Zunyi, Guizhou 563003, China)

**Abstract: Objective** To investigate the effects of sustained abdominal aorta compression(SAAC) method combined with simplex chest compression (SCC) on partial pressure of end-tidal CO<sub>2</sub> (PETCO<sub>2</sub>), return of spontaneous circulation(ROSC), resuscitation success rate and 24 h survival rate of the cardiac arrest model in domestic swines. **Methods** 20 healthy domestic swines were randomly divided into two groups; the standard cardiopulmonary resuscitation group(S-CPR) by adopting SCC and the SAAC-CPR group by adopting SCC combined with SAAC during the resuscitation process. The cardiac arrest model was established by the ventricular fibrillation induced through the right atrium electrode alternating current stimulation. After 9 min of untreated interval, CPR was performed. The two groups were firstly given SCC, after 30 s, the SAAC-CPR group was added with SAAC. PETCO<sub>2</sub>, coronary perfusion pressure(CPP), ROSC rate, resuscitation success rates, and 24 h survival rate were compared between the two groups. **Results** PETCO<sub>2</sub> in the SAAC-CPR group was higher than that during the SCC period in the SAAC-CPR group and in the S-CPR group during CPR[(22.50±3.17) mm Hg vs. (11.80±2.57) mm Hg, (13.40±3.53) mm Hg, P<0.01]. CPP in the SAAC-CPR group was also higher than that during SCC in the SAAC-CPR group and the S-CPR group[(50.30±6.49) mm Hg vs. (14.12±3.01)mm Hg, (14.62±2.59)mm Hg, P<0.01]. 3 cases in the S-CPR group and 9 cases in the SAAC-CPR group restored ROSC within 3 times defibrillation, succeeded in resuscitation after 20 min ROSC and underwent 24 h survival. The ROSC rate, the resuscitation success rate and the 24 h survival rate in the SAAC-CPR group were significantly higher than those in the S-CPR group(P<0.05). No abdominal viscera damage was found in post mortem examinations of all the swines subjects. **Conclusion** SAAC combined with SCC can elevate PETCO<sub>2</sub>, CPP, ROSC, resuscitation success rate and 24 h survival rate, which is conducive to CPR, safe and easy to operate.

**Key words:** cardiopulmonary resuscitation; heart arrest; partial pressure of CO<sub>2</sub>

尽管在预防方面有重要的进展,心脏骤停(cardiac arrest, CA)仍然是一个重大的公共卫生问题,是世界上很多地区的第一位死亡原因<sup>[1]</sup>。基础生命支持(basic life support, BLS)是 CA 后挽救生命的基本方法,而 BLS 的内容最重要的是早期心肺复苏(cardiopulmonary resuscitation, CPR)特别是胸外心脏按压。CPR 最基本的要素就是通过有效的胸外心脏按压使心脏产生前向血流从而使包括心脏在内的重要器官得到血流灌

注<sup>[2-6]</sup>。由于技术上的原因,心肌血流灌注水平难以测定;而 CA 期间胸外心脏按压时呼气末二氧化碳分压(partial pressure of end-tidal CO<sub>2</sub>, PETCO<sub>2</sub>) 在通气稳定的情况下,与心排出量继而组织血流灌注及冠状动脉灌注压(coronary perfusion pressures, CPP)有良好的相关性。因此 PETCO<sub>2</sub> 概念被提出来作为心肌血流灌注的替代指标。PETCO<sub>2</sub> 与心脏骤停后的自主循环恢复(return of spontaneous circulation, ROSC)率、复

苏成功率及远期存活率直接相关<sup>[7]</sup>。提高 PETCO<sub>2</sub> 及 CPP 的方法有多种多样,但在现场 BLS 时只能依赖于心脏按压的手法。设想在单纯胸外心脏按压 (simplex chest compression, SCC) 时持续以手指按压腹主动脉机械性阻断该动脉以下血流势必导致血流反搏从而提高胸主动脉压继而提高心脑血管重要器官血流灌注 (可表现为 PETCO<sub>2</sub> 升高) 因此将有利于心肺复苏。该方法的关键步骤是在 SCC 的同时选择性地按压腹主动脉,因此不妨称之为“持续腹主动脉按压-心肺复苏”(sustained abdominal aorta compression-CPR, SAAC-CPR) 以区别于其他的腹部按压方法。本研究即拟探讨 SAAC-CPR 对心脏骤停家猪模型 PETCO<sub>2</sub>、CPP 及复苏效果的影响,现报道如下。

## 1 材料与与方法

**1.1 实验动物** 雄性健康家猪 20 只,性器官成熟,体质量 (25.0±1.7)kg,月龄 3~4 个月,由遵义医学院动物实验中心提供。实验前动物饲养 1~3 d,观察一般情况正常后进行实验。

**1.2 实验药物** 盐酸肾上腺素注射液购自天津药业集团新郑股份有限公司,批号 1111151。

### 1.3 实验方法

**1.3.1 实验动物分组** 实验动物按计算机随机数字法根据复苏方法的不同分组如下:标准心肺复苏组 (S-CPR),复苏过程中采用 SCC; SAAC 心肺复苏组 (SAAC-CPR),复苏过程中采用 SCC 联合 SAAC。

**1.3.2 实验步骤** 术前 12 h 禁食、不禁饮。氯胺酮和戊巴比妥钠联合麻醉。先予氯胺酮 30 mg/kg 肌肉注射,再予戊巴比妥钠 25 mg/kg 经静脉注射,必要时间断追加戊巴比妥钠 5 mg/kg 耳缘静脉注射维持麻醉。等待动物肌肉松弛后进行气管插管。将动物四肢固定于 V 型槽状手术台上,仰卧位,按照动物手术学的要求常规备皮、消毒、铺洞巾。一根导管经右颈外静脉插入右心房,另一根同型号的导管通过右股动脉插至胸主动脉以备测压。右心导管另接三通管,给予 0.9% 氯化钠注射液 2 mL·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> 静脉滴注并备注射药物。将临时起搏电极从左侧颈外静脉经上腔静脉-右心房-右心室腔送抵右心室内膜,将交流电调压变压器输出端指标准调整至电压 20 V、电流 1 mA、频率 50 Hz。将临时起搏电极与交流电调压变压器输出端相连,持续电刺激 5 s 以诱发心室颤动 (ventricular fibrillation, VF)。在相关参数达到 CA 标准的即刻和 CPR 开始前,连续记录各动物的心电表现及其他参数。有创血压监测显示平均动脉压小于 25 mm Hg 伴正常的动脉搏动波消失,且心电图显示 VF 即为 CA (室颤性) 模型成功建立,此亦为 CA 标准。CA 9 min 后开始 CPR,同时给予弹丸式静脉推注肾上腺素 (0.045 mg/kg)。所有动物均行 SCC,每分钟 100 次,深度相当于猪胸廓前后径 1/4,每次按压后允许胸廓完全复位。

SCC 30 s 后,SAAC 组加以 SAAC (图 1),具体方法是在 SCC 的同时另一施救者将一手示、中及环三指并拢以指腹持续压迫于上腹部正中线偏左 0.5 cm 处,另一手在其上方加压。一般可感受到腹主动脉的搏动,并可据此搏动感调整按压的位置,目标即直接按压腹主动脉以图阻断其以下血流。与 SCC 同时开始呼吸机控制呼吸:呼吸机接入氧源,100% 纯氧吸入。SCC 2 min 后行体外电击除颤 (双向方波除颤能量为 150 J)。若失败则继续按压,每按压 1 min 后电除颤 1 次,每 3 次电除颤后给药 1 次,30 min 无效则放弃复苏。PETCO<sub>2</sub> 监测为旁流型红外线法,插入 PETCO<sub>2</sub> 模块,预热 5 min 左右,连通大气调节零点,将取样管接于气管导管上即可持续监测。实验流程:改良自 Utstein 模式 17,见图 2。



图 1 SAAC 组胸外心脏按压同时加以持续腹主动脉按压

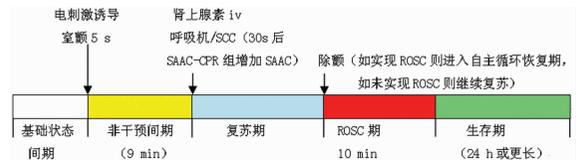


图 2 实验流程图

**1.4 CPP 的计算方法** 根据 CPP 的定义进行计算, CPP 指心脏骤停期间心脏按压放松期主动脉压与同时期右心房压的差值, 或者有自主循环时舒张期主动脉压与同时期右心房压的差值。

**1.5 统计学处理** 采用 SPSS19.0 统计软件包进行分析, 计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 采用 *t* 检验, ROSC 率、复苏成功率和 24 h 生存率比较采用 Fisher 确切概率法, 以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 两组各阶段 PETCO<sub>2</sub> 及冠状动脉灌注压演变** 见表 1。

表 1 S-CPR 组和 SAAC-CPR 组各阶段 PETCO<sub>2</sub> 及 CPP 比较

时间	基础状态	VF	SCC	SCC+SAAC
S-CPR 组				
CPP	105.22±11.94	1.51±0.85	14.62±2.59	—
PETCO <sub>2</sub>	41.90±2.69	4.00±1.33	13.40±3.53	—
SAAC-CPR 组				
PETCO <sub>2</sub>	41.40±2.84 <sup>△</sup>	3.60±1.17 <sup>△</sup>	11.80±2.57 <sup>△</sup>	22.50±3.17 <sup>▲</sup>
CPP	101.73±8.24 <sup>△</sup>	1.61±0.68 <sup>△</sup>	14.12±3.01 <sup>△</sup>	50.30±6.49 <sup>▲</sup>

<sup>△</sup>:  $P > 0.05$ , 与 S-CPR 组比较; <sup>▲</sup>:  $P < 0.01$ , 与本组及 S-CPR 组 SCC 时期比较; —: 表示无数据。

**2.2 S-CPR 组 3 头和 SAAC-CPR 组 9 头动物均在 3 次以内**

除颤后恢复自主循环, 经历 10 min ROSC 期后复苏成功, 存活

24 h 后在麻醉状态下处死。其他动物未能复苏成功。所有动物行尸体解剖均未发现肝脏、胰腺等腹腔内脏器损伤。ROSC 率、复苏成功率及 24 h 生存率, SAAC-CPR 组明显高于 S-CPR 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

### 3 讨 论

PETCO<sub>2</sub> 及 CPP 与 ROSC 率、复苏成功率及远期存活率密切相关, 而提高 PETCO<sub>2</sub> 及 CPP 的方法有多种多样, 但在现场 BLS 时只能依赖于心脏按压的手法<sup>[7]</sup>。早在 1967 年, Harri 等<sup>[8]</sup>首次将局部腹部按压方法结合胸外心脏按压用于心肺复苏, 即在胸外心脏按压的同时用手持续按压心脏骤停动物的上腹部, 可使颈总动脉血流量明显增加。但是由于有较多受试动物肝脏破裂, 因此未将此方法推荐用于临床。1971 年, Redding<sup>[9]</sup>改进了这一方法, 使用窒息性狗心脏骤停模型, 心肺复苏时使用血压计袖带做成的气囊压迫于实验狗的中腹部, 明显提高了实验动物的主动脉舒张压、复苏成功率及 24 h 生存率, 而且腹部创伤并不常见。1981 年, Chandra 等<sup>[10]</sup>将该方法又加以改进, 在胸外心脏按压的同时使用更能提高全腹内压力的腹部充气绑带 (inflatable cuff) 持续按压心脏骤停患者的上腹部 (持续 30~60 s), 明显提高了患者的平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP), 而且未发现腹部脏器的损伤, 从而认为其有利于心肺复苏。2007 年, Lottes 等<sup>[11]</sup>将凸形可充气气囊做成猪上腹部的形状重复上述实验, 发现这种装置可快速提高并维持 CPP 在一定水平, 有利于心肺复苏。但是, 有文献指出: 尽管此种方法在使用时试图阻断腹主动脉血流, 但由于其不是直接而是间接压迫于腹主动脉, 而又由于腹主动脉的解剖位置较为靠后, 因此其主要导致的是腹腔继而胸腔内的压力增高, 要阻断腹主动脉从而提高腹主动脉以上的主动脉的压力其实并不容易<sup>[12]</sup>。这种持续的腹部按压产生的力倾向于导致胸腔内压力而不是主动脉压力的提高, 从而导致右心房压力升高而主动脉压力并未相应地提高; 而由于 CPP = 主动脉压力 - 右心房压力, 因此 CPP 并未升高甚至可能下降。1997 年, 唐万春等采用间插性腹部按压可提高心脏骤停模型猪的 PETCO<sub>2</sub> 及 CPP, 但该方法腹部按压的方法与本实验所用方法仍有根本的不同。本实验设想在 SCC 时持续以徒手手指按压腹主动脉因此与腹部接触面积大大减小从而不至于大幅度提高腹腔内继而胸腔内及右心房内压力, 又可确切地机械性阻断腹主动脉以下血流势必导致血流反搏从而提高胸主动脉压, 继而大幅度提高 CPP 及 PETCO<sub>2</sub> 因此有利于心肺复苏。

本实验发现, PETCO<sub>2</sub> 及 CPP 在 SCC+SAAC 手法操作前与 S-CPR 组相比差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 提示两组前期材料、处理等分配均衡, 具有可比性。SAAC-CPR 组 PETCO<sub>2</sub> 及 CPP 在 SCC+SAAC 手法操作时与本组及 S-CPR 组 SCC 时期相比均明显升高, 差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ ), 提示 SCC+SAAC 手法操作时可能有效阻断腹主动脉以下血流并使血流反搏从而增加心脏重要脏器血液供给, 提高 PETCO<sub>2</sub> 及 CPP 有利于除颤成功, 促进 ROSC 及复苏成功。ROSC 率、复苏成功率及 24 h 生存率, SAAC-CPR 组明显高于 S-CPR 组 ( $P < 0.05$ ), 提示持续腹主动脉按压联合单纯胸外心脏按压确实有利于心肺复苏, 机制可能与其提高心肺复苏期间 PETCO<sub>2</sub> 及 CPP 有关。所有动物行尸体解剖均未发现肝脏、胰腺等腹腔内脏器损伤, 提示持续腹主动脉按压安全有效且易于操作。PETCO<sub>2</sub> 与 CPP 演变趋势一致, 提示 PETCO<sub>2</sub> 与 CPP 密切相关, 这与既往的研究结果相符。

总之, 持续腹主动脉按压联合单纯胸外心脏按压可提高心脏骤停家猪模型 PETCO<sub>2</sub>、冠状动脉灌注压及自主循环恢复率、复苏成功率及 24 h 生存率, 有利于心肺复苏且安全并易于操作。

### 参考文献:

- [1] Lloyd-Jones D, Adams RJ, Brown TM, et al. Heart disease and stroke statistics 2010 update: a report from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2010, 121(1): 46-55.
- [2] Olasveengen TM, Wik L, Steen PA. Standard basic life support vs. continuous chest compressions only in out-of-hospital cardiac arrest [J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2008, 52(5): 914-919.
- [3] Ong ME, Ng FS, Anushia P, et al. Comparison of chest compression only and standard cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest in Singapore [J]. *Resuscitation*, 2008, 78(1): 119-126.
- [4] Bohm K, Rosenqvist M, Herlitz J, et al. Survival is similar after standard treatment and chest compression only in out-of-hospital bystander cardiopulmonary resuscitation [J]. *Circulation*, 2007, 116(25): 2908-2912.
- [5] Iwami T, Kawamura T, Hiraide A, et al. Effectiveness of bystander-initiated cardiac-only resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest [J]. *Circulation*, 2007, 116(25): 2900-2907.
- [6] SOS-KANTO Study Group. Cardiopulmonary resuscitation by bystanders with chest compression only (SOS-KANTO): an observational study [J]. *Lancet*, 2007, 369(9565): 920-926.
- [7] Little CM, Angelos MG, Paradis NA. Compared to angiotensin II, epinephrine is associated with high myocardial blood flow following return of spontaneous circulation after cardiac arrest [J]. *Resuscitation*, 2003, 59(3): 353-359.
- [8] Harris Jr LC, Kiriimi B, Safar P. Augmentation of artificial circulation during cardiopulmonary resuscitation [J]. *Anesthesiol*, 1967, 28(4): 730-734.
- [9] Redding JS. Abdominal compression in cardiopulmonary resuscitation [J]. *Anesth Analg*, 1971, 50(4): 668-675.
- [10] Chandra N, Snyder LD, Weisfeldt ML. Abdominal binding during cardiopulmonary resuscitation in man [J]. *JAMA*, 1981, 246(4): 351-353.
- [11] Lottes AE, Rundell AE, Geddes LA, et al. Sustained abdominal compression during CPR raises coronary perfusion pressures as much as vasopressor drugs [J]. *Resuscitation* 2007, 75(3): 515-524.
- [12] Park CH, Jeung KW, Min YI, et al. Sustained manual abdominal compression during cardiopulmonary resuscitation in a swine model: a preliminary investigation [J]. *Emerg Med J*, 2010, 27(1): 8-12.