

腹主动脉反搏对腹部术中心搏骤停家兔心肺复苏效果的研究

王娇 王立祥 马文君 房效莉 刘亚华 孙鲲 马立芝 汪茜

【摘要】目的 探讨腹主动脉反搏对腹部术中心搏骤停家兔心肺复苏(CPR)的效果。**方法** 健康新西兰大白兔50只,按随机数字表法分为常规心肺复苏组(STD-CPR)和腹主动脉反搏组(Cou-CPR),每组25只。建立腹部手术模型,颈外静脉注射冰氯化钾联合气管夹闭法致颤,持续3 min后实施复苏,给予胸外按压150~180次/min;Cou-CPR组同时将手指探入腹腔,于每次按压放松期在脊柱右侧腹主动脉处给予一次动脉按压反搏。持续监测动物心电图、血流动力学变化,记录两组动物基础状态及复苏2 min时的收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、平均动脉压(MAP)、中心静脉压(CVP)、冠状动脉灌注压(CPP)、复苏成功率、自主循环恢复(ROSC)时间、24 h存活率等。**结果** 与STD-CPR组比较,Cou-CPR组复苏2 min时DBP、MAP、CPP均明显升高[DBP(mmHg,1 mmHg=0.133 kPa): 69.92 ± 8.47 比 53.70 ± 9.03 , $t=-2.910$, $P=0.006$;MAP(mmHg): 70.56 ± 9.51 比 60.12 ± 8.19 , $t=-4.150$, $P=0.000$;CPP(mmHg): 25.00 ± 7.51 比 17.88 ± 4.24 , $t=-4.130$, $P=0.000$];ROSC时间明显提前(s): 233.00 ± 24.40 比 296.10 ± 22.45 , $t=6.580$, $P=0.000$),复苏成功率明显提高(66.7%比33.3%, $\chi^2=7.770$, $P=0.010$),24 h存活率明显升高(70.0%比30.0%, $\chi^2=5.330$, $P=0.020$);ROSC率虽有所提高(65.5%比34.5%),但差异无统计学意义($\chi^2=2.980$, $P=0.080$)。所有动物实验后尸检未见明显腹主动脉夹层等并发症。**结论** 在腹部术中,于胸外按压间歇期给予腹主动脉直接按压反搏,能增加心搏骤停兔的MAP、CPP及复苏成功率,有效改善复苏预后。

【关键词】 腹主动脉反搏; 心搏骤停; 心肺复苏; 平均动脉压; 冠状动脉灌注压; 复苏成功率

心肺复苏(CPR)是为心搏骤停患者建立循环和呼吸支持的可靠保证,现代CPR理念的形成与发展至今已逾50年,国际CPR指南也数度修订,然而复苏成功率仍不理想^[1],这与诸多因素有关,其中包括心搏骤停病因诱因不同、患者病理生理状况不一等^[2]。腹部术中出现心搏骤停是其中一种特殊情形,与麻醉意外、低血容量以及腹部术中牵拉、迷走神经兴奋等原因有关^[3]。本课题组前期曾在动物身上进行插入式腹主动脉按压心肺复苏(IAAC-CPR),属于在腹部解剖结构完整情况下对腹主动脉的间接反搏,取得了良好的复苏效果^[4]。对于腹部术中发生的心搏骤停,由于腹腔结构完整性被破坏,胸泵机制作用受限,使腹部在复苏中的有利解剖结构难以充分发挥^[5],但腹主动脉却可直接探及,此时如果直接对腹主动脉进行插入式间歇反搏能否取得满意效果,至今未见相关文献报道。以前期实验结果及理论为依据^[6],本研究通过建立腹部术中心搏骤停动物模型,利用腹部切口,在胸外按压CPR基础上,顺势对腹主动脉直接按压反搏,观察其复苏效果,报告如下。

1 材料与方 法

1.1 实验动物及分组:健康新西兰大白兔50只,雌雄不拘,体质量2~3 kg,4~5月龄,由军事医学科学院动物中心提

供,动物许可证号:SCXK(京)2011-0006。按随机数字表法将动物分为常规心肺复苏组(STD-CPR, $n=25$)和腹主动脉反搏心肺复苏组(Cou-CPR, $n=25$)。本研究得到武警总医院实验动物中心伦理委员会批准,实验过程中动物处置方法符合动物伦理学要求。

1.2 动物模型制备:动物术前禁食12 h,自由饮水。于术前30 min称重后肌肉注射阿托品0.01 mg/kg,耳缘静脉注射3%戊巴比妥钠1 mL/kg麻醉,固定在小动物手术台上,四肢连接心电图导联电极监测心电图,分离股动脉置入BD22G套管针,导管肝素化后连接9000多道生理记录仪传感器监测动脉血压、平均动脉压(MAP);分离颈外静脉,置入BD22G套管针,用于静脉给药与监测中心静脉压(CVP);气管切开置入3.0号气管导管以备呼吸机应用。两组动物均在剑突下3 cm腹中线处剪一3 cm切口,待动物平静30 min后,采用注射冰氯化钾结合气管夹闭法致颤(经颈外静脉弹丸式注射4℃10%冰氯化钾70 mg/kg,并于呼气末夹闭气管导管)。

致颤成功标准为:心电图示心室纤颤(室颤)波形或呈一直线,动脉血压急剧下降,MAP ≤ 20 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),动脉压波形消失,听诊心音消失,持续3 min^[7]。

1.3 复苏方法:致颤成功3 min后松开夹闭的气管导管,连接小动物呼吸机行机械通气,呼吸频率40次/min,潮气量20 mL/kg,吸入氧浓度(FiO₂)1.00。两组均于复苏开始时经颈内静脉弹丸式注射肾上腺素0.02 mg/kg,5 min 1次,重复3次;30 min后自主循环未恢复视为复苏失败。STD-CPR组在开始复苏时行胸外按压150~180次/min;Cou-CPR组在胸外按压的同时,助手配合将右手食指、中指从剑突下

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.03.015

基金项目:全军医学科技“十二五”课题计划(BWS11J077);国家科技支撑计划课题(2009BAI79B03)

作者单位:100039 北京,武警总医院急救医学中心(王娇、王立祥、马文君、刘亚华、孙鲲、马立芝、汪茜);221004 江苏徐州,徐州医学院(王娇、房效莉)

通讯作者:王立祥,Email:wjjwlx@163.com

3 cm 腹部切口处深入腹腔,在家兔脊柱右侧腹主动脉处于每次胸外按压放松期给予一次动脉按压反搏。

自主循环恢复(ROSC)判断标准为:在无胸外按压时,收缩压(SBP)在60 mmHg以上并维持10 min提示ROSC;维持30 min为复苏成功。

1.4 数据采集与记录:制模后动物平静20 min时每分钟1次连续记录其基础状态下的心率(HR)、SBP、舒张压(DBP)、MAP、CVP值,共5次,取平均值。冠状动脉灌注压(CPP) = MAP - CVP。复苏开始后,连续监测各指标值,记录复苏至ROSC的时间。复苏成功后缝合腹部切口,监测4 h,拔除所有导管(包括气管插管),观察复苏成功动物24 h存活率及不良反应情况。

1.5 统计学处理:应用SPSS 16.0统计软件进行数据分析,计量数据以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验或 *t'* 检验;计数资料率的比较用 χ^2 检验;*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 动物一般情况及血流动力学变化比较(表1~2):两组动物体质量、HR、SBP、DBP、MAP、CVP、CPP等基础值比较差异无统计学意义(均 *P* > 0.05)。复苏2 min时Cou-CPR组MAP、CPP、DBP均明显高于STD-CPR组(均 *P* < 0.01)。

表2 不同复苏方法两组腹部术中心搏骤停兔复苏2 min时血流动力学指标比较($\bar{x} \pm s$)

| 组别 | 动物数(只) | MAP(mmHg) | CPP(mmHg) | DBP(mmHg) |
|------------|--------|--------------|--------------|--------------|
| STD-CPR组 | 25 | 60.12 ± 8.19 | 17.88 ± 4.24 | 53.70 ± 9.03 |
| Cou-CPR组 | 25 | 70.56 ± 9.51 | 25.00 ± 7.51 | 69.92 ± 8.47 |
| <i>t</i> 值 | | -4.150 | -4.130 | -2.910 |
| <i>P</i> 值 | | 0.000 | 0.000 | 0.006 |

注:STD-CPR组为标准胸外按压心肺复苏组,Cou-CPR组为胸外按压联合腹主动脉反搏心肺复苏组;MAP为平均动脉压,CPP为冠状动脉灌注压,DBP为舒张压;1 mmHg = 0.133 kPa

2.2 复苏结果比较(表3):Cou-CPR组复苏成功率、24 h存活率明显高于STD-CPR组(均 *P* < 0.05),ROSC时间较STD-CPR组明显提前(*P* < 0.01)。Cou-CPR组ROSC率虽较STD-CPR组有所提高,但差异无统计学意义(*P* > 0.05)。

2.3 不良反应情况:两组动物实验后尸检均未见明显腹主动脉夹层等并发症。

表1 不同复苏方法两组腹部术中心搏骤停兔一般情况及血流动力学基础值比较($\bar{x} \pm s$)

| 组别 | 动物数(只) | 体质量(kg) | HR(次/min) | SBP(mmHg) | DBP(mmHg) | MAP(mmHg) | CVP(mmHg) | CPP(mmHg) |
|------------|--------|-------------|----------------|---------------|--------------|---------------|-------------|--------------|
| STD-CPR组 | 25 | 2.51 ± 0.11 | 193.64 ± 9.73 | 110.00 ± 6.90 | 96.24 ± 7.03 | 101.96 ± 7.15 | 9.16 ± 3.64 | 93.00 ± 6.53 |
| Cou-CPR组 | 25 | 2.52 ± 0.15 | 198.48 ± 13.97 | 112.00 ± 8.53 | 97.44 ± 7.68 | 104.32 ± 7.85 | 9.48 ± 2.52 | 94.88 ± 8.68 |
| <i>t</i> 值 | | -0.320 | -1.420 | -1.002 | -0.570 | -1.110 | -0.362 | -0.870 |
| <i>P</i> 值 | | 0.750 | 0.160 | 0.321 | 0.570 | 0.270 | 0.719 | 0.390 |

注:STD-CPR组为标准胸外按压心肺复苏组,Cou-CPR组为胸外按压联合腹主动脉反搏心肺复苏组;HR为心率,SBP为收缩压,DBP为舒张压,MAP为平均动脉压,CVP为中心静脉压,CPP为冠状动脉灌注压;1 mmHg = 0.133 kPa

表3 不同复苏方法两组腹部术中心搏骤停兔复苏结果比较

| 组别 | 动物数(只) | ROSC率[% (只)] | ROSC时间(s, $\bar{x} \pm s$) | 复苏成功率[% (只)] | 24 h存活率[% (只)] |
|--------------|--------|--------------|-----------------------------|--------------|----------------|
| STD-CPR组 | 25 | 34.5 (10) | 296.10 ± 22.45 | 33.3 (8) | 30.0 (6) |
| Cou-CPR组 | 25 | 65.5 (19) | 233.00 ± 24.40 | 66.7 (16) | 70.0 (14) |
| χ^2/t 值 | | 2.980 | 6.580 | 7.770 | 5.330 |
| <i>P</i> 值 | | 0.080 | 0.000 | 0.010 | 0.020 |

注:STD-CPR组为标准胸外按压心肺复苏组,Cou-CPR组为胸外按压联合腹主动脉反搏心肺复苏组;ROSC为自主循环恢复

3 讨论

本研究依据Utstein-Style标准设计实施,采用静脉注射冰氯化钾结合气管夹闭窒息法,成功制备兔心搏骤停CPR模型,可以模拟心搏骤停引起的全身系统病理生理改变。该模型稳定可靠,具有可复制性,操作简便易行。

复苏指南推荐提高胸外按压CPR质量的方法包括保持适宜的按压频率和深度,保证胸廓充分回弹,减少按压中断,避免过度通气等,从而改善心脑等重要器官灌注与血氧交换,以利于提供有效的氧代谢。我们已知复苏后ROSC有赖于心肌灌注与心肌血氧供给的改善,这与CPP(胸外按压放松阶段的主动脉舒张压和右房舒张压之差)息息相关。在CPR期间,CPP是心肌灌注血流量的主要决定因素,应能保持在15 mmHg以上,有利于提高CPR的成功率。然而,即使在胸、腹腔解剖结构完整的情况下,标准胸外按压CPR中也仅有42%的患者CPP能达到这一数值^[8]。2010年国际CPR指南建议,当DBP < 20 mmHg时,若要提高CPR质量,就必须优化胸外按压的操作或使用血管加压药物抑或两者兼用,救护人员最好将成年心搏骤停患者的DBP控制在25 mmHg以上^[9]。目前临床上主要采用肾上腺素等血管活性药物升压,但有学者认为,使用肾上腺素后有导致缺血性心脏挛缩的危险^[10];且动物研究表明,这种危险性与肾上腺素剂量相关,当剂量较大时,反而不利于复苏成功^[11-12]。

Deakin和Barron^[13]以及Aslanger等^[14]先后报道了在行主动脉球囊反搏期间出现心搏骤停后,术者将球囊扩大以阻断降主动脉血流并取得良好效果的复苏成功案例,其理论依据是在复苏期间心排量较低的情况下,将血流优先流向冠状动脉(冠脉)和脑部血管,取得良好效果。1992年国际CPR指南提出IAAC-CPR可作为备选复苏方法,这一推荐延续至2010年指南。该方法是在标准胸外按压基础上,

于每次按压的放松期,间歇性按压腹中部、脐与剑突之间,要求按压深度、频率和节律与胸外按压相似;IAAC-CPR可增加DBP和静脉回流,改善CPP和其他重要器官的血流。本课题组前期在动物身上进行IAAC-CPR,是在腹部解剖结构完整的情况下对腹主动脉间接反搏,亦取得了良好的复苏效果。这些都为我们在腹部术中利用腹部探查伤口,将手指伸入腹部切口,避开肠管,在胸外按压CPR基础上进行间断腹主动脉反搏,以提高CPR成功率提供了理论与实践基础。

本实验在胸外按压CPR基础上加用间歇腹主动脉反搏术,取得了良好的血流动力学及复苏效果,分析其主要机制为:①在每次胸外按压期,二尖瓣关闭、主动脉瓣打开;在按压放松期,二尖瓣打开、主动脉瓣关闭^[15]。如果在按压放松期对主动脉进行反搏,则可阻断胸外按压放松期血液流向下肢,使其流向开口于主动脉瓣与反搏点之间的脑供血血管及冠脉,保证心脑等重要器官的血氧供应。②Rottenberg^[16]在分析1例复苏成功且神经功能预后较好的案例时认为,由于心脏填塞导致心泵机制失调,主动脉泵起到关键作用。有学者认为,如果进行胸外按压时按压点能在升主动脉上,则可取得良好效果^[17],亦是肯定了主动脉泵的作用。在胸外按压期放松腹主动脉,可减轻心脏后负荷,减少心脏作功氧耗;胸外按压放松期按压腹主动脉进行反搏时,主动脉泵提高升主动脉压,驱使血液向冠脉与颈总动脉流动,如此往复。③有研究表明,胸外按压的间歇期会导致DBP下降^[18],这可能需相当长的时间与按压来恢复。如果在胸外按压放松期给予腹主动脉反搏,则可在胸廓充分复张的同时,减少胸外按压间断造成的不利影响。

本实验未见主动脉夹层等并发症,但属于小样本实验,仍需进一步进行大样本研究加以证实。另外,本研究实验动物存活24h后即处死进行尸检,故未研究后续存活时间。

综上,虽然2010国际CPR指南给出15种特殊情形下的复苏方法,但由于引起心搏骤停的原因多样^[19],在不同情形、不同条件下,若能因势利导、利用现有条件进行复苏则可提高复苏成功率^[20]。腹部手术中如能纠正可逆病因,或是利用腹部探查伤口时可直接扪及腹主动脉的有利解剖条件,将手指伸入腹部切口,避开肠管,在胸外按压CPR基础上进行插入式腹主动脉反搏,可起到较满意的复苏效果。

参考文献

- [1] Berdowski J, Berg RA, Tijssen JG, et al. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: Systematic review of 67 prospective studies [J]. Resuscitation, 2010, 81 (11): 1479-1487.
- [2] 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.

- [3] Lockey D, Crewdson K, Davies G. Traumatic cardiac arrest: who are the survivors? [J]. Ann Emerg Med, 2006, 48 (3): 240-244.
- [4] 郭成成,王立祥,刘惠亮,等.插入式腹主动脉按压对心搏骤停兔复苏效果的观察[J].中华危重病急救医学, 2013, 25 (2): 96-98.
- [5] 王立祥.建立和完善腹部心肺复苏学[J].中华危重病急救医学, 2014, 26 (10): 689-691.
- [6] 窦微微,王立祥,刘惠亮,等.插入式腹主动脉按压对心搏骤停兔心肺复苏的实验研究[J].中华危重病急救医学, 2014, 26 (10): 718-721.
- [7] Guo XD, Wang GS, Gao JH, et al. Effect of urokinase on cerebral perfusion after cardiopulmonary resuscitation in rabbits [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2014, 18 (8): 1158-1162.
- [8] Paradis NA, Martin GB, Rivers EP, et al. Coronary perfusion pressure and the return of spontaneous circulation in human cardiopulmonary resuscitation [J]. JAMA, 1990, 263 (8): 1106-1113.
- [9] Travers AH, Rea TD, Bobrow BJ, et al. Part 4: CPR overview: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [J]. Circulation, 2010, 122 (18 Suppl 3): S676-684.
- [10] 王立祥.应重视缺血性心脏挛缩的研究[J].解放军医学杂志, 2014, 39 (2): 85-88.
- [11] 马勇,孟庆义,钱远宇,等.氨茶碱和肾上腺素在大鼠窒息心脏停搏模型中的疗效比较[J].中华危重病急救医学, 2003, 15 (5): 304-305.
- [12] 孟庆义,马勇,田国祥,等.氨茶碱和肾上腺素对窒息致心脏停搏大鼠心脏硬度影响的研究[J].中国急救医学, 2007, 27 (4): 336-339.
- [13] Deakin CD, Barron DJ. Haemodynamic effects of descending aortic occlusion during cardiopulmonary resuscitation [J]. Resuscitation, 1996, 33 (1): 49-52.
- [14] Aslanger E, Golcuk E, Oflaz H, et al. Intraaortic balloon occlusion during refractory cardiac arrest. A case report [J]. Resuscitation, 2009, 80 (2): 281-283.
- [15] Kim H, Hwang SO, Lee CC, et al. Direction of blood flow from the left ventricle during cardiopulmonary resuscitation in humans: its implications for mechanism of blood flow [J]. Am Heart J, 2008, 156 (6): 1222. e1-7.
- [16] Rottenberg EM. The critical need for further research and development of abdominal compressions cardiopulmonary resuscitation [J]. Am J Emerg Med, 2014, 32 (8): 931-934.
- [17] Rottenberg EM. Is external chest compression during cardiopulmonary resuscitation (CPR) most effective when the ascending aorta underlies the 'compression point' of the sternum? [J]. Emerg Med J, 2013, 30 (5): 427.
- [18] Steen S, Liao Q, Pierre L, et al. The critical importance of minimal delay between chest compressions and subsequent defibrillation: a haemodynamic explanation [J]. Resuscitation, 2003, 58 (3): 249-258.
- [19] 王立祥,郑静晨,梁立武,等.腹部提压对合并胸肋骨骨折心搏骤停患者复苏效应观察[J].中华危重病急救医学, 2013, 25 (11): 694-695.
- [20] 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.

(收稿日期: 2015-01-27)

(本文编辑:李银平)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊对论文中实验动物描述的有关要求

在医学论文的描述中,凡涉及到实验动物应符合以下要求:①品种、品系描述清楚;②强调来源;③遗传背景;④微生物学质量;⑤明确体质量;⑥明确等级;⑦明确饲养环境和实验环境;⑧明确性别;⑨有无质量合格证明;⑩有对饲养的描述(如饲料类型、营养水平、照明方式、温度、湿度要求);⑪所有动物数量准确;⑫详细描述动物的状况;⑬对动物实验的处理方式有单独清楚的交代,符合动物伦理学标准;⑭全部有对照,部分可采用双因素方差分析。