

· 论著 ·

心肺复苏机械通气时选择不同流速模式对气道峰压的影响

田昕 方伟钧 吴建荣

【摘要】 目的 观察心肺复苏(CPR)期间在胸外按压情况下的机械通气方式,探讨呼吸机送气流速模式选用方波(恒流)和减速波(递减波)对患者气道压力的影响。**方法** 采用前瞻性自身配对设计方案,选择浙江省丽水市中心医院急诊科 2011 年 1 月至 2013 年 2 月序贯收治的 40 例 CPR 患者。使用伟康 Eispit 呼吸机,常规设定的呼吸机工作其他参数不变,由同一医护人员给予患者的胸外按压进入稳定状态后,呼吸机流速模式先后使用方波和减速波,冻结时间-压力曲线后测量气道峰压的最高值并记录为一对数据。每例患者取不同按压者操作时的 2 对数据,40 例患者共获得 80 对数据,通过自身配对 t 检验进行统计学分析。**结果** 使用减速波时平均气道峰压最高值为 (38.15 ± 5.99) cmH₂O (1 cmH₂O = 0.098 kPa),比方波的 (43.86 ± 6.68) cmH₂O 减低了 (5.71 ± 1.98) cmH₂O,且差异有统计学意义($t=22.010$, $P=0.000$)。使用方波时有 73.75% 的患者气道峰压最高值会超过 40 cmH₂O,而使用减速波只有 45.00% 的患者气道峰压最高值会超过 40 cmH₂O。**结论** CPR 机械通气时,因使用减速波比方波能明显减低气道峰压,从而减轻气压伤的发生,减少呼吸机触发高压报警的概率,因而可提高呼吸机使用的依从性,故减速波是比方波更为合适的流速模式。

【关键词】 心肺复苏; 机械通气; 方波; 减速波; 气道峰压

The effects of different mechanical ventilation flow model on the peak airway pressure during cardiopulmonary resuscitation Tian Xin, Fang Weijun, Wu Jianrong. Department of Emergency, Lishui City Central Hospital, Lishui 323000, Zhejiang, China

Corresponding author: Fang Weijun, Email: xqjytx@163.com

【Abstract】 Objective To observe the method of mechanical ventilation in the chest compressions during cardiopulmonary resuscitation (CPR), and to explore the influence of the flow pattern selection of square-wave and decelerating-wave on airway pressure of patients. **Methods** A prospective self-pairing study was conducted. Forty patients undergoing CPR admitted to Department of Emergency of Lishui City Central Hospital from January 2011 to February 2013 were enrolled. Using Respirationics Eispit ventilator, the working mode and parameters of ventilator were set reasonably according to previous research, while the chest compressions was performed in a stable state by the same doctor. Each patient received different flow, waves, including square-wave and decelerating-wave, and the highest peak airway pressure was recorded as a pair of data when the time-pressure and time-flow waveform were frozen. Two pairs of data by different doctors were collected in each patient. Eighty pairs of data from 40 patients were collected for statistical analysis by paired t test. **Results** The highest peak airway pressure of decelerating-wave was (38.15 ± 5.99) cmH₂O (1 cmH₂O = 0.098 kPa), which was (5.71 ± 1.98) cmH₂O lower than that of square wave [(43.86 ± 6.68) cmH₂O] with significantly statistical difference ($t=22.010$, $P=0.000$). 73.75% patients undergoing square wave with peak airway pressure over 40 cmH₂O were found, but only 45.00% patients were found in decelerating-wave. **Conclusion** Because decelerating-wave used in mechanical ventilation during CPR can obviously reduce the peak airway pressure, the occurrence of barotrauma, and the probability of triggering high pressure ventilator alarm, and improve the compliance of ventilator, so decelerating-wave is more reasonable than square-wave.

【Key words】 Cardiopulmonary resuscitation; Mechanical ventilation; Square-wave; Decelerating-wave; Peak airway pressure

心肺复苏(CPR)时,由于持续胸外按压导致气道内压力反复剧烈震荡,使患者的机械通气参数不能按一般情况去设置,否则在某些患者中会发生呼吸机无法正常工作的情况。为了更好地理解 CPR 时

机械通气不同参数设置下人机相互作用的机制和需要注意的问题,近几年来,我们在这方面进行了相关研究。本研究就 CPR 期间在机械通气其他参数不变的情况下,流速模式选用方波(恒流)^[1]和减速波(递减波)^[1]对患者气道压力的影响进行自身配对设计比较观察,现分析报告如下。

1 资料与方法

1.1 研究设计及病例纳入、排除标准:采用前瞻性

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.10.009

基金项目:浙江省丽水市医学重点建设学科科技项目(2010-57-3)

作者单位:323000 浙江,丽水市中心医院急诊科

通信作者:方伟钧,Email:xqjytx@163.com

自身配对设计方案,选择 2011 年 1 月至 2013 年 2 月在本院急诊科根据“2010 年国际心肺复苏与心血管急救指南”^[2]进行 CPR 的患者,按入院时间序贯入选,直到完成 40 例后终止。

排除标准:有明显的胸廓先天畸形;有胸部创伤;年龄 <18 岁或 >75 岁;在 CPR 过程中无法监测到经皮血氧饱和度(SpO_2),导致无法获得氧合情况者;明确哮喘导致猝死者。

剔除标准:实施 CPR 时气道压大于 60 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa)者;CPR 在短时间内成功,无法完成数据采集者;在实施 CPR 中改变流速模式后 SpO_2 下降超过 0.03 者;在 CPR 中发生明显肋骨骨折或肺水肿者。

本研究符合医学伦理学标准,并经医院伦理委员会批准,获得患者家属的知情同意。

1.2 研究方法

1.2.1 呼吸机选择及相关参数的设置:使用伟康 Eispit 呼吸机,结合“2010 年国际心肺复苏与心血管急救指南”的要求,潮气量选择 7 mL/kg^[3],呼吸频率 10 次/min^[3]。在容量控制辅助通气(VCV)模式^[4]下,送气波形模式初始设置为方波,调高压力报警上限到 50 cmH₂O,将压力触发水平调高到上限;呼气末正压(PEEP)为 3 cmH₂O,吸入氧浓度(FiO_2)为 1.00,峰流速为 30 L/min,根据前期临床研究中得出的结论^[5]选择部分参数的设置。

1.2.2 气道峰压的测量:经过抢救初期后,患者进入平稳的胸外按压阶段。在同一医护人员按压下,机械通气进入稳定状态后使用方波下冻结图形,用呼吸

机自带的测量工具测量该冻结图形中气道峰压的最高值;记录后改为减速波,机械通气进入稳定状态后再冻结图形,测量参数,完成一对气道峰压最高值的测量。每例患者取不同按压者操作时的 2 次数值,共获取 40 例患者的 80 对数值。

1.3 统计学方法:将所有数据输入 SPSS 13.0 软件进行分析,进行自身配对对比研究。计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,进行配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 病例一般资料:40 例患者中男性 26 例,女性 14 例;平均年龄(56.3 ± 16.5)岁;病因:外伤 10 例(脑外伤 7 例,电击伤 2 例,颈椎损伤 1 例),非外伤 30 例(心源性 19 例,肺源性 4 例,中毒 2 例,病因不详 5 例)。

2.2 气道峰压小于 40 cmH₂O 时同一患者两种波形下的时间-流速和时间-压力图形:图 1 中左图和右图分别为同一患者气道峰压小于 40 cmH₂O、峰流速为 30 L/min 时方波和减速波的时间-流速和时间-压力图形。图中右上角方框内是既往的报警提示,一般在更换按压人员的初期容易发生,图中气道压力实测值是呼吸波形冻结所测,图片中右侧的 patient date 值是患者相关参数的即时值。从该图可以看到,在峰流速同为 30 L/min 下,使用减速波的气道峰压最高值为 20 cmH₂O,而方波的气道峰压最高值为 27 cmH₂O。

2.3 气道峰压高于 40 cmH₂O 时同一患者两种波形下的时间-流速和时间-压力图形:图 2 中左图和

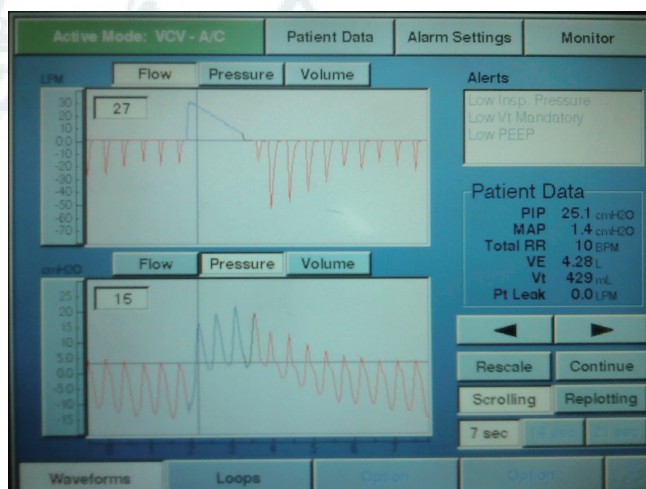
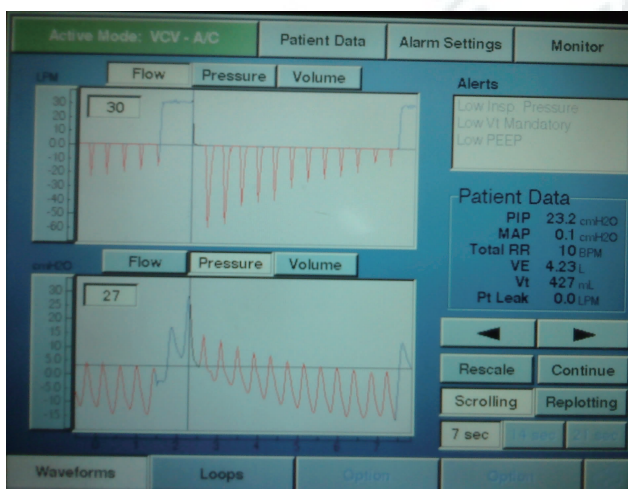


图 1 同一心肺复苏机械通气患者气道峰压小于 40 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa) 时方波(左)和减速波(右)两种波形下的时间-流速和时间-压力图形 图中右上角方框内是既往的报警提示,一般在更换按压人员的初期容易发生,气道压实测值为呼吸波形冻结时所测,patient date 值为患者相关参数的即时值。从该图可以看到,在峰流速同为 30 L/min 下,使用方波的气道峰压最高值为 27 cmH₂O,减速波的气道峰压最高值为 20 cmH₂O

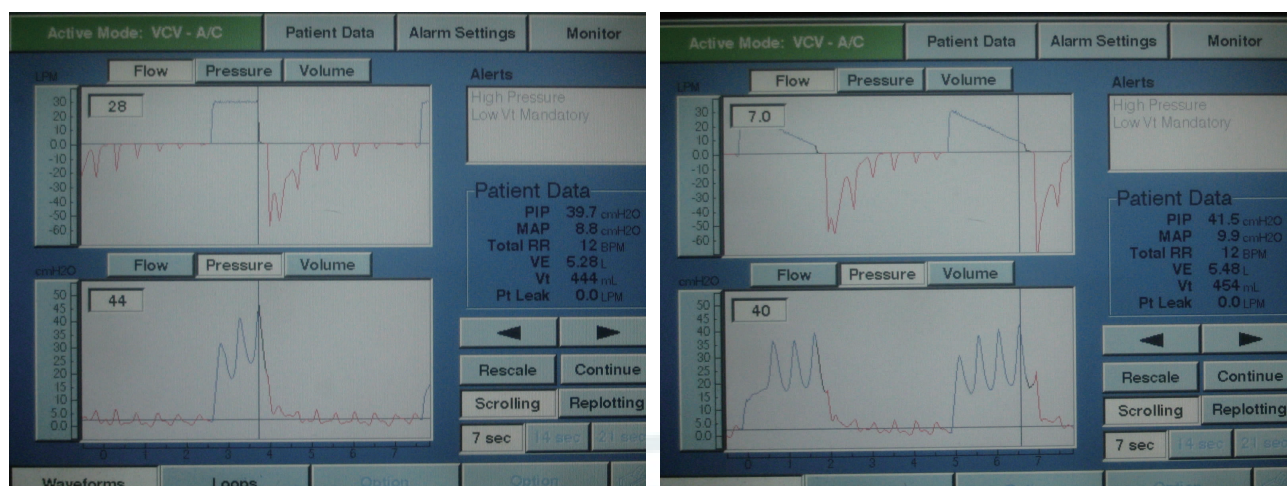


图2 同一心肺复苏机械通气患者气道峰压高于 40 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa) 时方波(左)和减速波(右)两种波形下的时间-流速和时间-压力图形 从该图可以看到,在峰流速同为 30 L/min 下,使用方波的气道峰压最高值为 44 cmH₂O,减速波的气道峰压最高值为 40 cmH₂O

右图分别为同一患者气道峰压高于 40 cmH₂O、峰流速为 30 L/min 时方波和减速波的时间-流速和时间-压力图形。从图中可看到,在峰流速同为 30 L/min 下,使用减速波的气道峰压最高值为 40 cmH₂O,而方波的气道峰压最高值为 44 cmH₂O。

2.4 方波和减速波下气道峰压最高值的比较(表 1):方波与减速波下气道峰压差值经正态性检验, $W=0.974, P=0.103 (>0.1)$, 差值服从正态分布;经配对 t 检验, $t=25.69, P=0.000$, 说明方波和减速波的气道峰压最高值有统计学差异, 使用方波比减速波的气道峰压最高值高 (5.71 ± 1.98) cmH₂O。

表 1 测量同一 CPR 机械通气患者方波和减速波下气道峰压最高值比较($\bar{x} \pm s$)

组别	测量数(个)	气道峰压最高值(cmH ₂ O)	t 值	P 值
方波	80	43.86 $\pm$ 6.68		
减速波	80	38.15 $\pm$ 5.99		
差值	80	5.71 $\pm$ 1.98	22.010	0.000

注: CPR 为心肺复苏; 1 cmH₂O=0.098 kPa

2.5 方波和减速波下气道峰压高值在不同区间的发生率(表 2):在本次研究其他参数的设置下,使用方波时气道峰压最高值大于 40 cmH₂O (高压报警上限一般尽量不超过 40 cmH₂O^[6]) 的患者占 73.75%, 而减速波只占 45.00%。

表 2 测量同一 CPR 机械通气患者方波和减速波下的气道峰压最高值在不同区间的发生率

组别	气道峰压最高值所在区间(例(%))			
	<40 cmH ₂ O	≥ 40 cmH ₂ O	40 ~ 50 cmH ₂ O	>50 cmH ₂ O
方波	21(26.25)	59(73.75)	42(52.50)	17(21.25)
减速波	44(55.00)	36(45.00)	36(45.00)	0(0)

注: CPR 为心肺复苏; 1 cmH₂O=0.098 kPa

3 讨论

有关 CPR 时机械通气参数设置的研究国内均少见。有学者指出,目前在 CPR 早期通气尚缺乏满意的方法^[7-8]。最近有研究表明,胸外按压同步通气^[9]模式可能是一种很好的新模式,但仍然处于动物实验中。在没有新的 CPR 通气设备和相关研究成果之前,如果使用常规的呼吸机参数设置,在胸外按压状态下,以下按胸廓的快速复原引起气道内负压的产生,触发呼吸机送气为开始一个新的呼吸周期,那么此次送气开始 0.25 s 后(若以 120 次/min 的频率实施胸外按压)会与因为胸廓再次下压产生的气道内正压相激,瞬间产生气道内高压。在临床实践中大多数患者会超过一般情况下的高压报警设定上限(约 40 cmH₂O),这时呼吸机产生报警并将呼气阀自动开放泄气,因此会导致潮气量不足,只要按压存在就会出现持续发生的高压报警和低潮气量报警。本研究调高压报警上限到 50 cmH₂O;有学者认为 60 cmH₂O 也是安全的^[10]。如果不能理解这种机制,不能改变呼吸机的参数设置,上述情况会反复发生,严重影响 CPR 时呼吸支持的质量^[5]。正是气道内高压的产生和剧烈的变化而导致呼吸机不能正常工作,故减轻 CPR 时气道高压对复苏时呼吸的支持十分有益。本研究选择峰流速为 30 L/min 的原因:在前期的临床实践中,我们发现如果选择常用的吸气流速(成人 40 ~ 100 L/min,平均 60 L/min^[11]),如峰流速大于 40 L/min 时使用方波,患者气道内压力明显增高,易产生呼吸机高压报警和造成气压伤,结合前期对峰流速的研究选择较小的流速 30 L/min^[12]。

根据本次研究结果可知,使用减速波比使用方波的气道峰压最高值平均低 (5.71 ± 1.98) cmH₂O 左

右,有统计学意义;另外使用减速波患者中 45.00% 气道峰压最高值会超过一般情况下的机械通气时压力设定上限(40 cmH₂O),而方波则有 73.75% 的患者。可以这样认为:在 CPR 机械通气其他参数设置不变的情况下,使用方波的呼吸机送气流速模式气道峰压较使用减速波时会明显增高,且高于一般情况下的压力报警设定上限(约 40 cmH₂O)的概率增多,甚至出现不少气道峰压大于 50 cmH₂O 的情况;而使用减速波比方波更加有利于减少气道高压的程度,减少患者因气道压过高产生可能的损伤,减少触发机械通气中发生高压报警的概率,有利于持续胸外按压情况下呼吸机的顺畅工作,为 CPR 患者可以得到高质量的呼吸支持奠定基础。故在 CPR 机械通气时流速模式的设置中,选择减速波比方波更合适。

参考文献

- [1] 中华医学会重症医学分会. 机械通气临床应用指南(2006)[J]. 中国危重病急救医学, 2007, 19(2): 65-72.
- [2] 胡大一, 郭艺芳. 2010 年美国心脏协会心肺复苏与心血管病急救指南要点介绍 [J]. 中华心血管病杂志, 2011, 39(10): 964-966.
- [3] Neumar RW, Otto CW, Link MS, et al. Part 8: adult advanced cardiovascular life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [J]. Circulation, 2010, 122 (18 Suppl 3): S729-767.
- [4] 席修明. 机械通气的历史演变 [J]. 中国危重病急救医学, 2009, 21(4): 193-195.
- [5] 田昕, 方伟钧. 心肺复苏中呼吸机某些重要参数调节的研究 [J]. 中国危重病急救医学, 2008, 20(12): 750.
- [6] 王辰. 呼吸治疗教程 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 177.
- [7] Berg RA, Hemphill R, Abella BS, et al. Part 5: adult basic life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [J]. Circulation, 2010, 122 (18 Suppl 3): S685-705.
- [8] 于虎, 沈开金, 敖其. 我国心肺复苏研究新进展 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2014, 21(3): 235-237.
- [9] Kill C, Hahn O, Dietz F, et al. Mechanical ventilation during cardiopulmonary resuscitation with intermittent positive-pressure ventilation, bilevel ventilation, or chest compression synchronized ventilation in a pig model [J]. Crit Care Med, 2014, 42(2): e89-95.
- [10] 罗建宇, 王晓源, 蔡天斌, 等. 心肺复苏持续胸外心脏按压时呼吸机潮气量与气道高压报警值设置的研究 [J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25(2): 102-105.
- [11] 俞森洋. 机械通气临床实践 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2008: 89.
- [12] 田昕, 方伟钧. 胸外按压状态下不同峰流速设置对机械通气的影响 [J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2014, 13(4): 35-37.

(收稿日期: 2013-12-20)

(本文编辑: 李银平)

·读者·作者·编者·

本刊常用的不需要标注中文的缩略语(二)

- | | |
|---|--|
| 心肺复苏(cardiopulmonary resuscitation, CPR) | 外周血管阻力指数(systemic vascular resistance index, SVRI) |
| 心肺脑复苏(cardiopulmonary cerebral resuscitation, CPCPR) | 左室内压上升或下降最大速率(the maximal rate of left ventricular pressure increase/decline, $\pm dp/dt \max$) |
| 自主循环恢复(restoration of spontaneous circulation, ROSC) | 左室舒张期末容积 |
| 院内心搏骤停(in-hospital cardiac arrest, IHCA) | (left ventricular end-diastolic volume, LVEDV) |
| 院外心搏骤停(out-of-hospital cardiac arrest, OHCA) | 左室收缩期末容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV) |
| 胸外按压比例(chest compression fraction, CCF) | 全心舒张期末容积指数 |
| 传统胸外按压心肺复苏(chest compressions-cardiopulmonary resuscitation, CC-CPR) | (global end-diastolic volume index, GEDVI) |
| 主动按压放松复苏术(active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation, ACD-CPR) | 胸腔内血容量指数(intrathoracic blood volume index, ITBVI) |
| 插入式腹主动脉按压心肺复苏(inserted abdominal aorta compression cardiopulmonary resuscitation, IAAC-CPR) | 血管外肺水指数(extravascular lung water index, EVLWI) |
| 平均动脉压(mean arterial pressure, MAP) | 肺血管通透性指数 |
| 中心静脉压(central venous pressure, CVP) | (pulmonary vascular permeability index, PVPI) |
| 动脉血氧分压(arterial partial pressure of oxygen, PaO ₂) | 左室每搏做功指数(left ventricular stroke work index, LVSWI) |
| 动脉血二氧化碳分压 | 脉搏(经皮)血氧饱和度(percutaneous oxygen saturation, SpO ₂) |
| (arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO ₂) | 中心静脉血氧饱和度 |
| 呼气末二氧化碳分压 | (central venous blood oxygen saturation, ScvO ₂) |
| (end tidal carbon dioxide partial pressure, P _{ET} CO ₂) | 混合静脉血氧饱和度(mixed venous oxygen saturation, SvO ₂) |
| 每搏量(stroke volume, SV) | 混合静脉-动脉血二氧化碳分压差(difference of mixed venous-arterial partial pressure of carbon dioxide, P _v -aCO ₂) |
| 心排量(cardiac output, CO) | 左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF) |
| 心排血指数(cardiac index, CI) | 乳酸清除率(lactate clearance rate, LCR) |
| 每搏量指数(stroke volume index, SVI) | 氧合指数(oxygenation index, PaO ₂ / FiO ₂ , OI) |
| | 心肌肌钙蛋白 T(cardiac troponin T, cTnT) |