

# 小潮气量机械通气对正常肺功能手术患儿呼吸力学及肺氧合功能的影响

肖 婷 张溪英 李开华 王江平 邱日裕 周 旋

**【摘要】 目的** 探讨小潮气量机械通气对正常肺功能手术患儿呼吸力学及肺氧合功能的影响。**方法** 选取 120 例肺功能正常的骨科手术患儿,随机分为 4 组,每组 30 例。LV 组:小潮气量 7 mL/kg, LVP5 组:小潮气量 7 mL/kg + 5 cmH<sub>2</sub>O PEEP, LVP10 组:小潮气量 7 mL/kg + 10 cmH<sub>2</sub>O PEEP, CV 组:常规潮气量 10 mL/kg。分别于机械通气 30 min 及 1 h 后采集动脉血做血气分析,监测呼吸指数、氧合指数、A-aDO<sub>2</sub>、Cs、Cd,同时记录 Peak、Plate 数值。**结果** LVP10 组中 T1 和 T2 两个时间段的 Peak 值和 Plat 值明显高于其他三组, LVP5 组中 Cs、Cd 明显高于其他三组, LV 组 Cs、Cd 高于 CV 组, LV 组 OI 明显高于其余三组, RI 明显低于其他三组, A-aDO<sub>2</sub> 随着时间的延长而下降,差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。**结论** 7 mL/kg 小潮气量机械通气对正常肺功能患儿有肺保护作用,小潮气量复合 5 cmH<sub>2</sub>O 低 PEEP 能够增加肺部顺应性,但未增加肺氧合功能。小潮气量复合 10 cmH<sub>2</sub>O 高 PEEP 未发现有肺保护作用。

**【关键词】** 小潮气量; 正常肺功能; 呼气末正压

**Influence of low tidal volume mechanical ventilation on respiratory mechanics and pulmonary oxygenation function in patients with normal lung function.** XIAO Ting, ZHANG Xi-ying, LI Kai-hua, et al. Hunan Children's Hospital. Hunan Changsha 410007, China

**【Abstract】 Objective** To study the influence of low tidal volume mechanical ventilation on the respiratory mechanics and pulmonary oxygenation function of children in operation with normal lung function. **Methods** To choose 120 cases of orthopedic surgery in children with normal lung function, were randomly divided into four groups, each group of 30 cases. LV group: a small tidal volume 7 mL/kg, LVP5 groups: small tidal volume low peep: 7 + 5 mL/kg cmH<sub>2</sub>O PEEP, LVP10 groups: small tidal volume high PEEP group: 7 mL/kg + 10 cmH<sub>2</sub>O PEEP, CV groups: conventional tidal volume 10 mL/kg. After mechanical ventilation 30 min and 1 h, respectively, doing arterial blood gas analysis and at the same time monitoring of respiratory index, oxygenation index, A-aDO<sub>2</sub>, Cs, Cd record Peak, Plat. **Results** LVP10 group T1 and T2 in the two periods of Peak values and plat, significantly higher than the other three groups, the Cs, Cd in LVP5 group was obviously higher than that of the other three groups, the Cs, Cd in LV group is higher than CV, the OI in LV group was obviously higher than that of the rest three groups, RI were significantly lower than the other three groups, as the extension of time A-aDO<sub>2</sub> declined, the difference had statistical significance ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** 7 mL/kg of low tidal volume mechanical ventilation on pulmonary function in children with normal lung protection, low tidal volume compound 5 cmH<sub>2</sub>O low PEEP can increase lung compliance, but did not increase pulmonary oxygenation function. The lung protection of Low tidal volume compound 10 cmH<sub>2</sub>O high PEEP has not been found.

**【Key words】** Low tidal volume; Normal lung function; PEEP

小潮气量通气在肺功能不正常的患儿可以减轻或者防止机械性肺损伤,而对肺功能正常的患儿,在

全麻围术期应用小潮气量机械通气是否有肺保护作用,复合不同 PEEP 值是否存在肺保护作用,有待我们研究。本研究选择肺功能正常行骨科手术的患儿采用常规潮气量与小潮气量对比,复合不同 PEEP 值,在正常肺功能患儿中寻求一种保护性肺通气模式。

材料与方法

一、临床资料

随机选取 40 例肺功能正常的骨科患儿,ASA 分级 I ~ II 级,手术时间为 1 ~ 2 h,年龄 2 ~ 14 岁,体重 11 ~ 39 kg。患儿术前无肺部疾病,胸部 X 线检查无阳性表现,无咳嗽、咳痰等肺部感染表现。所有患儿术中均取仰卧位,减少体位对肺部的影响。将全部患儿随机分成四组:LV 组:小潮气量组( $n = 10$ ),潮气量 7 mL/kg;LVP5 组:小潮气量加低 PEEP 组( $n = 10$ ),潮气量 7 mL/kg,PEEP 为 5 cmH<sub>2</sub>O;LVP10 组:小潮气量加高 PEEP 组( $n = 10$ ),PEEP 为 10 cmH<sub>2</sub>O;CV 组:常规潮气量组( $n = 10$ ):常规潮气量 10 mL/kg。

二、麻醉方法与管理

常规术前用药,麻醉诱导用氯胺酮 2 mg/kg、咪唑安定 0.1 mg/kg,舒芬太尼 2 μg/kg,顺阿曲库铵苯磺酸盐 0.1 mg/kg,丙泊酚 2 mg/kg。静脉快速诱导插管,接 Drug 麻醉呼吸机机械通气(IPPV),根据实验组别设定不同呼吸参数,调节呼吸频率并维持呼气末二氧化碳分压在 35 ~ 45 mmHg。吸呼比为 1 : 2,吸入氧浓度(FiO<sub>2</sub>)为 100%。为了避免吸入性麻醉药对监测结果的影响,术中采用全凭静脉麻醉维持麻醉深度,予瑞芬太尼 0.2 ~ 1 μg · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>,丙泊酚 4 ~ 12 mg · kg<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>。维持 Narcotrend 值保持在 D1 ~ 2 期之间;连续监测肌松采用四个连串刺激肌颤搐模式(TOF),间断静注顺式阿曲库铵,维持 TOF 值在 0 ~ 2 之间。术中输液为复方乳酸林格氏液,输液速度为 5 ~ 10 mL · kg<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>,根据失血量补充血液量,维持循环系统功能稳定。

三、数据监测及标本采集

术中采用飞利浦多功能监测仪连续监测心电图、心率(HR)、指脉搏氧饱和度(SpO<sub>2</sub>)、血压(BP)、气道压峰值(peak)与平台压(plat)、呼气末二氧化碳分压(PEtCO<sub>2</sub>)。记录术中机械通气 30 min(T1)以及 1 h(T2)的呼吸力学参数,术中全程麻醉药物的用量。分别在机械通气 30 min 以及 1 h 后采取动脉血测血气分析,根据结果记录肺泡-动脉血氧分压差(P(A-a)DO<sub>2</sub>)、计算氧合指数(OI = PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub>)、呼吸指数(RI = A-aDo<sub>2</sub>/Pao<sub>2</sub>)、肺静态顺应性(Cs = VT/(Plat-peep))、肺动态顺应性(Cd = VT/(Peak-peep))。

四、统计学处理

采用 SPSS 13.0 统计软件建立数据库,并进行统计分析。计量资料采用均数 ± 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间比较采用多变量方差分析和完全随机方差分析,组内比较采用 *t* 检验,设定  $P < 0.05$  为显著性检验水准。

结果

一、血流动力学变化结果

常规潮气量机械通气、小潮气量机械通气,以及小潮气量加上 PEEP 后血流动力学指标改变均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

二、各组麻醉药物总量统计

术中氯胺酮、丙泊酚、顺式阿曲库铵、瑞芬太尼、咪达唑仑以及舒芬太尼在各组中的运用比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

三、呼吸力学及肺氧合参数

1. 呼吸力学参数:LVP10 组中 T1 和 T2 两个时间段的 Peak 值和 Plat 值明显高于其他三组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),其余三组比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),四组内比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。LVP5 组中 Cs、Cd 明显高于其他三组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),LV 组 Cs、Cd 高于 CV 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),其余组间比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),组内比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。数据资料见表 1。

2. 肺氧合参数:T2 时间段 LVP10 组 A-aDO<sub>2</sub> 较 LV 组、LVP5 组增高,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),LV 组 T2 时间段 A-aDO<sub>2</sub> 较 T1 时间段下降,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),其余组间组内比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。LV 组 OI 明显高于其余三组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),其余三

表 1 患儿呼吸力学参数的比较( $\bar{x} \pm s$ )  
Table 1 The comparison of respiratory mechanics parameters ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	时间	Peak (cmH <sub>2</sub> O)
LV 组	T1	11.6 ± 2.50
	T2	11.8 ± 1.92
LVP5 组	T1	15.3 ± 2.22
	T2	15.0 ± 1.83
LVP10 组	T1	27.0 ± 3.29 *
	T2	21.3 ± 2.36 *
CV 组	T1	15.8 ± 2.16
	T2	16.8 ± 2.95

续表 1 患儿呼吸力学参数的比较( $\bar{x} \pm s$ )

**Table 1** The comparison of respiratory mechanics parameters ( $\bar{x} \pm s$ )

Plate(cmH <sub>2</sub> O)	Cs (mL / cmH <sub>2</sub> O)	Cd (ml / cmH <sub>2</sub> O)
8.0 ± 4.47	14.0 ± 3.15 *	13.54 ± 2.13 *
8.4 ± 4.72	13.4 ± 2.09	12.97 ± 2.40
13.7 ± 1.53	24.9 ± 3.45 *	20.20 ± 12.96 *
12.7 ± 0.57	27.6 ± 4.23	19.72 ± 10.31
21.5 ± 3.53 *	7.10 ± 1.84 *	7.30 ± 2.73 *
23.5 ± 2.12 *	6.80 ± 0.95	6.54 ± 2.94
9.3 ± 1.14	6.23 ± 1.23 *	7.62 ± 8.26 *
9.7 ± 2.73	6.13 ± 2.03	6.73 ± 7.61

注: 组间比较, \*  $P < 0.05$

组间比较, 差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), 四组内比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。LV 组 RI 明显低于其余三组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 其余三组间比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), 四组内比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。数据资料见表 2。

表 2 四组通气方式血气分析比较( $\bar{x} \pm s$ )

**Table 2** Four groups of ventilation way blood gas analysis and comparison( $\bar{x} \pm s$ )

组别	时间	A-aDO <sub>2</sub> (mmHg)
LV 组	T1	176.8 ± 55.64 *
	T2	96.20 ± 60.52#
LVP5 组	T1	202.67 ± 70.07
	T2	136.67 ± 65.53 *
LVP10 组	T1	224.75 ± 79.50 *
	T2	281.75 ± 40.84 *
CV 组	T1	234.80 ± 59.70
	T2	293.00 ± 43.05

OI (mmHg)	RI (mmHg)
16.08 ± 25.80 *	0.28 ± 0.01 *
15.94 ± 24.90	0.24 ± 0.02
3.66 ± 1.28	0.65 ± 0.07 *
3.87 ± 0.94	0.67 ± 0.03
4.33 ± 0.75	0.65 ± 0.02
3.81 ± 0.39	0.75 ± 0.04
4.98 ± 1.17 *	0.74 ± 0.03 *
4.44 ± 1.25	0.84 ± 0.01

注: 组间比较, \*  $P < 0.05$ , 组内比较, #  $P < 0.05$

讨 论

小潮气量机械通气的肺保护策略已广泛应用于

ALI、ARDS、感染性休克的治疗, 显著降低病死率。小潮气量机械通气能增加患儿肺部的氧供, 降低急性肺损伤对肺功能的损害及提高肺的顺应性<sup>[1]</sup>。大量文献证实小潮气量机械通气对于肺功能不正常的患儿有肺保护作用<sup>[2-4]</sup>; 而 Gajic 等<sup>[5]</sup>临床大样本回顾性研究表明, 低潮气量机械通气也对非 ALI 患者有利。鲁惠顺<sup>[6]</sup>对成人术前无肺部疾病患者行非胸部手术, 实施不同潮气量机械通气, 结果表明小潮气量机械通气能够避免机械通气引起的肺损害。沈晓曙<sup>[7]</sup>等对正常肺功能婴儿实施小潮气量机械通气可以减少 BALF 中炎性物质的释放, 有益于减少循环紧闭麻醉后肺部并发症。

Peak、Plat、Cs、Cd 是呼吸力学指数, 能够很好地反应肺通气功能。有报道吸入麻醉药物会增加肺部顺应性, 本实验中采用全屏静脉麻醉, 排除了吸入麻醉药物对肺部顺应性的影响<sup>[8]</sup>。A-aDO<sub>2</sub>、OI、RI 均是直接反应肺换气功能的指标。

本研究发现, LV 组、CV 组的 Peak 和 Plat 压力无明显变化。但 LV 组 Cs 和 Cd 均较 CV 组高, 说明小潮气量机械通气较常规正常潮气量机械通气能够增加肺部顺应性。随着时间的延长, LV 组 A-aDO<sub>2</sub> 逐渐降低, 说明血液从肺泡摄取氧能力逐渐增强。LV 组 OI 明显高于 CV 组, RI 明显低于 CV 组, 进一步表明小潮气量机械通气能够增强肺的氧合功能。从本研究结果来看, 正常肺功能患儿行非胸部手术, 围术期予以小潮气量机械通气能够增加肺部顺应性, 提高肺泡摄氧能力, 是一种肺保护性通气模式。

但有学者指出, 小潮气量通气会带来一些小气道及肺泡闭合, 分泌物潴留, 甚至局部肺不张, 引起氧合不足<sup>[9]</sup>。因此提出用小潮气量加用 PEEP。PEEP 可以扩张萎陷肺泡, 防止肺不张, 增加肺功能残气量和肺顺应性, 改善通气/血流比值, 减少肺间质及肺泡渗出, 提高氧合能力。Wolthuis EK 等<sup>[10,11]</sup>对无肺部疾病患者进行传统潮气量机械通气 (12 mL/kg) 和小潮气量机械通气 (6 mL/kg) 合并 10 cmH<sub>2</sub>O PEEP 的对照研究后发现, 小潮气量通气合并 PEEP 可以部分抑制机械通气所致的炎症反应, 减少 VILI 的发生最终起到肺保护的作用;

本研究 LVP10 组 Peak 和 Plat 压力值明显高于其他组别, Cs 和 Cd 明显低于 LVP5 组和 LV 组。T2 时间段 A-aDO<sub>2</sub> 值也明显高于 LV 组和 LVP5 组, OI 较 LV 组降低, RI 较 LV 组增高, 从本实验小潮气量复合 10 cmH<sub>2</sub>O 高 PEEP 未发现有肺保护作用。是否在复合高 PEEP 时需要更低潮气量, 仍需要进一

步的研究证实。

Qian L<sup>[12]</sup>等在对幼猪机械通气中发现,小潮气量加低 PEEP(4 ~ 6 cmH<sub>2</sub>O)能防止肺损伤和制炎因子的释放。从本研究中 LVP5 组与 LV 组比较,Peak 和 Plat 压力值在统计学上无明显差异,表明患儿围术期复合 5 cmH<sub>2</sub>O PEEP 时对气道压力并无明显影响。LVP5 组 Cs 和 Cd 较 LV 组高,表明 5 cmH<sub>2</sub>O PEEP 可以增加肺部顺应性。而 LVP5 组 A-aDo<sub>2</sub> 高于 LV 组,OI 明显低于 LV 组,RI 明显高于 LV 组,表明复合 5 cmH<sub>2</sub>O PEEP 并未增加肺部氧合功能。

综上所述,正常肺功能患儿行非胸部手术予以 7 mL/kg 小潮气量机械通气围术期有肺保护作用,予以 10 cmH<sub>2</sub>O 高 PEEP 暂未发现有肺保护作用。5 cmH<sub>2</sub>O 低 PEEP 能够增加肺部顺应性,但未增加肺氧合功能,故是否有利,可能还需要进一步的研究。

参 考 文 献

1 Wang Y, Lu ZJ, Lu GP. Clinical analysis of recruitment maneuver with low tidal volume in the treatment of 15 children with acute lung injury[J]. Zhonghua Er Ke Za Zhi, 2010, 48(7): 514-519.

2 Nicola Petrucci, MSc, Walter Iacovelli. Ventilation with Smaller Tidal Volumes: A Quantitative Systematic Review of Randomized Controlled Trials[J]. Anesth Analg, 2004, 99: 193-200.

3 Magda Cepkova, Sandra Brady, Anil Sapru. Michael A Mat-thay and Gwynne Church Biological markers of lung injury before and after the institution of positive pressure ventilation in patients with acute lung injury[J]. Critical Care, 2006, 10: R126.

4 Boker A, Graham MR, Walley KR, et al. Improved arterial oxygenation with biologically variable or fractal ventilation u-

sing low tidal volumes in a porcine model of acute respiratory distress syndrome[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2002, 165(4): 456-462.

5 Gajic O, Dara S I, Mendez JL, et al. Ventilator-associated lung injury in patients without acute lung injury at the onset of mechanical ventilation [J]. Crit Care Med, 2004, 32(9): 1817-1824.

6 鲁惠顺, 卫木根, 胡方. 潮气量与顺应性、呼吸第一秒容量及压力-容量的相关性[J]. 浙江临床医学, 2001, 11(3): 812-813.

7 沈晓署, 袁力勇, 甘果, 等. 潮气量对婴儿循环紧闭麻醉后支气管肺部灌洗液中 PMN, TNF- $\alpha$ , IL-6 及 IL-8 含量的影响[J]. 医学研究杂志, 2008, 37(4): 41-44.

8 Habre W, Petak F, Sly PD, et al. Protective effects of volatile agents against methacholine-induced bronchoconstriction in rats[J]. Anesthesiology, 2001. 94(2): 348-353.

9 Jeffrey M. Positive end expiratory pressure after a recruitment Maneuver prevents both alveolar collapse and recruitment/ derecruitment[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2003, 167: 1620-1626.

10 Wolthuis EK, Choi G, Delsing MC, et al. Mechanical ventilation with lower tidal volumes and positive end-expiratory pressure prevents pulmonary inflammation in patients without preexisting lung injury PEEP [J]. Anesthesiology, 2008, 108(1): 46-54.

11 Determann RM, Wolthuis EK, Choi G, Bresser P, et al. Lung epithelial injury markers are not influenced by use of lower tidal volumes during elective a surgery in patients without preexisting lung injury [J]. Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol, 2008, 294(2): L344-350.

12 Qian L, Liu H, Yu w, et al. Effects of positive end-expiratory pressure, inhaled nitric oxide and surfactant on expression of proinflammatory cytokines and growth factors in pre-term piglet lungs[J]. Pediatric Res, 2008, 64(1): 17-23.

(上接第 414 页)

11 余家康, 张美德, 夏慧敏. 先天性结肠闭锁合并结肠间质瘤 1 例[J]. 临床小儿外科杂志, 2002, 1(4): 320.

12 Schaart MW, Yamanouchi T, van Nispen DJ. Does small intestinal atresia affect epithelial protein expression in human newborns? [J]. J Pediatr Gastroenterol Nutr, 2006, 43(5): 576-583.

13 England RJ, Scammell S, Murthi GV. Proximal colonic atresia: is right hemicolectomy inevitable? [J]. Pediatr Surg Int, 2011, 27(10): 1059-1062.

14 Dassinger M, Jackson R, Smith S. Management of colonic atresia with primary resection and anastomosis[J]. Pediatr Surg Int, 2009, 25(7): 579-582.

15 耿其明, 徐小群, 唐维兵, 等. 结肠闭锁(附 11 例分析)[J]. 中华小儿外科杂志, 2006, 27(8): 441-442.

16 曹慧, 张宏伟, 刘丰丽, 等. 152 例新生儿肠闭锁手术报道[J]. 临床小儿外科杂志, 2007, 6(3): 21-23.

17 彭荣, 杨星海, 张伊凡, 等. 先天性肠闭锁 352 例治疗体会[J]. 临床小儿外科杂志, 2012, 11(2): 45-46.