

容控和压控模式联合呼气末正压在小儿单肺通气中的应用效果比较

杜文康¹, 林丽佳², 张玉龙¹ (通信作者)

(1 云南省昆明市儿童医院麻醉科 云南 昆明 650228)

(2 云南省昆明市第三人民医院感染管理办公室 云南 昆明 650041)

【摘要】目的: 比较小儿心胸外科手术容控 (VCV) 和压控 (PCV) 模式联合呼气末正压 (PEEP) 在单肺通气 (OLV) 中的应用效果。方法: 选取昆明市儿童医院 2021 年 6 月—12 月心胸外科择期胸腔镜手术行 OLV 患儿 20 例。麻醉诱导后, 置入支气管封堵器, 并行单腔气管导管插管, 暂予双肺通气, B 超下动静脉穿刺后, 在纤维支气管镜下调整气管导管进行 OLV, 启用 PEEP 5 cmH₂O。患儿先采用 VCV 进行通气, 通气 30 min, 后改为 PCV, 通气 30 min。记录 OLV 前 (TS)、容控通气 30 min (TV)、压控通气 30 min (TP) 和恢复双肺通气 10 min (TE) 的潮气量、气道峰压 (peak)、气道平台压 (plat)、肺顺应性 (Cdyn); 动脉血气中动脉血氧分压 (PaO₂); 平均动脉压 (MAP)、每搏量 (SV)、心排量 (CO)。结果: VCV 和 PCV 相比, VCV peak 和 plat 明显升高, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), VT 和 Cdyn 明显下降, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); VCV 时 PaO₂ 下降更明显, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 两组患儿 MAP、SV、CO 比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。结论: VCV 和 PCV 联合应用 PEEP 相比 PCV 气道压更低, VT 和 Cdyn 更好, PaO₂ 更优, 是小儿 OLV 中的最佳模式。

【关键词】 小儿; 单肺通气; 容控; 压控

【中图分类号】 R563

【文献标识码】 A

【文章编号】 2095-1752 (2023) 06-0043-04

Comparison of the application effects of volume control and pressure control modes combined with positive end expiratory pressure in single lung ventilation in children

DU Wenkang¹, LIN Lijia², ZHANG Yulong¹ (Corresponding author)

1 Department of Anesthesiology, Kunming Children's Hospital, Kunming, Yunnan 650228, China

2 Infection Management Office of the Third People's Hospital of Kunming, Kunming, Yunnan 650041, China

【Abstract】 Objective To compare the effect of volume control (VCV) and pressure control (PCV) combined with positive end expiratory pressure (PEEP) in one lung ventilation (OLV) in pediatric cardiothoracic surgery. Methods From June to December 2021 in Kunming Children's Hospital, 20 children with OLV who underwent elective thoracoscopic surgery in cardiothoracic surgery were selected as the study subjects. After anesthesia induction, a bronchial occluder was inserted and a single lumen tracheal catheter was inserted. Bilateral lung ventilation was temporarily provided, and after arteriovenous puncture under B-ultrasound, the tracheal catheter was adjusted for OLV under fiberoptic bronchoscopy, and PEEP 5 cmH₂O was activated. The child was first ventilated with VCV for 30 minutes, and then changed to PCV for 30 minutes, Recorded tidal volume, peak airway pressure, plateau airway pressure, and lung compliance (Cdyn) before OLV (TS), 30 minutes of volume controlled ventilation (TV), 30 minutes of pressure controlled ventilation (TP), and 10 minutes of recovery of bilateral lung ventilation (TE); Arterial partial pressure of oxygen in arterial blood gas (PaO₂); Mean arterial pressure (MAP), stroke volume (SV), and cardiac output (CO). Result Compared with PCV, VCV peak and plat significantly increased, with a statistically significant difference ($P < 0.05$). VT and Cdyn significantly decreased, with a statistically significant difference ($P < 0.05$); The decrease in PaO₂ was more significant during VCV, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$); There was no statistically significant difference in MAP, SV, and CO between the two groups of children ($P > 0.05$). Conclusion The combination of VCV and PCV using PEEP has lower airway pressure, better VT and Cdyn, and better PaO₂ compared to PCV, making it the optimal mode for pediatric OLV.

【Key words】 Pediatric; Single lung ventilation; Volume control; Pressure control

随着小儿心胸外科手术的发展, 越来越多的手术尤其是胸腔镜微创手术, 都需要进行单肺通气 (one lung ventilation, OLV), 目的是使一侧肺萎陷便于手术操作, 另一侧肺进行通气保证机体氧供, 同时避免交叉感染。但在进行 OLV 时, 会影响患儿的通气功能和血流动力学状态, 引起低氧血症, 降低生命质量, 尤其小儿更为显著。目前麻醉机的基本通气模式主要为容量控制 (volume

control ventilation, VCV) 与压力控制 (pressure control ventilation, PCV) 两种模式, 这两种模式都可联合呼气末正压 (positive end-expiratory pressure, PEEP) 一起使用, 最大程度保护患者器官供氧。当前鲜有关于这两种模式联合 PEEP 在小儿单肺通气中对呼吸力学、血气分析及血流动力学的影响的报道。本研究旨在比较小儿心胸外科手术 VCV 和 PCV 模式联合 PEEP 在 OLV 的应用效果,

现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取昆明市儿童医院 2021 年 6 月—12 月心胸外科择期胸腔镜手术行 OLV 患儿 20 例。年龄 1~12 岁，平均年龄 (5.06±3.04) 岁；男性患儿 12 例，女性患儿 8 例。试验经医院伦理委员会批准 (伦理审批号：2022-03-165-K01)。

纳入标准：① ASAI~II 级，心功能 I~II 级；②麻醉前各项检查结果无明显异常；③手术部位为右侧。排除标准：①术前发热或呼吸道感染；②呼吸功能不全；③有循环系统疾病。剔除标准：①术中 OLV 时脉搏血氧饱和度 (pulse oxygen saturation, SpO₂) 经处理后仍低于 90%，②术中出血量超过患儿血容量的 20%；③术中出现气道峰压增高，经处理后仍高于 30 cmH₂O (1 cmH₂O ≈ 0.098 kPa)；④术中因手术需要改变手术方式，中转开胸手术患儿。

1.2 方法

患儿术前常规禁食禁饮，核对无误后开通外周静脉，常规监测生命体征。麻醉诱导按顺序依次给予咪达唑仑 0.05 mg/kg，舒芬太尼 0.5 μg/kg，顺阿曲库铵 0.2 mg/kg，丙泊酚 3 mg/kg。待患儿意识消失后，在可视喉镜下将对应适合型号的支气管封堵器置入患儿支气管内，行单腔气管导管插管后在纤维支气管镜引导下将支气管封堵器放于右侧肺主支气管，接麻醉机机械通气，暂予双肺通气，VT：8~12 mL/kg，呼末二氧化碳维持 35~45 mmHg (1 mmHg ≈ 0.133 kPa)，氧浓度设置为 100%。于患儿平卧位在 B 超引导下经腋动脉穿刺置管，连接有创动脉传感器测量动脉血压，同样在 B 超引导下经右颈内静脉穿刺置管测压。动静脉穿刺完成后，在纤维支气管镜引导下经左肺支气管插管，将气管导管放入合适深度，听诊确定位置无误，固定后并于患儿侧卧位时再次确认。当进行 OLV 时，启用 PEEP 5 cmH₂O，氧浓度设置为 60%，患儿先采用 VCV 进行通气，设定参数 VT：5~10 mL/kg，30 min 后改为 PCV，压力设定达到通气满意为止，通气 30 min；手术结束后进行肺复张，恢复双肺通气，氧浓度设置为 50%，全程调节呼吸频率使呼末二氧化碳分压维持 35~45 mmHg。术中麻醉维持为静吸复合，七氟烷 1.5%~2.0%、瑞芬太尼 0.2~0.3 μg/(kg·min)、丙泊酚 5~8 mg/(kg·h)，每隔 30 min 间断追加顺式阿曲库铵 0.05 mg/kg 维持肌松，BIS 在 40~60。术中持续监测患儿鼻咽温度，采用变温水毯、暖风机等保温措施将患儿体温维持在 36~

37℃。术中补液选用复方电解质溶液，采用 4-2-1 原则，且根据中心静脉压 (central venous pressure, CVP) 变化控制输血量。术中调控麻醉药物或泵注多巴胺维持血压波动小于其基础值的 20%。

1.3 观察指标

分别监测 OLV 前 (TS)、VCV 通气 30 min (TV)、PCV 通气 30 min (TP) 和恢复双肺通气 10 min (TE) 的 VT、气道峰压 (peak)、气道平台压 (plat)、肺顺应性 (Cdyn)；动脉血气中动脉血氧分压 (PaO₂)；平均动脉压 (MAP)、每搏量 (SV)、心排量 (CO)。

1.4 统计学方法

使用 SPSS 23.0 统计软件进行数据处理。符合正态分布的计量资料采用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示，行 *F* 检验；计数资料采用频数 (*n*) 和百分率 (%) 表示，组间比较采用 χ^2 检验。*P* < 0.05 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 VCV 和 PCV 呼吸力学指标比较

①与双肺通气时相比，VCV 和 PCV, peak 和 plat 升高，VT 和 Cdyn 下降，差异有统计学意义 (*P* < 0.05)；②VCV 和 PCV 相比，peak 和 plat 明显升高，差异有统计学意义 (*P* < 0.05)，VT 和 Cdyn 明显下降，差异有统计学意义 (*P* < 0.05)，见表 1。

表 1 20 例 OLV 患儿不同通气模式呼吸力学变化 ($\bar{x} \pm s$)

呼吸参数	TS	TV	TP
peak	15.05±1.31	25.60±1.31 ^①	23.15±2.9 ^{①②}
plat	10.25±1.25	21.20±1.10 ^①	19.65±1.87 ^{①②}
VT	175±60.73	126.05±43.65 ^①	136.85±44.15 ^{①②}
Cdyn	18.75±3.35	12.90±1.91 ^①	15.7±2.46 ^{①②}

呼吸参数	TE	<i>F</i>	<i>t</i>
peak	16.3±1.17	156.98	3.41
plat	10.75±1.41	321.66	3.19
VT	175.00±60.13	4.724	2.11
Cdyn	18.65±3.11	20.26	4.02

注：①与 TS 比较，*P* < 0.05；②与 TV 比较，*P* < 0.05。

2.2 VCV 和 PCV PaO₂ 比较

①与双肺通气时相比，VCV 和 PCV, PaO₂ 明显下降，差异有统计学意义 (*P* < 0.05)；②VCV 和 PCV 相比，PaO₂ 下降更明显，差异有统计学意义 (*P* < 0.05)，见表 2。

表 2 20 例 OLV 患儿不同通气模式 PaO₂ 变化 ($\bar{x} \pm s$, mmHg)

项目	TS	TV	TP
PaO ₂	295.65±15.02	149.95±12.02 ^①	163.20±16.03 ^{①②}

项目	TE	<i>F</i>	<i>t</i>
PaO ₂	211.75±13.94 ^{①②}	412.418	2.89

注：①与 TS 比较，*P* < 0.05；②与 TV 比较，*P* < 0.05。

2.3 VCV 和 PCV 血流动力学比较

①与双肺通气时相比, SV、CO 均明显下降, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); ②两组患儿 MAP、SV、CO 比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 3。

表 3 20 例 OLV 患儿不同通气模式血流动力学变化 ($\bar{x} \pm s$)

血流动力学	TS	TV	TP
MAP	65.20±4.69	64.55±4.76	65.95±6.39
SV	30.6±11.05	22.60±8.51 ^①	23.15±8.49 ^①
CO	2.94±0.67	2.41±0.65 ^①	2.40±0.61 ^①

血流动力学	TE	F	t
MAP	65.30±6.11	0.214	-
SV	30.85±10.66	4.334	0.205
CO	2.94±0.68	4.587	0.025

注: ①与 TS 比较, $P < 0.05$ 。

3 讨论

小儿胸腔镜手术创伤小、恢复快等优点使其近年来在临床上得到越来越多的应用^[1], 其体位特殊, 通气方式要求行 OLV 技术, 对术中患儿的呼吸和循环管理方法发起了挑战。OLV 是非生理状态的通气模式, 常常会引起气道压、血流动力学及机体氧合的改变。缺氧是最常见的并发症^[2], 当侧卧位时, 上侧肺萎陷后会产生缺氧性肺血管收缩, 肺血管阻力增加, 恢复通气后容易造成肺不张。下侧肺受压, 肺和胸壁的顺应性下降, 尤其婴幼儿更显著^[3], 加之重力原因肺血流又相应增加, 通气/血流比例下降, 肺内分流增多, 氧合障碍, 此过程中潮气量过小可引起小气道关闭, 通气不足导致低氧血症, 但临床上绝大多数会为了改善低氧血症过大加大潮气量, 使得压力过高后致右心血流大部分流至萎陷肺, 反而加重低氧血症, 这波操作很大程度会造成机械通气相关肺损伤^[4], 术后呼吸功能不全。PEEP 会使胸膜腔内压升高, 肺小血管阻力增加, 回心血量受阻, 一定程度上影响血流动力学^[5], 但适合压力的 PEEP 应用于 OLV 中是有益的。当进行双肺转为单肺和单肺转为双肺时机体需要一个适应过程, 低氧血症也最容易发生在转为单肺通气时, 在此过程处理不当随时会造成呼吸循环障碍, 肺部损伤。

本文结果表明, VCV 时 peak、plat 明显升高, VT、Cdyn 明显下降, 与机械通气送气模式有关, VCV 为恒速送气, 压力可变, PVC 为变速送气, 压力恒定, 通气时肺内有一部分未打开的肺泡需要一定的压力才能打开, 恒速送气需要一段时间到达一定的压力, 而变速送气可

很快就可以达到一定压力首先打开肺泡, 维持预设压力进行通气, 气流流速减慢, 减轻肺损伤, 也不增加通气侧肺压力而减少肺血流, 改善了通气血流比值, 也解释了 VCV PaO₂ 低于 PCV 的可能原因, 与 Kim 等^[6] 分析结果相同。并且, 由于小儿个体差异大, 计算适合其身精确的潮气量很困难, VCV 用于 OLV 时潮气量过小或过大都会加重低氧血症, PCV 在年龄差异上占有一定的优势, 不需要考虑设定潮气量的患儿本身因素, 只要肺部达到一定压力开放肺泡就能减少低氧血症发生的概率, 王洪等^[7] 的研究中也得出 PCV 通气模式更能减轻患儿的血氧分压的下降。另外, 有研究证实, 即使在肺功能差的患者中, PCV 在 PaO₂、术后通气间、重症监护时间和住院天数方面都有明显优势^[8]。本实验应用 PEEP 也是为了防止低氧血症的发生, 国外一项荟萃分析研究证实^[9], 在 OLV 时应用 PEEP, 与不使用 PEEP 相比, PEEP 会明显增加 PaO₂, 而与使用 PEEP 相比, 在“高”和“低” PEEP 处理组之间没有观察到 PaO₂ 的显著差异; 李华忠等^[10] 也发现, 5 cmH₂O PEEP 在胸腔镜肺大泡切除术中能维持满意的 PaO₂ 和 PaCO₂, 但 10 cmH₂O PEEP 没有进一步提高 PaO₂。所以, PCV 与 PEEP 联合使用能更好地降低患儿发生缺氧的风险。

在血流动力学方面, MAP、SV、CO 两组比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。其一可能与应用 PEEP 有关, 影响程度可能超过机械通气模式之间的影响程度, 而 5 cmH₂O PEEP 对血流动力学影响较小^[11]; 其二可能与小儿心功能代偿占优方面有关, VCV 和 PCV 通气模式并不能影响小儿心功能, 也有文献支持即使在重度 ARDS 的儿童中, PEEP 增加到 4 cmH₂O 每搏量与心排血指数没有明显变化^[12]。但 OLV 时 SV、CO 小于双肺通气时, 而 MAP 无显著差异, 可能因为 PEEP 的作用, 虽然 PEEP 在一定程度上会影响机体循环功能, 但影响不明显, 且对氧合还有好处。

综上所述, VCV 和 PCV 联合应用 PEEP 相比 PCV 气道压更低, VT 和 Cdyn 更好, PaO₂ 更优, 是小儿 OLV 中的最佳模式。但本实验 VCV 和 PCV 的设定不精确, 存在偏倚风险, 且小儿肺隔离技术的局限性和难操作性, 使得 OLV 不完全, 增加了实验的误差。

【参考文献】

- [1] FABILA T S, MENGHRAJ S J. One lung ventilation strategies for infants and children undergoing video assisted thoracoscopic surgery [J]. Indian J Anaesth, 2013,57(4): 339-344.

- [2] CAMPOS J H, FEIDER A. Hypoxia during one-lung ventilation—a review and update [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018,32(5): 2330–2338.
- [3] 杨爱连. 小儿呼吸系统解剖生理特点与临床意义 [J]. *山西医药杂志* (下半月刊), 2009,38(1): 71–72.
- [4] 许厚仁, 马龙先. 机械通气致肺损伤的研究进展 [J]. *南昌大学学报* (医学版), 2010,50(7): 123–125.
- [5] BERLIN D. Hemodynamic consequences of auto-PEEP [J]. *J Intensive Care Med*, 2014,29(2): 81–86.
- [6] KIM K N, KIM D W, JEONG M A, et al. Comparison of pressure-controlled ventilation with volume-controlled ventilation during one-lung ventilation: a systematic review and meta-analysis [J/OL]. *BMC Anesthesiol*, 2016,16(1): 72. <https://doi.org/10.1186/s12871-016-0238-6>.
- [7] 王洪, 徐洪珍, 涂生芬. 两种单肺通气模式对小儿肺叶切除时呼吸生理的影响 [J]. *重庆医科大学学报*, 2006,31(2): 262–263,271.
- [8] LIN F, PAN L H, HUANG B, et al. Pressure-controlled versus volume-controlled ventilation during one-lung ventilation in elderly patients with poor pulmonary function [J]. *Ann Thorac Med*, 2014,9(4): 203–208.
- [9] PEEL J K, FUNK D J, SLINGER P, et al. Positive end-expiratory pressure and recruitment maneuvers during one-lung ventilation: a systematic review and meta-analysis [J/OL]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020,160(4): 1112–1122.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.02.077>.
- [10] 李华忠, 徐继海, 黄丽仪. 单肺通气不同水平呼气末正压对胸腔镜肺大疱切除术患者血气分析及血流动力学的影响 [J]. *中国医师进修杂志*, 2014,37(6): 18–21.
- [11] 周建美, 刘流, 陈启智. 单肺通气期间PEEP对血流动力学的影响 [J]. *临床麻醉学杂志*, 1999,15(1): 9–10.
- [12] VIRK M K, HOTZ J C, WONG W, et al. Minimal change in cardiac index with increasing PEEP in pediatric acute respiratory distress syndrome [J/OL]. *Front Pediatr*, 2019(7): 9. <https://doi.org/10.3389/fped.2019.00009>.

基金项目: 昆明市卫生健康委员会卫生科研课题项目(2022-04-11-001)。

(上接第42页)

而转诊至我科接受脑脊液检查。虽然他们的脑脊液 RPR 阴性, 但 11 例患者已经有神经系统受损的症状和体征, 而另 7 例无症状者均至少接受 1 个疗程以上正规抗梅毒治疗, 血清 RPR 滴度仍持续不转阴, 这 18 例患者脑脊液白细胞均增多、部分蛋白含量升高, 提示血-脑屏障破坏, 颅内存在炎性反应, 经检查未发现其他病因, 因此, 综合诊断为神经梅毒, 给予正规驱梅治疗。经治疗后, 症状性神经梅毒的临床症状均得到不同程度改善, 部分患者随访脑脊液白细胞及蛋白有所下降。

综上所述, 神经梅毒患者临床表现及影像学检查缺乏特异性表现。对于脑脊液 RPR 阴性梅毒患者, 如果存在神经系统受累症状和体征、常规治疗效果不佳, 尤其脑脊液白细胞、蛋白升高, 需要考虑神经梅毒, 尽早给予规范抗梅毒治疗, 避免病情进展恶化。

【参考文献】

- [1] 刘晖, 季孙平, 张尧, 等. 血浆快速反应素试验阴性神经梅毒患者的临床特点 [J]. *临床神经病学杂志*, 2018,31(1): 29–31.
- [2] 中国疾病预防控制中心性病控制中心, 中华医学会皮肤性病学分会性病学组, 中国医师协会皮肤科医师分会性病亚专业委员会. 梅毒、淋病和生殖道沙眼衣原体感染诊疗指南(2020年) [J]. *中华皮肤科杂志*, 2020,53(3): 168–179.
- [3] 孔维泽, 朱以诚. 神经梅毒诊断研究进展 [J]. *中国神经免疫学和神经病学杂志*, 2020,27(3): 227–230.
- [4] WORKOWSKI K A, BOLAN G A. Sexually transmitted diseases treatment guidelines, 2015 [J]. *MMWR Recomm Rep*, 2015,64(3): 1–137.
- [5] DRAGO F, MERLO G, CICCARESE G, et al. Changes in neurosyphilis presentation: a survey on 286 patients [J]. *J Eur Acad Dermatol Venereol*, 2016,30(11): 1886–1900.
- [6] 王千秋, 杜方智, 张栩, 等. 神经梅毒研究现状及防治策略探索 [J]. *中华皮肤科杂志*, 2021,54(11): 951–954.
- [7] 张艳梅, 李长彬, 郭玮. 不同方法对进展期梅毒诊疗价值的对比分析 [J]. *中国性科学*, 2018,27(3): 68–72.
- [8] JANIER M, HEGYI V, DUPIN N, et al. 2014 European guideline on the management of syphilis [J]. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 2014,28(12): 1581–1593.
- [9] 陈勇, 段毓姣, 杨思园, 等. 神经梅毒实验室诊断研究进展 [J]. *传染病信息*, 2016,29(1): 60–64.
- [10] ZHU L, GU X, PENG R R, et al. Comparison of the cerebrospinal fluid (CSF) toluidine red unheated serum test and the CSF rapid plasma reagin test with the CSF venereal disease research laboratory test for diagnosis of neurosyphilis among HIV-negative syphilis patients in China [J]. *J Clin Microbiol*, 2014,52(3): 736–740.

基金项目: 南通市科技局科研项目(MSZ2022044); 南通市卫健委科研项目(QNZ2022037)。