

DOI: 10.12235/E20240558

文章编号: 1007-1989 (2025) 04-0056-09

论著

## 压力控制-容量保证通气模式下驱动压导向肺保护性 通气策略对胸腹腔镜联合食管癌根治术 患者的肺保护作用

马玉<sup>1</sup>, 张林<sup>1</sup>, 常家琦<sup>1</sup>, 王丽君<sup>2</sup>, 卞清明<sup>2</sup>

[1. 南京医科大学, 江苏 南京 211166; 2. 南京医科大学附属肿瘤医院  
(江苏省肿瘤医院) 麻醉科, 江苏 南京 210009]

**摘要:** **目的** 探讨压力控制-容量保证通气 (PCV-VG) 模式联合驱动压 (PD) 导向肺保护性通气策略对行胸腹腔镜联合食管癌根治术患者的肺保护作用。**方法** 选取2023年5月—2024年3月于该院择期行胸腹腔镜联合食管癌根治术的患者70例, 采用随机数表法分为常规肺保护性通气策略组 (C组) 和PCV-VG模式下DP导向肺保护性通气策略组 (P组), 各35例。比较两组患者气管插管后5 min (T<sub>1</sub>)、气腹建立后30 min (T<sub>2</sub>)、单肺通气 (OLV) 前即刻 (T<sub>3</sub>)、OLV后30 min (T<sub>4</sub>)、OLV后60 min (T<sub>5</sub>) 和恢复双肺通气 (TLV) 后15 min (T<sub>6</sub>) 的气道峰压 (Ppeak)、平台压 (Pplat)、动态顺应性 (Cdyn) 和DP。记录两组患者麻醉诱导前 (T<sub>0</sub>)、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>和T<sub>6</sub>时点的血压 (BP)、心率 (HR)、动脉血氧分压 (PaO<sub>2</sub>)、动脉血二氧化碳分压 (PaCO<sub>2</sub>) 和pH值, 以及两组患者术后肺部并发症 (PPCs) 的发生情况。**结果** 与C组比较, P组T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>和T<sub>6</sub>时点的Ppeak明显降低, Cdyn明显升高, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。P组T<sub>1</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub>和T<sub>6</sub>时点的DP明显低于C组, T<sub>6</sub>时点的Pplat明显低于C组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); P组T<sub>4</sub>和T<sub>5</sub>时点的PaO<sub>2</sub>明显高于C组, T<sub>6</sub>时点的PaCO<sub>2</sub>明显高于C组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 两组患者T<sub>0</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>和T<sub>5</sub>时点的PaCO<sub>2</sub>比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。两组患者各时点pH值比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。P组在T<sub>4</sub>时点的收缩压 (SBP) 明显高于C组, T<sub>6</sub>时点的舒张压 (DBP) 明显低于C组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 两组患者T<sub>0</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>和T<sub>5</sub>时点SBP和DBP比较, 以及各时点HR比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。两组患者术后7 d内PPCs发生率比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。**结论** PCV-VG模式下DP导向肺保护性通气策略能够改善胸腹腔镜联合食管癌根治术患者术中的呼吸力学, 提高OLV期间的氧合, 且不会增加术后7 d内PPCs发生率。值得临床推广应用。

**关键词:** 驱动压; 呼气末正压 (PEEP); 压力控制-容量保证通气 (PCV-VG) 模式; 呼吸力学; 食管癌根治术

中图分类号: R735.1

## Lung protective effect of driving pressure-guided lung protective ventilation strategy under PCV-VG mode in patients undergoing thoracoscopic and laparoscopic radical esophagectomy

Ma Yu<sup>1</sup>, Zhang Lin<sup>1</sup>, Chang Jiaqi<sup>1</sup>, Wang Lijun<sup>2</sup>, Bian Qingming<sup>2</sup>

[1. Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu 211166, China; 2. Department of Anesthesiology, the Affiliated Cancer Hospital of Nanjing Medical University (Jiangsu Cancer Hospital), Nanjing, Jiangsu 210009, China]

收稿日期: 2024-09-18

[通信作者] 卞清明, E-mail: bqm2518@njmu.edu.cn; Tel: 13505153568

**Abstract: Objective** To explore the lung protective effect of pressure controlled ventilation-volume guaranteed (PCV-VG) combined with driving pressure (DP) guided lung protective ventilation strategy in patients undergoing thoracoscopic and laparoscopic radical esophagectomy. **Methods** 70 patients scheduled for elective thoracoscopic and laparoscopic radical esophagectomy were allocated into two groups using a random number table method: Conventional lung protective ventilation strategy group (group C) and DP guided lung protective ventilation strategy under PCV-VG mode group (group P), 35 case in each group. Peak airway pressure (Ppeak), plateau pressure (Pplat), dynamic compliance (Cdyn) and DP were compared between the two groups at 5 minutes after intubation (T<sub>1</sub>), 30 min after pneumoperitoneum established (T<sub>2</sub>), just prior to one lung ventilation (OLV) (T<sub>3</sub>), 30 min after OLV (T<sub>4</sub>), 60 min after OLV (T<sub>5</sub>) and 15 min from recovery of two lung ventilation (TLV) (T<sub>6</sub>). The blood pressure (BP), heart rate (HR), arterial partial pressure of oxygen (PaO<sub>2</sub>), partial pressure of carbon dioxide in arterial blood (PaCO<sub>2</sub>) and pH were recorded before anesthesia (T<sub>0</sub>), T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> and T<sub>6</sub> time points. The occurrence of postoperative pulmonary complications (PPCs) also recorded. **Results** Compared with group C, Ppeak in group P at T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> and T<sub>6</sub> time points was significantly decreased, and Cdyn was obviously increased, the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). At the T<sub>1</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> and T<sub>6</sub> time points, the DP was lower in group P compared to group C, and Pplat at T<sub>6</sub> time point was lower than that in group C, the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). At the time points of T<sub>4</sub> and T<sub>5</sub>, the PaO<sub>2</sub> in group P was higher than that in Group C, and the PaCO<sub>2</sub> at T<sub>6</sub> time point was also higher than that in group C, the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). The comparison of PaCO<sub>2</sub> at T<sub>0</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> and T<sub>5</sub> time points of the two groups, the difference was not statistically significant ( $P > 0.05$ ). Comparison of pH between the two groups, the difference was not statistically significant at all time points ( $P > 0.05$ ). The systolic blood pressure (SBP) of group P was higher than that of group C at the T<sub>4</sub> time point, and the diastolic blood pressure (DBP) was lower than that of group C at T<sub>6</sub> time point, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ); There were no significant differences in SBP and DBP at T<sub>0</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> and T<sub>5</sub> time points, and HR at each time point between the two groups ( $P > 0.05$ ). There was no statistically significant difference in the occurrence of PPCs within 7 d after operation between the two groups ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** DP guided lung protective ventilation strategy under PCV-VG mode can improve intraoperative respiratory mechanics, and increase oxygenation during OLV in patients undergoing thoracoscopic and laparoscopic radical esophagectomy, but it does not significantly affect the incidence of PPCs within 7 d after operation. It is worthy clinical significant.

**Keywords:** driving pressure; positive end-expiratory pressure (PEEP); pressure controlled ventilation-volume guaranteed (PCV-VG) mode; respiratory mechanics; radical esophagectomy

食管癌是我国常见的恶性肿瘤之一,也是导致患者死亡的主要原因之一<sup>[1]</sup>。外科手术是治疗食管癌的主要方法。随着内镜技术的不断发展,胸腹腔镜联合食管癌根治术已逐渐超越常规开放手术,有利于减少术后并发症的发生,还可缩短住院时间<sup>[2-3]</sup>。但该类手术中需行二氧化碳气腹和单肺通气(one lung ventilation, OLV),可能增加术后肺部并发症(postoperative pulmonary complications, PPCs)的发生风险。胸外科腹腔镜手术中,常推荐使用肺保护性通气策略<sup>[4]</sup>,以期改善呼吸力学,提高氧合,减轻肺损伤,降低PPCs的发生率。但有研究<sup>[5-6]</sup>表明,尽管在术中采用了肺保护性通气策略,PPCs的总发生率仍

然偏高,这可能与各组成部分[通气模式选择、呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)值确定、肺复张方法和时机]未能达到理想的组合与优化,不足以产生临床意义的肺保护效应有关。压力控制-容量保证通气(pressure controlled ventilation-volume guaranteed, PCV-VG)模式不仅可提供较低的气道峰压(peak airway pressure, Ppeak)和更好的肺顺应性,并且能够保证足够的目标潮气量(tidal volume, VT),已广泛应用于临床<sup>[7]</sup>。但近期研究<sup>[8-9]</sup>报道指出,PCV-VG在肺切除手术和心脏手术中均未发现其较容积控制通气(volume controlled ventilation, VCV)和压力控制通气更具降低PPCs风险的优势。

驱动压 (driving pressure, DP) 是 VT 与肺静态顺应性的比值, 是与机械通气患者不良结局唯一独立相关的通气参数。有单中心研究<sup>[10-11]</sup>提示, 围手术期低 DP 可减少 PPCs。但近期一项多中心大样本量研究<sup>[12]</sup>结果显示, DP 导向的肺保护性通气策略, 并不能减少肺切除手术患者的 PPCs。由此可见, 肺保护性通气策略中各组成部分单独优化, 并未显示出足够的临床肺保护效果, 而进行组合优化可能会产生更好的肺保护效应。因此, 本研究在 PCV-VG 模式下, 将 DP 导向 PEEP 个体化滴定用于行胸腹腔镜联合食管癌根治术的患者中, 旨在探讨优化肺保护性通气策略对于术中呼吸力学、氧合和 PPCs 的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选择 2023 年 5 月—2024 年 3 月在江苏省肿瘤医院行胸腹腔镜联合食管癌根治术 (Ivor-Lewis 术式) 的患者 70 例。采用随机数表法将患者分为两组: 常规肺保护性通气策略组 (C 组) 和 PCV-VG 模式下 DP 导向肺保护性通气策略组 (P 组), 每组 35 例。P 组 1 例因 OLV 时间短于 60 min, 1 例因发生低氧血症而退出研究; C 组患者 1 例因中转为开放手术, 2 例因发生低氧血症而退出研究。最终本研究共纳入 65 例患者。两组患者一般资料比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 具有可比性。见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between the two groups

组别	年龄/岁	性别(男/女)/例	BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	ASA 分级(Ⅱ级/Ⅲ级)/例
P 组 (n = 33)	66.48±4.79	27/6	23.04±2.36	15/18
C 组 (n = 32)	65.34±5.80	25/7	23.25±3.67	15/17
$\chi^2/t$ 值	0.87 <sup>†</sup>	0.14	-0.28 <sup>†</sup>	0.01
P 值	0.390	0.710	0.778	0.909

注: †为  $t$  值; BMI 为体重指数 (body mass index); ASA 分级为美国麻醉医师协会 (American Society of Anesthesiologists) 分级。

纳入标准: 年龄 45~75 岁; 性别不限; ASA 分级为Ⅱ级或Ⅲ级; BMI 为 18.5~28.0 kg/m<sup>2</sup>。排除标准: 有肺部手术史; 术前两周内有急性呼吸道感染; 合并严重肺疾病, 如: 严重慢性阻塞性肺疾病、哮喘、肺炎和支气管扩张等; 有应用 PEEP 的禁忌证, 如: 颅内高压、休克、心力衰竭和肺大疱; 有严重心、肝、肾、免疫和内分泌等系统性疾病者; 拒绝参与本研究。本研究已获江苏省肿瘤医院医学伦理委员会批准, 伦理批件号: 2021 科-002。

### 1.2 麻醉方法

患者在进入手术室后, 连接多功能监护仪监测生命体征, 并连接 Sedline 脑功能监护仪监测麻醉深度, 经桡动脉穿刺置管行血气分析, 并持续监测有创动脉血压。

**1.2.1 麻醉诱导** 采用依次静脉注射咪达唑仑 0.04 mg/kg、丙泊酚 1.00~1.50 mg/kg、舒芬太尼 0.3~0.5  $\mu$ g/kg 和罗库溴铵 0.6 mg/kg 行麻醉诱导, 随后插入相应型号气管导管并连接麻醉机, 行机械通气。当腹腔镜部分操作完成后, 经气管导管置入支气管封堵

器, 纤维支气管镜定位后, 改为侧卧位, 再次确定封堵器位置。

**1.2.2 机械通气** C 组选择 VCV 模式, PEEP 固定在 5 cmH<sub>2</sub>O; P 组选择 PCV-VG 模式, 接受 DP 导向 PEEP 个体化设置。

**1.2.3 呼吸参数** 两组患者双肺通气 (two lung ventilation, TLV) 和 OLV 期间, VT 分别为 8 和 6 mL/kg (预测体重), 吸入氧浓度 (fraction of inspired oxygen, FiO<sub>2</sub>) 为 60.0%, 吸呼比为 1:2, 呼吸频率为 12~20 次/min, 维持呼气末二氧化碳分压 (end-tidal carbon dioxide partial pressure, PetCO<sub>2</sub>)  $\leq$  55 mmHg。

**1.2.4 麻醉维持** 术中持续输注丙泊酚、瑞芬太尼和罗库溴铵, 以维持麻醉和肌松, 保持患者状态指数在 25~50。

**1.2.5 术后处理** 术后常规给予舒更葡糖钠, 拮抗罗库溴铵的肌松作用。手术结束前 15 min, 经静脉注射舒芬太尼 0.1  $\mu$ g/kg 作为负荷量, 术后所有患者均采用相同镇痛方案 (舒芬太尼 2.0  $\mu$ g/kg + 昂丹司琼 8 mg, 加入生理盐水至 100 mL), 行患者自控静脉镇

痛。当静息数字分级评分法 (numerical rating scale, NRS) 评分  $\geq 4$  分时, 患者可首先通过按压自控静脉镇痛泵, 进行镇痛, 若按压后, NRS 评分仍  $\geq 4$  分, 则静脉注射氟比洛芬酯 50 mg, 进行补救镇痛。

**1.2.6 DP 导向 PEEP 个体化设置** 于插管后 5 min ( $T_1$ )、OLV 开始时和恢复 TLV 时, 分别先进行手法肺复张 (TLV 时保持吸气压力为 30 cmH<sub>2</sub>O, OLV 时保持吸气压力为 20 cmH<sub>2</sub>O, 持续 20~30 s), 随后进行 DP 导向的 PEEP 个体化设置。将 PEEP 从 10 cmH<sub>2</sub>O 递减至 3 cmH<sub>2</sub>O, 各 PEEP 水平 (10、9、8、7、6、5、4、3 和 0 cmH<sub>2</sub>O) 均保持 10 个呼吸周期, 并于每个 PEEP 水平记录最后一个周期的 DP, 选择最低 DP 相对应的 PEEP 水平<sup>[12]</sup>。

### 1.3 观察指标

**1.3.1 手术相关指标** 包括: 麻醉时间、手术时间、OLV 时间、输血量、尿量、术中出血量、瑞芬太尼用量、舒芬太尼用量、丙泊酚总用量和罗库溴铵用量。

**1.3.2 呼吸力学指标** 记录两组患者  $T_1$ 、气腹建立后 30 min ( $T_2$ )、OLV 前即刻 ( $T_3$ )、OLV 后 30 min ( $T_4$ )、OLV 后 60 min ( $T_5$ ) 和恢复 TLV 后 15 min ( $T_6$ ) 的 Ppeak、平台压 (plateau pressure, Pplat)、动态顺应性 (dynamic compliance, Cdyn) 和 DP。

**1.3.3 血气分析指标** 记录麻醉诱导前 ( $T_0$ )、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  和  $T_6$  时点动脉血氧分压 (arterial partial pressure of oxygen, PaO<sub>2</sub>)、动脉血二氧化碳分压 (partial pressure of carbon dioxide in arterial blood, PaCO<sub>2</sub>) 和 pH 值。

**1.3.4 血流动力学指标** 记录  $T_0$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  和  $T_6$  时点血压 (blood pressure, BP) 和心率 (heart rate, HR)。

**1.3.5 PPCs** 采用墨尔本量表<sup>[13]</sup>, 记录患者术后 7 d 内的 PPCs。

### 1.4 统计学方法

选用 SPSS 26.0 统计学软件分析数据。符合正态分布的计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 组间比较采用独立样本 *t* 检验, 不符合正态分布的计量资

料以中位数 (四分位数) [ $M (P_{25}, P_{75})$ ] 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验; 计数资料以例 (%) 表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者手术相关指标比较

两组患者麻醉时间、手术时间、OLV 时间、输血量、尿量、术中出血量、瑞芬太尼用量、舒芬太尼用量、丙泊酚总用量和罗库溴铵用量比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

### 2.2 两组患者不同时点呼吸力学指标比较

P 组  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  和  $T_6$  时点 Ppeak 明显低于 C 组, Cdyn 明显高于 C 组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 与 C 组比较, P 组  $T_1$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  和  $T_6$  时点 DP 明显降低,  $T_6$  时点 Pplat 明显降低, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

### 2.3 两组患者不同时点血气分析指标比较

P 组于 OLV 期间 ( $T_4$  和  $T_5$  时点) PaO<sub>2</sub> 明显高于 C 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ );  $T_6$  时点, P 组 PaCO<sub>2</sub> 明显高于 C 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 两组患者  $T_0$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  和  $T_5$  时点 PaCO<sub>2</sub> 比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 两组患者各时点 pH 值比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 4。

### 2.4 两组患者不同时点血流动力学指标比较

P 组  $T_4$  时点收缩压 (systolic blood pressure, SBP) 明显高于 C 组, P 组  $T_6$  时点舒张压 (diastolic blood pressure, DBP) 明显低于 C 组, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 两组患者  $T_0$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  和  $T_5$  时点 SBP 和 DBP 比较, 以及各时点 HR 比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 5。

### 2.5 两组患者并发症比较

P 组术后 7 d 内 PPCs 发生率为 21.2% (7/33), 与 C 组的 40.6% (13/32) 比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 2 两组患者手术相关指标比较

Table 2 Comparison of operation related indicators between the two groups

组别	麻醉时间/min	手术时间/min	OLV 时间/min	输液量/mL	术中出血量/mL	尿量/mL
P 组 (n = 33)	275.12±43.17	249.06±43.42	134.94±30.89	2 469.70±483.14	100(100, 120)	400(275, 575)
C 组 (n = 32)	291.78±55.11	269.72±54.25	142.50±36.55	2 531.25±474.12	100(100, 115)	400(200, 575)
t/Z 值	-1.36 <sup>†</sup>	-1.70 <sup>†</sup>	-0.90 <sup>†</sup>	-0.52 <sup>†</sup>	-0.22	-0.42
P 值	0.179	0.095	0.371	0.606	0.824	0.677

  

组别	丙泊酚总用量/mg	瑞芬太尼用量/mg	舒芬太尼用量/μg	罗库溴铵用量/mg
P 组 (n = 33)	972.73±186.04	2.49±0.54	51.21±6.49	274.39±53.67
C 组 (n = 32)	997.19±154.29	2.35±0.47	49.22±5.69	267.03±55.71
t/Z 值	-0.58 <sup>†</sup>	1.03 <sup>†</sup>	1.31 <sup>†</sup>	0.54 <sup>†</sup>
P 值	0.567	0.305	0.194	0.589

注: †为 t 值。

表 3 两组患者不同时点呼吸力学指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Comparison of respiratory mechanics indexes between the two groups at different time points ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
Ppeak/cmH <sub>2</sub> O						
P 组 (n = 33)	14.24±3.20	20.67±3.19	17.36±2.81	21.42±2.04	21.64±1.78	14.58±1.98
C 组 (n = 32)	15.81±2.13	22.75±2.43	18.56±2.85	23.38±3.26	23.00±2.81	18.25±2.67
t 值	-2.33	-2.95	-1.71	-2.90	-2.32	-6.30
P 值	0.023	0.004	0.093	0.005	0.024	0.000
Pplat/cmH <sub>2</sub> O						
P 组 (n = 33)	13.64±3.18	20.48±3.13	16.63±2.99	21.15±1.94	21.24±1.67	13.63±2.03
C 组 (n = 32)	14.81±2.10	21.63±2.51	17.44±2.91	22.19±3.25	21.97±2.79	16.86±2.85
t 值	-1.75	-1.62	-1.10	-1.57	-1.28	-5.03
P 值	0.084	0.111	0.275	0.122	0.206	0.000
DP/cmH <sub>2</sub> O						
P 组 (n = 33)	8.54±2.41	16.06±2.59	12.28±3.01	15.39±2.43	15.55±2.35	9.87±2.05
C 组 (n = 32)	9.75±2.06	16.59±2.53	12.47±2.96	17.22±3.29	17.00±2.79	11.86±2.85
t 值	-2.35	-0.84	-0.25	-2.54	-2.28	-3.10
P 值	0.022	0.403	0.802	0.013	0.026	0.003
Cdyn/(mL/cmH <sub>2</sub> O)						
P 组 (n = 33)	71.55±15.24	38.55±7.63	55.12±12.53	33.67±6.90	32.88±6.63	63.33±15.60
C 组 (n = 32)	63.09±13.83	34.88±6.77	52.88±13.05	28.56±7.96	28.88±5.74	48.34±12.56
t 值	2.34	2.05	0.71	2.76	2.60	4.26
P 值	0.022	0.045	0.482	0.007	0.012	0.000

表4 两组患者不同时点血气分析指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 4 Comparison of blood gas analysis indicators between the two groups at different time points ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	T <sub>0</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
PaO <sub>2</sub> /mmHg						
P组(n=33)	86.12±9.31	261.58±49.24	248.85±48.43	89.15±18.01	83.88±18.03	243.36±56.94
C组(n=32)	85.59±10.11	247.69±48.83	251.94±62.60	77.94±16.61	75.34±13.35	226.75±54.51
t值	0.22	1.14	0.22	2.61	2.16	1.20
P值	0.827	0.258	0.824	0.011	0.034	0.234
PaCO <sub>2</sub> /mmHg						
P组(n=33)	37.35±3.56	46.51±5.67	47.30±4.96	51.03±4.91	49.48±4.73	46.70±5.42
C组(n=32)	36.64±4.13	45.94±4.64	46.63±4.40	49.91±4.58	48.41±5.34	44.00±4.96
t值	0.74	0.45	0.58	0.95	0.86	2.09
P值	0.460	0.655	0.566	0.344	0.392	0.041
pH值						
P组(n=33)	7.43±0.03	7.36±0.05	7.35±0.04	7.33±0.04	7.33±0.04	7.34±0.04
C组(n=32)	7.42±0.03	7.35±0.05	7.34±0.04	7.32±0.05	7.32±0.06	7.36±0.06
t值	0.43	0.03	0.43	0.25	0.31	-1.05
P值	0.668	0.979	0.667	0.805	0.760	0.300

表5 两组患者不同时点血流动力学指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 5 Comparison of hemodynamic indicators between the two groups at different time points ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	T <sub>0</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
SBP/mmHg						
P组(n=33)	157.18±21.27	144.79±24.62	137.09±20.65	130.64±17.63	128.12±18.73	134.91±19.12
C组(n=32)	162.13±21.05	138.72±23.80	130.19±19.10	121.50±16.99	126.59±19.17	136.50±20.04
t值	-0.94	1.01	1.40	2.13	0.33	-0.33
P值	0.350	0.316	0.167	0.037	0.746	0.744
DBP/mmHg						
P组(n=33)	73.30±10.51	73.58±10.31	69.09±10.77	70.06±8.50	70.64±8.67	70.09±11.17
C组(n=32)	77.94±12.07	72.75±11.04	68.38±12.83	68.34±10.10	70.84±8.62	75.59±10.65
t值	-1.65	0.31	0.24	0.74	-0.10	-2.03
P值	0.103	0.756	0.808	0.461	0.923	0.046
HR/(次/min)						
P组(n=33)	72.42±11.50	73.48±12.33	70.15±11.09	77.55±10.35	71.88±9.89	70.18±14.04
C组(n=32)	74.72±12.72	75.84±11.11	72.00±12.70	77.91±10.73	73.66±9.08	67.38±8.86
t值	-0.76	-0.81	-0.63	-0.14	-0.75	0.96
P值	0.448	0.421	0.534	0.891	0.454	0.340

### 3 讨论

#### 3.1 围手术期肺保护性通气策略的应用价值

与传统开放手术相比,胸腹腔镜联合食管癌根治手术具有创伤小、出血少和术后并发症总发生率低等优势<sup>[14]</sup>。但由于该类患者术前营养状况差,可能经历了新辅助放化疗,存在心、肺疾病,加之术中二氧化碳气腹和 OLV,导致 PPCs 的发生率高达 13.0%~38.0%<sup>[15]</sup>。随着术后加速康复理念在食管癌手术中的推广应用,围手术期机械通气期间低 VT 联合 5 cmH<sub>2</sub>O PEEP 的肺保护性通气策略被推荐应用,其有利于促进早期拔管,并能减少 PPCs<sup>[16]</sup>。本研究中,尽管在胸腹腔镜联合食管癌根治术中实施了低 VT 联合 5 cmH<sub>2</sub>O PEEP 的肺保护性通气策略,PPCs 的发生率仍高达 40.6%,这提示:围手术期肺保护性通气策略仍需优化。

#### 3.2 PCV-VG 模式的优势

机械通气期间,在呼气末期给予适当水平的 PEEP,能够预防肺泡萎陷,增加功能残气量,有助于气体交换,并能提高氧合。由于不同个体间存在异质性,以及手术类型不同对呼吸功能影响程度不一,固定 PEEP 值设定并不适合所有人群。围手术期采用 PEEP 个体化滴定已逐渐被关注。目前,临床通常依据肺 C<sub>dyn</sub>、DP、电阻抗断层成像和跨肺压等进行个体化 PEEP 设置,但各有优缺点,尚无统一定论。既往研究<sup>[11, 13]</sup>发现,在腹部手术中应用 DP 导向个体化 PEEP,可以有效地减轻术后肺不张的严重程度,并提高氧合,还能降低术后 3 d PPCs 的发生率。DP 导向肺保护性通气策略在各类手术中的应用日趋广泛。但 PARK 等<sup>[12]</sup>近期的一项多中心大样本量研究发现,应用该通气策略并不能降低肺切除术患者术后 7 d 内 PPCs 的发生率, YU 等<sup>[17]</sup>的研究也有类似发现。笔者推测:对于不同病种和手术类型,围手术期采用单一的 DP 导向个体化 PEEP 设置,并不能产生足够的临床肺保护效应,联合应用其他肺保护通气手段和措施,可能会增加肺保护效果。KIM 等<sup>[18]</sup>研究表明:PCV-VG 模式在改善氧合、呼吸力学和肺部超声评分等方面均优于常规 VCV 模式。还有研究<sup>[19-20]</sup>发现,在妇科腹腔镜和胸腔镜手术中采用 PCV-VG 模式,有利于降低 P<sub>peak</sub> 和 DP。但近期有研究<sup>[8-9]</sup>表明,围手术期

单独应用 PCV-VG 模式,并未减少 PPCs 的发生。因此,本研究在胸腹腔镜联合食管癌根治术中,采用 DP 导向的个体化 PEEP 滴定,通气时采用最低 DP 水平下的 PEEP,联合 PCV-VG 模式,进一步降低了 P<sub>peak</sub> 和 DP,改善了氧合和 C<sub>dyn</sub>。本研究通过对传统肺保护性通气策略进行优化和组合,不会增加 PPCs 的发生率。

#### 3.3 二氧化碳气腹和 OLV 对呼吸力学的影响

既往研究<sup>[5, 21]</sup>发现,二氧化碳气腹和 OLV 可升高患者的 P<sub>peak</sub>,降低肺顺应性。本研究发现,P 组 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub> 和 T<sub>6</sub> 等时点 P<sub>peak</sub> 明显低于 C 组,C<sub>dyn</sub> 明显高于 C 组 ( $P < 0.05$ )。本研究还发现,T<sub>1</sub>、T<sub>4</sub>、T<sub>5</sub> 和 T<sub>6</sub> 时点,P 组 DP 明显低于 C 组 ( $P < 0.05$ ),但两组患者 T<sub>2</sub> 和 T<sub>3</sub> 时点 DP 无明显差异 ( $P > 0.05$ ),考虑原因为:人工气腹增加腹内压,导致膈肌上移、胸内压增高和呼吸力学改变,从而 P<sub>peak</sub> 和 P<sub>plat</sub> 逐渐升高,DP 也随之升高。在本研究中,两组患者 FiO<sub>2</sub> 为 0.6 时,P 组和 C 组分别有 1 和 2 例患者因 OLV 期间发生严重低氧血症而退出研究。此外,P 组 T<sub>4</sub> 和 T<sub>5</sub> 时点 PaO<sub>2</sub> 明显高于 C 组 ( $P < 0.05$ ),这说明:优化肺保护性通气策略,确实可改善 OLV 期间的氧合,这与之前的研究<sup>[22]</sup>结果一致。

#### 3.4 二氧化碳气腹和 OLV 对 PPCs 的影响

本研究的结果发现,P 组和 C 组术后 7 d 内 PPCs 的发生率分别为 21.2% (7 例) 和 40.6% (13 例),尽管 P 组显示出更低的 PPCs 发生率,但两组间差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ),分析原因为:本研究样本量较小,对两组 PPCs 发生率的检验效能不足;且由于两组患者人工气腹和 OLV 期间,平均 DP 水平均达 15 cmH<sub>2</sub>O 以上,使得该策略减少 PPCs 的效果不明显。

#### 3.5 PCV-VG 模式联合 DP 导向优化肺保护性通气策略对血流动力学的影响

本研究中,观察了不同时点 BP 和 HR 的变化,发现:除 T<sub>4</sub> 时点 P 组 SBP 高于 C 组,T<sub>6</sub> 时点 P 组 DBP 低于 C 组之外,其余时点两组间差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。这表明:在胸腹腔镜联合食管癌根治术中应用 PCV-VG 模式联合 DP 导向优化肺保护性通气策略,能稳定患者的血流动力学。

### 3.6 本研究的局限性

1) 本研究为单中心研究,选择的样本量偏小,未来需要多中心、大样本的研究,进一步验证优化肺保护性通气策略对PPCs的影响;2) 本研究并未测量患者的内源性PEEP,这可能会影响DP实际值的判断;3) 本研究只选择了胸腹腔镜联合食管癌根治术(Ivor-Lewis),并未选择其他食管癌根治术式,影响了试验结果的普适性。

综上所述,在胸腹腔镜联合食管癌根治术中,应用PCV-VG模式下DP导向肺保护性通气策略,可提高患者术中的C<sub>dyn</sub>,降低P<sub>peak</sub>和DP,并且能改善OLV期间的氧合,且不会增加术后7d内PPCs的发生率。值得临床推广应用。

#### 参 考 文 献 :

- [1] 郑荣寿,陈茹,韩冰峰,等. 2022年中国恶性肿瘤流行情况分析[J]. 中华肿瘤杂志, 2024, 46(3): 221-231.
- [1] ZHENG R S, CHEN R, HAN B F, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022[J]. Chinese Journal of Oncology, 2024, 46(3): 221-231. Chinese
- [2] DYAS A R, STUART C M, BRONSERT M R, et al. Minimally invasive surgery is associated with decreased postoperative complications after esophagectomy[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2023, 166(1): 268-278.
- [3] GRAY K D, MOLENA D. Minimally invasive ivor lewis esophagectomy[J]. Surg Oncol Clin N Am, 2024, 33(3): 529-538.
- [4] 中华医学会麻醉学分会"围术期肺保护性通气策略临床应用专家共识"工作小组. 围术期肺保护性通气策略临床应用专家共识[J]. 中华麻醉学杂志, 2020, 40(5): 513-519.
- [4] Chinese Society of Anesthesiology Task Force on Clinical Application of Perioperative Lung-Protective Ventilation Strategies. Expert consensus on clinical application of perioperative lung-protective ventilation strategies[J]. Chinese Journal of Anesthesiology, 2020, 40(5): 513-519. Chinese
- [5] BLANK R S, COLQUHOUN D A, DURIEUX M E, et al. Management of one-lung ventilation: impact of tidal volume on complications after thoracic surgery[J]. Anesthesiology, 2016, 124(6): 1286-1295.
- [6] COLQUHOUN D A, LEIS A M, SHANKS A M, et al. A lower tidal volume regimen during one-lung ventilation for lung resection surgery is not associated with reduced postoperative pulmonary complications[J]. Anesthesiology, 2021, 134(4): 562-576.
- [7] LEE J M, LEE S K, RHIM C C, et al. Comparison of volume-controlled, pressure-controlled, and pressure-controlled volume-guaranteed ventilation during robot-assisted laparoscopic gynecologic surgery in the trendelenburg position[J]. Int J Med Sci, 2020, 17(17): 2728-2734.
- [8] LI X F, JIN L, YANG J M, et al. Effect of ventilation mode on postoperative pulmonary complications following lung resection surgery: a randomised controlled trial[J]. Anaesthesia, 2022, 77(11): 1219-1227.
- [9] LI X F, MAO W J, JIANG R J, et al. Effect of mechanical ventilation mode type on postoperative pulmonary complications after cardiac surgery: a randomized controlled trial[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2024, 38(2): 437-444.
- [10] NETO A S, HEMMES S N T, BARBAS C S V, et al. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a Meta-analysis of individual patient data[J]. Lancet Respir Med, 2016, 4(4): 272-280.
- [11] ZHANG C M, XU F Y, LI W W, et al. Driving pressure - guided individualized positive end-expiratory pressure in abdominal surgery: a randomized controlled trial[J]. Anesth Analg, 2021, 133(5): 1197-1205.
- [12] PARK M, YOON S, NAM J S, et al. Driving pressure-guided ventilation and postoperative pulmonary complications in thoracic surgery: a multicentre randomised clinical trial[J]. Br J Anaesth, 2023, 130(1): e106-e118.
- [13] PARK M, AHN H J, KIM J A, et al. Driving pressure during thoracic surgery: a randomized clinical trial[J]. Anesthesiology, 2019, 130(3): 385-393.
- [14] MEDEROS M A, DE VIRGILIO M J, SHENOY R, et al. Comparison of clinical outcomes of robot-assisted, video-assisted, and open esophagectomy for esophageal cancer: a systematic review and Meta-analysis[J]. JAMA Netw Open, 2021, 4(11): e2129228.
- [15] CHO W K, OH D, KIM H K, et al. Dosimetric predictors for postoperative pulmonary complications in esophageal cancer following neoadjuvant chemoradiotherapy and surgery[J]. Radiother Oncol, 2019, 133: 87-92.
- [16] 中华医学会麻醉学分会麻醉与肿瘤学组, 中国抗癌协会肿瘤麻醉与镇痛专业委员会. 食管癌手术加速康复策略麻醉专家共识[J]. 中华医学杂志, 2024, 104(3): 171-179.
- [16] Oncology and Anesthesiology Group of Chinese Society of Anesthesiology, The Society of Oncological Anesthesia and Analgesia, Chinese Anti-Cancer Association. Expert consensus on anesthesia in enhanced recovery after surgery for esophageal cancer

- surgery[J]. National Medical Journal of China, 2024, 104(3): 171-179. Chinese
- [17] YU J J, WU Z J, AN R, et al. Association between driving pressure and postoperative pulmonary complications in patients undergoing lung resection surgery: a randomised clinical trial[J]. Anaesth Crit Care Pain Med, 2023, 42(1): 101160.
- [18] KIM Y S, WON Y J, LEE D K, et al. Lung ultrasound score-based perioperative assessment of pressure-controlled ventilation-volume guaranteed or volume-controlled ventilation in geriatrics: a prospective randomized controlled trial[J]. Clin Interv Aging, 2019, 14: 1319-1329.
- [19] TOKER M K, ALTIPARMAK B, UYSAL A İ, et al. Comparison of pressure-controlled volume-guaranteed ventilation and volume-controlled ventilation in obese patients during gynecologic laparoscopic surgery in the trendelenburg position[J]. Braz J Anesthesiol, 2019, 69(6): 553-560.
- [20] 张建友, 郭宁, 杨大威, 等. 压力控制容量保证通气对胸腔镜肺叶切除术患者围术期肺功能的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2024, 40(8): 820-824.
- [20] ZHANG J Y, GUO N, YANG D W, et al. Effect of pressure-controlled volume-guaranteed ventilation on perioperative pulmonary function in patients undergoing thoracoscopic lobectomy[J]. Journal of Clinical Anesthesiology, 2024, 40(8): 820-824. Chinese
- [21] 胡浩翔, 叶茜琳, 涂泽华, 等. 七氟烷联合肺保护性通气策略对行腹腔镜减重手术的肥胖患者肺通气功能和肺顺应性的影响[J]. 中国内镜杂志, 2024, 30(5): 16-22.
- [21] HU H X, YE Q L, TU Z H, et al. Impacts of sevoflurane combined with lung protective ventilation strategy on pulmonary ventilation function and lung compliance in obese patients undergoing laparoscopic weight loss surgery[J]. China Journal of Endoscopy, 2024, 30(5): 16-22. Chinese
- [22] LI J L, MA S X, CHANG X J, et al. Effect of pressure-controlled ventilation-volume guaranteed mode combined with individualized positive end-expiratory pressure on respiratory mechanics, oxygenation and lung injury in patients undergoing laparoscopic surgery in trendelenburg position[J]. J Clin Monit Comput, 2022, 36(4): 1155-1164.

(彭薇 编辑)

#### 本文引用格式:

马玉, 张林, 常家琦, 等. 压力控制-容量保证通气模式下驱动压导向肺保护性通气策略对胸腹腔镜联合食管癌根治术患者的肺保护作用[J]. 中国内镜杂志, 2025, 31(4): 56-64.

MA Y, ZHANG L, CHANG J Q, et al. Lung protective effect of driving pressure-guided lung protective ventilation strategy under PCV-VG mode in patients undergoing thoracoscopic and laparoscopic radical esophagectomy[J]. China Journal of Endoscopy, 2025, 31(4): 56-64. Chinese