

反比通气对病态肥胖患者腹腔镜袖状胃减容术呼吸力学和术后肺部并发症的影响

朱丽萍 王 凡 张传武 唐 旺 王光磊

摘 要 **目的** 研究反比通气对病态肥胖患者腹腔镜袖状胃减容术呼吸力学和肺部并发症 (postoperative pulmonary complications, PPCs) 的影响。**方法** 选择 62 例病态肥胖计划行袖状胃减容术的患者, 患者年龄 18 ~ 65 岁, BMI $\geq 35\text{kg/m}^2$ 且合并糖尿病、高血压、高脂血症等代谢性疾病或 BMI $\geq 40\text{kg/m}^2$, ASA 分级 II ~ III 级, 随机分为对照组 (PVG 组) 和反比组 (IRV 组), 两组均采用压力控制容量保证通气模式 (PCV - VG), 调节通气压力以维持潮气量 (tidal volume, VT) 7 ~ 8ml/kg, 呼吸频率 (respiratory rate, RR) 12 次/分钟。其中反比组吸呼比 (I:E) 设置为 2:1, 对照组 I:E 为 1:2, 记录气管插管后 5min (T_1)、气腹后 15min (T_2)、30min (T_3)、60min (T_4)、手术结束 (T_5) 时的呼吸力学指标包括动态肺顺应性 (dynamic lung compliance, C_{dyn})、气道峰压 (peak airway pressure, P_{peak})、平台压 (plateau pressure, P_{plat}) 和平均气道压 (mean airway pressure, P_{mean}) 等, 抽取麻醉前 (T_0)、 T_1 ~ T_5 动脉血进行血气分析, 计算无效腔率 (dead space fraction, VD/VT), 记录术中血流动力学参数、术后第 1、2 天肺部并发症的发生情况以及 7 天内累积发生率。**结果** 与对照组比较, 反比组 T_1 ~ T_5 的 C_{dyn}、P_{mean}、呼气末正压 (positive end expiratory pressure, PEEP)、氧分压 (PaO₂) 明显升高 ($P > 0.05$); T_2 ~ T_5 的 P_{peak}、P_{plat}、 T_3 ~ T_5 的 VD/VT 明显降低 ($P < 0.05$)。两组术后均发生肺部并发症, 且为 1 级并发症, 但差异无统计学意义。**结论** 在接受腹腔镜袖状胃减容术的病态肥胖患者中, 反比通气有效改善了呼吸力学和氧合。

关键词 反比通气 病态肥胖 呼吸力学 袖状胃减容术 肺部并发症

中图分类号 R164.2 **文献标识码** A **DOI** 10.11969/j.issn.1673-548X.2024.01.033

Effect of Inverse Ratio Ventilation on Respiratory Mechanics and Postoperative Pulmonary Complications in Morbidly Obese Patients Undergoing Laparoscopic Sleeve Gastrectomy. ZHU Liping, WANG Fan, ZHANG Chuanwu, et al. Department of Anesthesiology, The Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Jiangsu 221000, China

Abstract **Objective** To observe the effects of inverse ratio ventilation on respiratory mechanics and postoperative pulmonary complications in morbidly obese patients during laparoscopic sleeve gastrectomy. **Methods** A total of 62 morbidly obese patients for a laparoscopic sleeve gastrectomy were scheduled (18 - 65 years old, BMI $\geq 35\text{kg/m}^2$ in combination with diabetes, hypertension, hyperlipemia, and other metabolic diseases, or BMI $\geq 40\text{kg/m}^2$, ASA II or III). Patients were randomly assigned to two groups: inverse ratio ventilation group (IRV) and control group (PVG). Two groups were adjusted with an actual tidal volume (VT) of 7 - 8ml/kg, and respiratory rates of 12 breaths/min. In the IRV group, the ratio of I:E was 2:1; in the control group, the ratio of I:E was 1:2. We recorded the indexes of respiratory mechanics and the blood gas at the baseline (T_0), 5min after anesthesia (T_1), 15min after pneumoperitoneum (T_2), 30min after pneumoperitoneum (T_3), 60min after pneumoperitoneum (T_4) and the end of surgery (T_5), and the occurrence of pulmonary complications on day 1, day 2 after operation was observed, and the cumulative incidence of PPCs at 7 days was counted. **Results** Compared to the control group, the dynamic lung compliance (C_{dyn}), mean airway pressure (P_{mean}), positive end expiratory pressure (PEEP), and the PaO₂ at T_1 - T_5 of the inverse ventilation group were increased significantly ($P < 0.05$), the P_{peak}, P_{plat} at T_2 - T_5 and dynamic lung compliance (VD/VT) at T_3 - T_5 were decreased significantly ($P < 0.05$), and no difference in the PaCO₂ and P_{ET}CO₂ in the two groups. Grade 1 pulmonary complications occurred in both groups, and there was no difference in the total occurrence of pulmonary complications at 7 days. **Conclusion** Inverse ventilation effectively may improve respiratory mechanics and oxygenation in morbidly obese patients undergoing laparoscopic sleeve gastrectomy.

Key words Inverse ratio ventilation; Morbid obesity; Respiratory mechanics; Laparoscopic sleeve gastrectomy; Pulmonary complications

作者单位: 221000 徐州医科大学附属医院麻醉科
通信作者: 王光磊, 主任医师, 副教授, 硕士生导师, 电子信箱: wguanglei2005@outlook.com

病态肥胖是指体重 $\geq 35\text{kg/m}^2$ 且合并有2型糖尿病、高血压、高脂血症或者体重 $\geq 40\text{kg/m}^2$ 的一种代谢性疾病,病态肥胖对生活质量 and 健康产生了严重影响,减肥手术是这类患者最有效的治疗方法^[1]。患者腹部脂肪的增多及手术中的气腹对呼吸力学有着重要的影响,其中潮气量、呼吸频率及吸呼比术中肺顺应性的下降有着明显影响,大约30%接受减肥手术的患者有肺功能障碍且术后肺部并发症的发生率明显升高^[2]。反比通气已被证实可用于中重度呼吸窘迫综合征的抢救治疗且能显著改善其患者的氧合,但少有研究反比通气对病态肥胖患者腹腔镜胃减容手术中的影响^[4]。本研究旨在研究反比通气对病态肥胖患者胃减容手术中呼吸力学和术后肺部并发症的影响,以期对病态肥胖患者围术期呼吸管理提供一新思路。

资料与方法

1. 一般资料:该研究是一项前瞻性随机对照试验,于2022年2~8月进行。经笔者医院医学伦理学委员会批准(伦理学审批号:XYFY2022-KL172-02)并与患者签订知情同意后,62例病态肥胖患者拟行腹腔镜袖状胃减容手术,年龄18~65岁,BMI $\geq 35\text{kg/m}^2$ 且合并高血压、糖尿病、高脂血症等代谢性疾病或BMI $\geq 40\text{kg/m}^2$,ASA II~III级,男女性别不限。排除标准:①失代偿性心脏疾病如心力衰竭、心肌梗死、严重心律失常患者;②严重的呼吸系统疾病,如重度阻塞性或限制性肺疾病、呼吸衰竭、无胸廓畸形、肺部手术史及近期呼吸系统感染性疾病、严重肝脏、肾功能障碍的患者。剔除标准:①手术时间大于3h者;②术中出血量 $>800\text{ml}$ 者;③血红蛋白 $<70\text{g/L}$ 的患者。

2. 随机化和通气设置:所有患者气管插管后按照随机数字表法被分为两组($n=31$):对照组[压力控制容量保证通气组(PVG组)]和反比组[压力控制容量控制反比通气组(IRV组)],将对照组吸呼比(I:E)设定为1:2,反比组吸呼比设定为2:1,调节气道压力达到目标潮气量、两组麻醉诱导后吸入氧浓度均为60%,氧流量 2L/min 、呼吸频率12次/分钟,通过调节压力维持呼气末二氧化碳分压(end-tidal carbon dioxide partial pressure, PetCO_2) 在35~45mmHg范围内,当脉搏血氧饱和度 $<93\%$ 或气道压超过30mmHg时,研究将终止,并将呼吸机设置更改为1:1.5的I:E,增加或减少潮气量。

3. 麻醉方法:患者入室后常规开放静脉并建立心

电图、有创血压、脉搏血氧饱和度监测,并于麻醉诱导时及术中使用肌松监测仪监测肌松程度(train of four, TOF)和麻醉深度监测仪监测麻醉深度(bispectral index, BIS)。麻醉诱导:首先预充氧3min,按理想体重[理想体重(kg)=身高(cm)-100(女性105)]静脉给予咪达唑仑 0.05mg/kg 、依托咪酯注射液 0.3mg/kg 、舒芬太尼 $0.5\mu\text{g/kg}$ 、罗库溴铵 0.6mg/kg 。并给予5mg地塞米松,当TOF值降为零后经口插入气管导管,连接呼吸机行机械通气,将通气模式调整为压力控制容量保证通气模式(PCV-VG),气管插管后按照实际分组设置吸呼比,静脉泵注丙泊酚 $4\sim 12\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$,瑞芬太尼 $0.1\sim 0.3\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$,吸入1%七氟醚,手术中根据麻醉深度监测仪调节丙泊酚及瑞芬太尼泵速,维持麻醉深度使指数值保持在40~60范围内,使用血管活性药物使血压维持在基础值的20%,从而维持血流动力学的稳定性,当TOF监测数值介于1~2时追加肌松。所有患者气腹均设置为15mmHg,当距离手术结束前30min时停用肌松药与七氟烷并静脉给予止吐药,手术结束时使用肌松拮抗药物,等患者意识清醒、肌松恢复达到拔管标准后拔除气管导管送入PACU并予以吸氧。

4. 观察指标:统计气管插管后5min(T_1)、气腹后15min(T_2)、30min(T_3)、60min(T_4)及手术结束时(T_5)的呼吸力学指标包括动态肺顺应性(dynamic lung compliance, C_{dyn})、分钟通气量(MV)、气道峰压(peak airway pressure, P_{peak})、气道平均压(mean airway pressure, P_{mean})、气道平台压(plateau pressure, P_{plat})、VT、呼吸末正压(positive end expiratory pressure, PEEP)。同时在麻醉前(T_0)及 $T_1\sim T_5$ 各时间点抽取动脉血行血气分析,计算无效腔率(dead space fraction, $\text{VD}/\text{VT})=(\text{PaCO}_2-\text{PetCO}_2)/\text{PaCO}_2$,记录麻醉前(T_0)及 $T_1\sim T_5$ 的平均动脉压、心率等血流动力学参数。观察术中输液量、术后住院时间、肩痛发生情况、观察并记录患者术后第1天、第2天及7天内肺部并发症(postoperative pulmonary complications PPCs)累积发生情况,PPCs主要包括肺炎、气胸、肺不张、胸腔积液、肺栓塞和呼吸衰竭等,此外参考文献[4]将PPCs进行分级,此方法将PPC分为5级,其中0级代表无任何症状或体征,1级包括微小肺不张、无其他原因出现肺部异常表现和体温超过 37.5°C 、咳嗽、支气管痉挛等;当患者有任何一种症状即认为该患者发生了相应级别的肺部并发症。

5. 统计学方法:应用PASS 15.0统计学软件计算

样本量,根据 Cdyn 的预实验,对照组和试验组均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 分别为 29.7 ± 6.2 和 $34.2 \pm 5.2\text{ml/cmH}_2\text{O}$,根据检验水准 $\alpha = 0.05$,检验效能 $1 - \beta = 0.9$,计算样本量为 56,考虑 10% 的脱落率,共纳入 62 例患者。应用 SPSS 26.0 软件进行数据的统计学分析,采用 *Shapiro - Wilk* 检验计量数据是否符合正态性,用 *Levene* 方法检验数据的方差齐性;以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 来表示服从正态分布的数据,组间比较采用 *t* 检验;组内不同时间点比较采用重复测量方差分析;当数据不符合正态分布时,以中位数 (四分位数间距) [*M*(*Q1*, *Q3*)] 表示;采用 *Mann - Whitney U* 检验进行组间比较,二分类资料以例数 (百分比) [*n*(%)] 表示;计数资料使用 χ^2 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本试验一共纳入 62 例患者,排除术前肺炎 1 例,剔除手术时长超过 3h 5 例,最终进入统计学分析 56 例,其中对照组 27 例,反比组 29 例。

1. 两组患者一般情况的比较:对照组和反比组的患者在年龄、性别、BMI、ASA 分级、吸烟史、FEV₁、FEV₁/FVC、高血压、糖尿病及输液量比较,差异无统

计学意义 (表 1)。

表 1 两组患者一般情况对比 [*n*(%) , $\bar{x} \pm s$]

项目	PVG 组 (<i>n</i> = 27)	IRV 组 (<i>n</i> = 29)
性别 (男性/女性)	7/20	8/21
年龄 (岁)	30.71 ± 8.13	33.65 ± 6.36
BMI (kg/m ²)	38.80 ± 2.55	38.87 ± 3.79
麻醉时间 (min)	127.68 ± 6.27	128.13 ± 7.12
手术时间 (min)	107.06 ± 9.82	107.03 ± 11.33
吸烟史	6 (22)	8 (28)
ASA II/Ⅲ	9/18	10/19
FEV ₁ /FVC (%)	0.86 ± 0.03	0.84 ± 0.03
FEV ₁ (L)	3.44 ± 0.37	3.51 ± 0.49
高血压	12 (44)	14/ (48)
糖尿病	14/ (52)	17/ (59)
输液量 (ml)	1425.3 ± 256.7	1353.8 ± 234.3

FEV₁: 第 1 秒用力呼气容积;FVC: 用力肺活量

2. 两组患者不同时间点呼吸力学参数的比较: T₁ ~ T₅ 的 Cdyn、Pmean、PEEP 的呼吸力学参数表现为反比组明显大于对照组。与 T₁ 比较, T₂ ~ T₅ 的 Cdyn 下降且差异有统计学意义, T₂ ~ T₅ 的 Pplat 和 Ppeak 较对照组明显降低 ($P < 0.05$), 而两组 MV、潮气量比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$, 表 2)。

表 2 两组患者不同时间点呼吸力学参数的比较 ($\bar{x} \pm s$)

项目	组别	<i>n</i>	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
Ppeak (cmH ₂ O)	PVG 组	27	21.61 ± 3.01	23.39 ± 2.08 [#]	23.74 ± 2.06 [#]	24.03 ± 3.09 [#]	23.84 ± 1.55 [#]
	IRV 组	29	22.58 ± 1.86	21.48 ± 2.47 [*]	21.81 ± 2.07 [*]	21.84 ± 2.58 [*]	21.77 ± 2.14 [*]
PEEP (cmH ₂ O)	PVG 组	27	3.10 ± 0.54	2.97 ± 0.18 [#]	2.97 ± 0.18 [#]	3.00 ± 0.00 [#]	3.13 ± 0.43 [#]
	IRV 组	29	6.42 ± 0.67 [*]	6.03 ± 0.84 [*]	5.84 ± 0.73 [*]	5.77 ± 0.84 [*]	6.19 ± 0.95 ^{*#}
Pplat (cmH ₂ O)	PVG 组	27	21.84 ± 2.91	23.16 ± 2.13 [#]	23.65 ± 1.85 [#]	24.00 ± 2.52 [#]	23.52 ± 1.61 [#]
	IRV 组	29	20.58 ± 2.03	20.90 ± 1.68 [*]	21.13 ± 2.06 [*]	21.16 ± 1.88 [*]	22.00 ± 2.37 ^{*#}
Cdyn (ml/cmH ₂ O)	PVG 组	27	33.74 ± 5.72	27.48 ± 5.89 [#]	26.65 ± 4.64 [#]	26.97 ± 5.20 [#]	32.65 ± 5.39 [#]
	IRV 组	29	37.00 ± 6.09 [*]	31.16 ± 6.66 ^{*#}	30.16 ± 5.98 ^{*#}	31.10 ± 5.23 ^{*#}	36.55 ± 6.49 ^{*#}
Pmean (cmH ₂ O)	PVG 组	27	9.52 ± 0.72	10.29 ± 0.97 [#]	10.52 ± 0.93 [#]	10.65 ± 1.52 [#]	10.74 ± 1.03
	IRV 组	29	16.16 ± 1.63 [*]	16.29 ± 4.39 ^{*#}	16.45 ± 1.48 ^{*#}	16.52 ± 1.50 ^{*#}	17.13 ± 1.75 [*]
VT (ml)	PVG 组	27	499.97 ± 35.68	523.26 ± 41.56	522.35 ± 34.64	524.71 ± 51.79	509.03 ± 41.09
	IRV 组	29	468.00 ± 40.36	478.26 ± 42.82	493.06 ± 41.61	496.13 ± 36.03	508.29 ± 27.58 [#]
VD/VT	PVG 组	27	0.22 ± 0.06	0.18 ± 0.08	0.26 ± 0.06	0.28 ± 0.02	0.27 ± 0.01
	IRV 组	29	0.21 ± 0.04	0.17 ± 0.05	0.18 ± 0.08 [*]	0.20 ± 0.02 [*]	0.21 ± 0.02 [*]
MV (L)	PVG 组	27	6.93 ± 0.81	6.71 ± 1.24	6.81 ± 0.93	6.89 ± 1.13	7.41 ± 0.93
	IRV 组	29	7.13 ± 0.74	6.60 ± 0.86	6.56 ± 0.56	6.52 ± 0.51	7.50 ± 0.84
PetCO ₂	PVG 组	27	39.39 ± 1.82	38.90 ± 3.18	39.16 ± 2.64	40.68 ± 2.37	39.52 ± 2.57
	IRV 组	29	38.39 ± 1.69	38.97 ± 1.60	38.58 ± 2.50	40.10 ± 2.53	38.26 ± 2.45

与 T₀ 比较, ^{*} $P < 0.05$; 与 PVG 组比较, [#] $P < 0.05$

3. 两组患者不同时间点血气分析、血流动力学参数的比较: 两组各时间点的 PetCO₂、PaCO₂、pH 及血流动力学参数差异均无统计学意义 ($P > 0.05$); 而

PVG 组 T₃ ~ T₅ 的 VD/VT 均大于反比组 ($P < 0.05$); IRV 组 T₁ ~ T₅ 时的 PaO₂ 较对照组明显升高 ($P < 0.05$, 表 3)。

表 3 两组患者不同时间点血气分析、血流动力学参数 ($\bar{x} \pm s$)

项目	组别	n	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
PaCO ₂	PVG 组	27	38.00 ± 3.95	37.75 ± 4.13	40.34 ± 4.78	40.46 ± 3.94	40.60 ± 4.02	40.55 ± 4.32
	IRV 组	29	37.63 ± 3.50	35.93 ± 3.01	39.58 ± 3.24	39.49 ± 3.80	39.39 ± 3.54	40.30 ± 3.94
PaO ₂	PVG 组	27	86.80 ± 8.76	169.40 ± 64.10 [#]	168.33 ± 53.00 [#]	160.44 ± 51.99 [#]	174.57 ± 59.47 [#]	207.26 ± 57.10 [#]
	IRV 组	29	84.90 ± 9.01	241.00 ± 77.88 ^{*#}	214.00 ± 66.31 ^{*#}	219.30 ± 66.13 ^{*#}	241.00 ± 61.95 ^{*#}	256.60 ± 61.20 ^{*#}
HCO ₃ ⁻	PVG 组	27	25.20 ± 3.43	24.44 ± 2.60	23.99 ± 2.48	24.55 ± 4.21	24.35 ± 4.29	23.93 ± 2.89
	IRV 组	29	24.30 ± 2.18	24.56 ± 1.31	24.04 ± 1.17	23.87 ± 0.99	23.65 ± 1.13	23.40 ± 1.03
pH	PVG 组	27	7.41 ± 0.04	7.41 ± 0.04	7.38 ± 0.05	7.38 ± 0.05	7.37 ± 0.04	7.38 ± 0.04
	IRV 组	29	7.42 ± 0.06	7.42 ± 0.04	7.40 ± 0.04	7.40 ± 0.03	7.38 ± 0.03	7.39 ± 0.04
MAP(mmHg)	PVG 组	27	89.29 ± 8.90	78.29 ± 6.35	77.10 ± 7.65	78.65 ± 8.43	75.48 ± 9.18	78.26 ± 8.66
	IRV 组	29	90.80 ± 8.67	81.10 ± 6.52	78.74 ± 6.24	78.94 ± 9.25	77.74 ± 6.97	78.06 ± 7.84
HR(次/分)	PVG 组	27	77.00 ± 10.33	75.87 ± 10.98	75.10 ± 9.13	70.45 ± 10.34	69.84 ± 9.62	74.58 ± 6.79
	IRV 组	29	75.97 ± 7.00	73.39 ± 7.46	72.13 ± 7.31	70.42 ± 7.38	70.29 ± 8.11	72.45 ± 5.84

与 T₀ 比较, * P < 0.05; 与 PVG 组比较, [#] P < 0.05

4. 术后肺部并发症和其他指标的比较:PVG 组和 IRV 组在术后第 1 天、第 2 天及术后 7 天内 PPCs 的发生情况比较,差异均无统计学意义,其中 IRV 组术后肩痛的发生率明显小于 PVG 组(P < 0.05,表 4)。

表 4 两组术后 PPCs 发生情况、术后肩痛、住院时间的比较[n(%), M(Q1, Q3)]

组别	n	术后第 1 天	术后第 2 天	7 天累积发生	肩痛	住院时间(天)
PVG 组	27	10(37)	13(48)	18(67)	12(44)	2.0(2.0,3.0)
IRV 组	29	8(28)	11(38)	15(52)	6(21) [*]	2.0(2.0,3.0)

与 PVG 组比较, * P < 0.05

讨 论

病态肥胖越来越普遍,且能引起糖尿病、高血压、高脂血症等合并症^[5]。肥胖患者除了氧储备和呼吸力学受损外,全身麻醉和仰卧位还进一步降低了其功能残气量,麻醉诱导和维持容易导致低氧血症,大大增加了肥胖患者围术期的管理难度,而随着 BMI 的增加,术后肺部并发症和住院时间延长的风险大大增加^[6]。

有研究表明,在全身麻醉期间,病态肥胖患者比非肥胖的患者肺不张的发生率更高,且这种肺不张可以持续 24h 以上,从而导致动脉低氧血症和明显的呼吸力学改变^[7,8]。反比通气是机械通气的替代策略,可逆转传统的吸呼比,已被用作 ARDS 的替代治疗选择,Go 等^[9]研究发现,压力控制反比通气可有效提高机器人辅助腹腔镜根治性前列腺切除术中肥胖患者的 FRC,反比通气缩短了呼气时间,增加了自动 PEEP,随着 I:E 从 1:2 增加到 4:1, FRC 逐渐增加,但是,高于 2:1 的 I:E 并不能进一步改善无效腔率。Yang 等^[10]研究发现反比通气联合肺保护性通气可有效降低重度烧伤手术患者的气道峰压,增加气道平均压和动态顺应性,改善了烧伤患者的肺氧合功能,有效降低肺损伤。Hirabayashi 等^[11]研究发现在机器人腹腔镜手术中采用压力控制反比通气从而改善了术中动脉氧合,使气道压力峰值下降,顺应性和平均气道

压力显著增加。另有研究表明,反比通气在接受妇科腹腔镜手术的肥胖患者有着明显的肺保护作用中,促进了气体交换和氧合,并且与肺泡表面活性物质(surfactant protein A, SP - A)和肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor - α, TNF - α)水平降低有关^[12]。

本实验研究显示,与 PVG 组比较,IRV 组动脉 PaO₂、PEEP、Pmean 和 Cdyn 增加,Ppeak 和 Pplat 显著降低,而平均动脉压和心率的血流动力学变化均无差别,这与文献研究一致,推测由于肥胖导致胸壁顺应性下降、肺容量减少、耗氧量增加、使气道阻力增加^[13]。反比通气有效延长了吸气时间,呼气时间相对缩短,从而使肺膨胀时间延长,增加了肥胖患者的功能残气量,有效地降低了 Ppeak,提高了动态顺应性,气体进入肺的速度变慢,升高了平均气道压,减少了肺不张,从而改善 V/Q 比值,增加了氧分压,IRV 可产生内源性呼吸末正压,使得呼气末肺泡萎陷减少,避免了肺泡的反复闭合和开放,有利于提高肺部动态顺应性及降低低氧血症^[14]。反比通气通过逆转吸呼比,减慢吸气流量从而降低了气道峰压,避免了肺损伤和气压伤的发生^[15,16]。所有患者气腹后动态顺应性均下降,说明 CO₂ 气腹会对病态肥胖患者的呼吸力学产生明显的影响,两组 PetCO₂ 和 PaCO₂ 无明显差异,但反比通气可改善通气血流比值减少生理

无效腔从而使 VD/VT 也降低^[17-19]。

本研究存在一定的局限性,未能发现反比通气能有效减少病态肥胖患者术后肺部并发症的发生率。可能与患者相对年轻、样本量偏小有关,还需开展进一步研究予以证实。综上所述,反比通气可有效改善病态肥胖患者腹腔镜袖状胃减容术呼吸力学,降低术中低氧血症。

参考文献

- Hood MM, Corsica J, Bradley L, *et al.* Managing severe obesity: understanding and improving treatment adherence in bariatric surgery [J]. *J Behav Med*, 2016, 39(6): 1092-1103
- Emile SH, Elgamal M, Elshobaky A, *et al.* Identifying patients at high risk of having pulmonary dysfunction before laparoscopic bariatric surgery and its impact on postoperative pulmonary complications[J]. *J Laparoendosc Adv S*, 2019, 29(11): 1456-1461
- Kotani T, Katayama S, Fukuda S, *et al.* Pressure-controlled inverse ratio ventilation as a rescue therapy for severe acute respiratory distress syndrome[J]. *Springerplus*, 2016, 5(1): 1-6
- Leme AC, Hajjar LA, Volpe MS, *et al.* Effect of intensive vs moderate alveolar recruitment strategies added to lung-protective ventilation on postoperative pulmonary complications: a randomized clinical trial [J]. *Jama*, 2017, 317(14): 1422-1432
- Adabala V, Tripathi M, Gupta P, *et al.* Effects of intraoperative inverse ratio ventilation on postoperative pulmonary function tests in the patients undergoing laparoscopic cholecystectomy: a prospective single blind study[J]. *Indian J Anaesth*, 2021, 65(Suppl 2): S86
- Gorodner V, Viscido G, Signorini F, *et al.* Gastroesophageal reflux disease and morbid obesity: evaluation and treatment[J]. *Updates Surg*, 2018, 70(3): 331-337
- Ball L, Hemmes SNT, Neto AS, *et al.* Intraoperative ventilation settings and their associations with postoperative pulmonary complications in obese patients[J]. *Brit J Anaesth*, 2018, 121(4): 899-908
- Corrie KR, Chillistone S, Hardman JG. The effect of obesity and anesthetic maintenance regimen on postoperative pulmonary complications[J]. *Anesth Analg*, 2011, 113(1): 4-6

- Hirabayashi G, Yokose Y, Oshika H, *et al.* Effects of volume-controlled pressure-controlled inverse ratio ventilation on functional residual capacity and dead space in obese patients undergoing robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy[J]. *BJA Open*, 2022, 3: 100020
- Yang YC, Huai Q, Cui SZ, *et al.* Effects of inverse ratio ventilation combined with lung protective ventilation on pulmonary function in patients with severe burns for surgery[J]. *Libyan J Med*, 2020, 15(1): 1767276
- Hirabayashi G, Yokose Y, Nagata K, *et al.* Changes in dead space components during pressure-controlled inverse ratio ventilation: a secondary analysis of a randomized trial[J]. *PLoS One*, 2021, 16(10): e0258504
- Xu L, Shen J, Yan M. The effect of pressure-controlled inverse ratio ventilation on lung protection in obese patients undergoing gynecological laparoscopic surgery[J]. *J Anesth*, 2017, 31(5): 651-656
- Costa Souza GM, Santos GM, Zimpel SA, *et al.* Intraoperative ventilation strategies for obese patients undergoing bariatric surgery: systematic review and Meta-analysis [J]. *BMC Anesthesiol*, 2020, 20(1): 36
- Eichenberger AS, Proietti S, Wicky S, *et al.* Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem[J]. *Anesth Analg*, 2002, 95(6): 1788-1792
- 崔艳玲, 耿立成. 反比通气对肥胖患者腹腔镜手术气腹时肺通气功能的影响[J]. *中华麻醉学杂志*, 2014, 34(6): 730-732
- Zhang WP, Zhu SM. The effects of inverse ratio ventilation on cardiopulmonary function and inflammatory cytokine of bronchoalveolar lavage in obese patients undergoing gynecological laparoscopy [J]. *Acta Anaesthesiologica Taiwanica*, 2016, 54(1): 1-5
- Littleton SW, Tulaimat A. The effects of obesity on lung volumes and oxygenation [J]. *Respir Med*, 2017, 124: 15-20
- Park JH, Lee JS, Lee JH, *et al.* Effect of the prolonged inspiratory to expiratory ratio on oxygenation and respiratory mechanics during surgical procedures[J]. *Medicine*, 2016, 95(13): e3269
- 黄威, 叶靖, 秦再生. 压控反比通气对腹腔镜手术患者单肺通气时呼吸功能的影响[J]. *实用医学杂志*, 2018, 34(15): 2518-2521

(收稿日期: 2022-11-24)

(修回日期: 2023-01-10)

(上接第 164 页)

- 张鹏, 刘金波, 王宏宇. 静脉血栓栓塞症患者血浆生物标志物与肺栓塞的相关性研究[J]. *心血管病学进展*, 2022, 43(4): 365-370
- 中华医学会心血管病学分会肺血管病学组. 急性肺栓塞诊断与治疗中国专家共识(2015) [J]. *中华心血管病杂志*, 2016, 44(3): 197-211
- Xia W, Yu H, Chen W, *et al.* A radiological nomogram to predict 30-day mortality in patients with acute pulmonary embolism[J]. *Acad Radiol*, 2022, 29(8): 1169-1177
- Yaşar E, Bayramoğlu A. Systemic immune-inflammation index as a predictor of microvascular dysfunction in patients with cardiac syndrome X[J]. *Angiology*, 2022, 73(7): 615-621
- 闫丹丹, 史家欣, 李家树. NLR、PLR 和 LMR 在急性肺栓塞住院期间预后的价值[J]. *医学研究杂志*, 2021, 50(8): 47-50, 65
- Khazravi M, Shirkhoda M, Saffar H, *et al.* prognostic value of lymph node density compared to pre-operative platelet-to-lymphocyte ratio and neutrophil-to-lymphocyte ratio in patients with tongue squamous cell carcinoma[J]. *Maxillofac Oral Surg*, 2022, 21(3): 845-885
- 牛秋丽, 张鑫, 王晶, 等. PLR 和 NLR 在老年脓毒症患者中的应用价值[J]. *医学研究杂志*, 2021, 50(9): 124-126, 132
- Kasapoğlu US, Olgun Yıldızeli Ş, Arıkan H, *et al.* Comparison of neu-

trophil to lymphocyte ratio with other prognostic markers affecting 30day mortality in acute pulmonary embolism [J]. *Tuberk Toraks*, 2019, 67(3): 179-189

- Galliazzo S, Nigro O, Bertù L, *et al.* Prognostic role of neutrophils to lymphocytes ratio in patients with acute pulmonary embolism: a systematic review and Meta-analysis of the literature[J]. *Intern Emerg Med*, 2018, 13(4): 603-608
- 袁梦琪, 李东富, 杨慧君. NLR、PLR 和 LMR 与急性肺栓塞患者预后的相关性[J]. *河北医药*, 2022, 42(3): 362-365
- KarataşMB, İpek G, Onuk T, *et al.* Assessment of prognostic value of neutrophil to lymphocyte ratio and platelet to lymphocyte ratio in patients with pulmonary embolism[J]. *Acta Cardiol Sin*, 2016, 32(3): 313-320
- Telo S, Kuluöztürk M, Deveci F, *et al.* The relationship between platelet-to-lymphocyte ratio and pulmonary embolism severity in acute pulmonary embolism[J]. *Int Angiol*, 2019, 38(1): 4-9
- Wang Q, Ma J, Jiang Z, *et al.* Prognostic value of neutrophil-to-lymphocyte ratio and platelet-to-lymphocyte ratio in acute pulmonary embolism: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Int Angiol*, 2018, 37(1): 4-11

(收稿日期: 2022-10-25)

(修回日期: 2022-12-10)