

反比通气对俯卧位腰椎后路手术肺部呼吸力学及术后并发症的影响

王 凡 唐 旺 陈丽莉 朱丽萍 樊金燕 王光磊

摘要 **目的** 评估在俯卧位下行腰椎后路手术的患者使用反比通气(inverse ratio ventilation, IRV)对肺部呼吸力学及术后并发症的影响。**方法** 将60例ASA I~II级择期行腰椎后路手术的患者随机分为两组,即容量控制通气(volume-controlled ventilation, VCV)组和容量控制的反比通气(IRV-VC)组。麻醉诱导后所有患者先使用VCV模式,I:E=1:2,俯卧位后VCV组保持不变,IRV-VC组改为I:E=2:1。在麻醉诱导后5min(T_0)、俯卧位5min(T_1)、俯卧位30min(T_2)、俯卧位1h(T_3)以及手术结束时(T_4)测量呼吸力学、动脉血气和血流动力学参数,并记录术后直至出院期间的肺部并发症。**结果** IRV-VC组在 T_2 ~ T_4 的动态肺顺应性(dynamic lung compliance, C_{dyn})、平均气道压(mean airway pressure, P_{mean})和内生性呼气末正压(intrinsic positive end-expiratory pressure, iPEEP)均高于VCV组,气道峰压(peak airway pressure, P_{peak})和气道平台压(plateau airway pressure, P_{plat})均低于VCV组($P < 0.05$);手术结束时动脉血氧分压(partial pressure of oxygen in arterial blood, PaO₂)和氧合指数(oxygenation index, OI)高于VCV组($P < 0.05$),肺泡-动脉血氧分压差(alveolar-artery oxygen partial pressure gradient, A-aDO₂)和生理无效腔率(V_D/V_T)均低于VCV组($P < 0.05$)。两组在术后肺部并发症发生率方面差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 在俯卧位行腰椎后路手术中使用IRV,可以改善肺部呼吸力学,增加氧合,但并不能减少术后肺部并发症。

关键词 反比通气 机械通气 俯卧位 腰椎后路手术

中图分类号 R614.2

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2023.09.034

Effect of Inverse Ratio Ventilation on Pulmonary Respiratory Mechanics and Postoperative Complications Undergoing Posterior Lumbar Surgery in Prone Position. WANG Fan, TANG Wang, CHEN Lili, et al. Department of Anesthesiology, The Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Jiangsu 221000, China

Abstract Objective To evaluate the effects of inverse ratio ventilation (IRV) on pulmonary respiratory mechanics and postoperative complications in patients undergoing posterior lumbar surgery in prone position. **Methods** Sixty patients with ASA I-II undergoing elective posterior lumbar surgery were randomly divided into two groups: volume-controlled ventilation group (VCV group) and volume-controlled inverse ventilation group (IRV-VC group). After anesthesia induction, all patients initially ventilated with the VCV. After placement in the prone position, the VCV group remained unchanged, and the I:E of IRV-VC group adjusted to 2:1. The respiratory mechanics, arterial blood gases, and hemodynamic parameters were measured at 5min after induction of anesthesia (T_0), 5min in prone position (T_1), 30min in prone position (T_2), 1h in prone position (T_3) and at the end of surgery (T_4). Pulmonary complications were recorded from postoperative to discharge. **Results** The dynamic lung compliance (C_{dyn}), mean airway pressure (P_{mean}) and intrinsic positive end-expiratory pressure (iPEEP) of IRV-VC group at T_2 to T_4 were higher than those of VCV group, while peak airway pressure (P_{peak}) and plateau airway pressure (P_{plat}) were lower than those of VCV group ($P < 0.05$). At T_4 , the partial pressure of oxygen in arterial blood (PaO₂) and oxygenation index (OI) of IRV-VC group were significantly higher than those of VCV group ($P < 0.05$), while alveolar-artery oxygen partial pressure gradient (A-aDO₂) and V_D/V_T was lower than those of VCV group ($P < 0.05$). There was no significant difference in the incidence of postoperative pulmonary complications between the two groups ($P > 0.05$). **Conclusion** IRV could improve pulmonary respiratory mechanics and increase oxygenation, but does not reduce the incidence of postoperative pulmonary complications in patients undergoing posterior lumbar surgery in prone position.

Key words Inverse ratio ventilation; Mechanical ventilation; Prone position; Posterior lumbar surgery

围术期影响肺顺应性的因素包括术中麻醉药物、

通气方式、手术体位和部位^[1]。俯卧位腰椎后路手术中由于胸部和腹部压力增加,膈肌运动受阻,肺动态顺应性降低,气道峰压(peak airway pressure, P_{peak})升高,通气功能受损^[2-4]。加上全身麻醉诱导

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

和肌肉松弛药物的使用,增加了术后肺部并发症(postoperative pulmonary complications, PPCs)的风险。PPCs与住院时间延长,住院费用增加以及不良预后密切相关^[5]。

适宜的机械通气策略可以改善肺部呼吸力学,减轻炎症反应,促进术后恢复。反比通气(inverse ratio ventilation, IRV)是一种机械通气的代替策略,通过改变吸呼比(I:E),延长吸气时间增加平均气道压(mean airway pressure, Pmean),从而增加跨肺压,扩张塌陷的肺泡,改善通气/血流(V/Q),从理论上可以改善气体交换和增加氧合^[6]。然而在俯卧位全身麻醉手术中应用IRV尚未有太多的研究。因此,本研究探究在俯卧位腰椎后路手术中使用反比通气策略能否改善肺部呼吸力学及减少PPCs。

资料与方法

1. 一般资料:本研究为一项前瞻性、单盲、随机对照研究,获得了徐州医科大学附属医院医学伦理学委员会批准(伦理学审批号:XYFY2022-KL124-01),并在中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR2200057475)。所有患者及家属均签署书面知情同意书。选取在2022年4~8月因腰椎退行性疾病在全身麻醉下行择期手术的患者,ASA分级I~II级;年龄18~65岁。排除标准为:肥胖(BMI > 30kg/m²);失代偿的心脏疾病(心脏衰竭、心肌梗死、严重的心律失常);严重呼吸系统疾病(重度阻塞性或限制性肺疾病、呼吸衰竭),胸廓畸形,肺部手术史及近期呼吸系统感染性疾病;严重肝肾功能障碍。剔除标准为:手术时长超过5h;术中出血超过2000ml;术后入ICU。

2. 随机化与盲法:使用计算机生成的随机数字列表,按照1:1随机分配至两组:容量控制通气(volume-controlled ventilation, VCV)组,容量控制反比通气(volume-controlled inverse ventilation group, IRV-VC)组,密封在不透明的信封中。主治麻醉医生在麻醉开始前10min打开信封,术后数据收集者对患者的分组并不知情。主治麻醉医生对分组并不设盲,但不知道这项研究的目的,手术由同一个外科团队完成。

3. 麻醉方法:所有患者术前行胸部CT检查,排除既往肺部病变,术前不常规用药。入手术室后常规监测心电图(electrocardiogram, ECG)、脉搏血氧饱和度(SpO₂)、心率(heartrate, HR)和无创血压(blood pressure by non-invasive, NIBP)。开放外周静脉通路,在局部麻醉下行桡动脉穿刺并置管。行标准化麻

醉诱导和维持:静脉注射咪达唑仑0.05mg/kg、舒芬太尼0.5~0.6μg/kg、依托咪酯0.3mg/kg和罗库溴铵0.6mg/kg用于诱导。诱导后在主治医师的指导下将患者放置于俯卧位垫上。使用丙泊酚4~12mg/(kg·h),瑞芬太尼0.2~0.3μg/(kg·h)和1%~2%七氟烷维持。术中使用麻醉深度检测仪监测麻醉深度,使用肌松监测仪监测肌肉松弛程度。调节丙泊酚输注速率和七氟烷浓度,使脑电双频指数(BIS)值维持40~60,追加顺式阿曲库铵使4个成串刺激(TOF)的Count计数≤1。术中补液使用钠钾镁钙葡萄糖注射液和羟乙基淀粉,基础速度为6~8ml/(kg·h)。使用阿托品、艾司洛尔、麻黄碱、去氧肾上腺素和乌拉地尔维持HR及MAP的波动幅度不超过基线的20%。手术结束前30min停用七氟烷,手术结束时停用丙泊酚和瑞芬太尼,带管送入麻醉恢复室(PACU),达PACU出室标准(Aldrete评分表>9分)后送回病房。

术后患者使用自控静脉镇痛(方案为舒芬太尼2μg/kg、地佐辛10mg和托烷司琼6mg配至100ml 0.9%氯化钠溶液),基础输注剂量为2ml/h,自控剂量为0.5毫升/次,锁定时间为15min。在PACU中补救镇痛药物为芬太尼0.5mg或酮咯酸氨丁三醇30mg,直至NRS评分≤4分。

4. 干预措施:患者预充氧(氧流量为6L/min, FiO₂为1.0)4min达肌肉松弛要求后气管插管。使用麻醉机(Mindray, WATO EX-75)进行通气,仰卧位诱导后两组先使用VCV通气模式,氧流量为2L/min, FiO₂为0.6。根据理想体重设置潮气量,男性:[50 + 0.91 × 身高(cm) - 152.4] × (6~8)ml,女性:[45.5 + 0.9 × 身高(cm) - 152.4] × (6~8)ml,呼吸频率12~16次/分钟, I:E = 1:2, PEEP = 0。俯卧位后VCV组通气设置保持不变,IRV-VC组I:E = 2:1,其余参数同VCV组。调节呼吸频率(RR)和潮气量(V_T)使呼气末二氧化碳(P_{ET}CO₂)维持在30~40mmHg,限制气道平台压不超过30cmH₂O。

5. 观察指标:主要结局指标:呼吸力学指标:在诱导后5min(T₀)、俯卧位5min(T₁)、俯卧位30min(T₂)、俯卧位1h(T₃)和手术结束时(T₄)测定:动态肺顺应性(dynamic lung compliance, C_{dyn})、气道峰压、Pmean、气道平台压(plateau airway pressure, Pplat)、内源性呼气末正压(intrinsic positive end-expiratory pressure, iPEEP)、气道阻力(airway resistance, Raw)等。次要结局指标:①术后肺部并发症发

生率^[8]:包括额外氧疗、呼吸衰竭、肺炎、ARDS、气胸;
 ②在 T₀、T₂、T₄ 的血气参数:pH、PaO₂、动脉二氧化碳分压 (partial pressure of carbon dioxide in artery, PaCO₂)、血红蛋白 (hemoglobin, Hb)、乳酸 (lactic acid, Lac), 并计算氧合指数 (oxygenation index, OI)、肺泡-动脉氧分压差 (alveolar-artery oxygen partial pressure gradient, A-aDO₂) 和生理死腔率 (V_D/V_T);
 ③不良事件发生率:包括术后输血、深静脉血栓形成;
 ④术后住院时长。

6. 样本量计算:使用 G * Power 3.1 重复测量方差分析 (ANOVA) 计算样本量, 效应量 (ES) 为 0.25, 检验水准 α 为 0.05, 检验效能 1 - β 为 0.9, 计算样本量为每组 26 例。考虑到 20% 的脱落率, 共纳入 66 例患者。

7. 统计学方法:应用 SPSS 26.0 统计学软件对数据进行统计分析, GraphPad Prism 9.0 进行绘图。连续型变量以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 或中位数 (四分位间距) [M(Q1, Q3)] 表示, 使用 Shapiro - Wilk 检验判断数据的正态性; 分类变量以例数 (百分比) [n (%)] 表示。组间比较连续型变量使用两独立样本 *t* 检验或 Mann - Whitney *U* 检验, 分类变量使用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。组内多个时间点比较使用广义估计方程方法 (generalized estimating equation GEE), 以解释重复测量之间的相关性; 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 一般资料的比较:本研究共纳入 66 例患者, 其中 6 例被排除:4 例患者因出血超过 500ml, 2 例患者

手术时长超过 5h, 最终 60 例患者完成了研究并纳入了分析。两组患者在性别、年龄、ASA 分级、BMI、术前 Hb、术中输血量、麻醉时间、手术时间及高血压、糖尿病等一般情况比较, 差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05 , 表 1)。

表 1 两组患者一般资料比较 [$n, \bar{x} \pm s, M(Q1, Q3)$]

项目	VCV 组 (n=30)	IRV-VC 组 (n=30)	P
男性/女性	12/18	9/21	0.588
年龄 (岁)	56.07 \pm 7.47	55.33 \pm 5.80	0.673
身高 (m)	1.63 \pm 0.10	1.63 \pm 0.07	0.892
体重 (kg)	65.93 \pm 11.73	65.43 \pm 8.01	0.848
BMI (kg/m ²)	24.88 \pm 3.96	24.61 \pm 2.73	0.756
ASA I / II (例)	19/11	16/14	0.600
术前 Hb	137.00 \pm 15.90	132.77 \pm 11.19	0.238
输血量 (ml)	1825 (1750, 2250)	1775 (1500, 2250)	0.447
出血量 (ml)	350 (225, 400)	350 (200, 400)	0.886
尿量 (ml)	300 (300, 475)	300 (200, 400)	0.158
麻醉时长 (min)	213.33 \pm 42.86	202.17 \pm 37.64	0.288
手术时长 (min)	178.50 \pm 39.04	162.67 \pm 35.18	0.104
吸烟史	22	24	0.760
高血压	24	21	0.551
糖尿病	26	28	0.667

2. 通气和呼吸力学:总体上看, 两组 Cdyn 在 T₀ ~ T₄ 呈下降趋势, 俯卧位后 (T₁ ~ T₄) 的 Cdyn 值显著低于仰卧位 (T₀), 其中由仰卧位转为俯卧位时下降最多。与 VCV 组比较, IRV-VC 组在 T₂ ~ T₄ 时 Cdyn、Pmean、iPEEP 和 Raw 显著升高, Ppeak 和 Pplat 显著降低 ($P < 0.05$, 表 2)。

表 2 两组患者各时间点通气和呼吸力学参数的比较 [$\bar{x} \pm s, M(Q1, Q3)$]

项目	组别	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Cdyn (ml/cmH ₂ O)	VCV 组	52.10 \pm 11.98	42.77 \pm 8.33 [#]	39.20 \pm 8.16 [#]	37.50 \pm 8.53 [#]	35.63 \pm 9.02 [#]
	IRV-VC 组	50.966 \pm 9.50	44.17 \pm 6.26 [#]	43.47 \pm 7.35 ^{*#}	41.73 \pm 6.26 ^{*#}	40.63 \pm 6.52 ^{*#}
Ppeak (cmH ₂ O)	VCV 组	16.23 \pm 2.47	17.17 \pm 2.05	19.87 \pm 1.81 [#]	20.20 \pm 1.88 [#]	21.27 \pm 1.96 [#]
	IRV-VC 组	17.27 \pm 2.70	16.36 \pm 1.94	17.73 \pm 1.74 [*]	18.03 \pm 1.80 [*]	18.87 \pm 2.11 ^{*#}
Pplat (cmH ₂ O)	VCV 组	16.30 \pm 2.63	17.07 \pm 2.21 [#]	18.03 \pm 2.06 [#]	19.47 \pm 2.53 [#]	19.27 \pm 2.75 [#]
	IRV-VC 组	16.63 \pm 2.54	16.77 \pm 1.75	16.60 \pm 1.81 [*]	17.00 \pm 1.49 [*]	17.20 \pm 1.47 [*]
Pmean (cmH ₂ O)	VCV 组	7(6,7)	7(7,8)	8(7,9) [#]	8(8,9) [#]	9(8,9) [#]
	IRV-VC 组	7(7,8)	12(11,13) ^{**}	13(12,14) ^{**}	14(13,14) ^{**}	14(13,15) ^{**}
iPEEP (cmH ₂ O)	VCV 组	2(2,2)	2(2,2)	2(2,2)	2(2,2)	2(2,2)
	IRV-VC 组	2(2,2)	3(2,4) ^{**}	3(3,4) ^{**}	4(3,4) ^{**}	4(3,4) ^{**}
Raw (cmH ₂ O/L/s)	VCV 组	19.73 \pm 2.21	20.83 \pm 2.49 [#]	21.80 \pm 2.31 [#]	22.57 \pm 2.06 [#]	22.83 \pm 1.72 [#]
	IRV-VC 组	20.80 \pm 2.64	21.97 \pm 2.13 [#]	22.57 \pm 1.77 [#]	22.93 \pm 1.72 [#]	23.38 \pm 1.78 ^{*#}
V _T (ml)	VCV 组	454.40 \pm 43.82	459.30 \pm 36.21	448.40 \pm 42.31	439.23 \pm 42.57	439.23 \pm 43.09
	IRV-VC 组	452.63 \pm 30.98	451.07 \pm 31.98	439.80 \pm 29.36	437.90 \pm 27.43	435.43 \pm 36.06
P _{ET} CO ₂ (mmHg)	VCV 组	33.83 \pm 3.96	33.00 \pm 3.82	32.37 \pm 3.40	34.00 \pm 3.56	34.07 \pm 3.54
	IRV-VC 组	33.17 \pm 2.73	33.40 \pm 3.11	32.90 \pm 3.20	33.67 \pm 2.89	34.10 \pm 3.17

与 VCV 组比较, * $P < 0.05$; 与 T₀ 比较, # $P < 0.05$

3. 血气参数:与 VCV 组比较, T_4 时 IRV - VC 组的 PaO_2 、OI 明显升高, 而 $A - aDO_2$ 和 V_D/V_T 降低 ($P < 0.05$); 两组 $PaCO_2$ 、pH 和 Lac 比较, 差异无统计

学意义 ($P > 0.05$)。与 T_0 时比较, T_2 和 T_4 时两组 Hb 均有所降低, 但两组间在各测量时间点比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$, 表 3)。

表 3 两组患者各时间点血气参数的比较 [$\bar{x} \pm s, M(Q1, Q3)$]

项目	组别	T_0	T_2	T_4
PaO_2 (mmHg)	VCV 组	225.43 ± 20.97	227.20 ± 19.79	231.37 ± 19.64
	IRV - VC 组	221.07 ± 16.54	232.70 ± 19.52 [#]	241.56 ± 16.39 ^{*#}
$PaCO_2$ (mmHg)	VCV 组	37.76 ± 3.59	36.63 ± 3.88	37.35 ± 3.25
	IRV - VC 组	36.34 ± 2.58	35.78 ± 3.33	37.30 ± 3.48
pH 值	VCV 组	7.42 ± 0.29	7.42 ± 0.38 [#]	7.40 ± 0.26
	IRV - VC 组	7.42 ± 0.34	7.43 ± 0.39 [#]	7.42 ± 0.37
Hb (g/dl)	VCV 组	12.88 ± 1.47	11.95 ± 1.64 [#]	10.97 ± 1.52 [#]
	IRV - VC 组	12.65 ± 1.13	11.78 ± 1.24 [#]	10.56 ± 1.10 [#]
Lac (mmol/L)	VCV 组	0.8 (0.5, 1.0)	0.9 (0.6, 1.0)	0.9 (0.6, 1.1)
	IRV - VC 组	0.8 (0.6, 1.0)	0.9 (0.6, 1.0)	0.9 (0.6, 1.2)
OI (mmHg)	VCV 组	375.72 ± 34.95	378.67 ± 32.98	385.61 ± 32.73
	IRV - VC 组	368.44 ± 27.57	387.83 ± 32.53 [#]	402.61 ± 27.31 ^{*#}
$A - aDO_2$ (mmHg)	VCV 组	155.16 ± 22.83	154.82 ± 20.08	149.78 ± 20.65
	IRV - VC 组	161.31 ± 16.53	150.38 ± 20.45 [#]	139.60 ± 16.68 ^{*#}
V_D/V_T (%)	VCV 组	10.82 ± 6.75	11.28 ± 7.92	9.88 ± 7.24
	IRV - VC 组	9.53 ± 5.92	7.88 ± 6.08 [*]	7.76 ± 5.69 [*]

与 VCV 组比较, * $P < 0.05$; 与 T_0 比较, # $P < 0.05$

4. 血流动力学: 两组患者的血流动力学参数 (MAP、HR) 在 $T_0 \sim T_4$ 时比较, 差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05 , 图 1)。

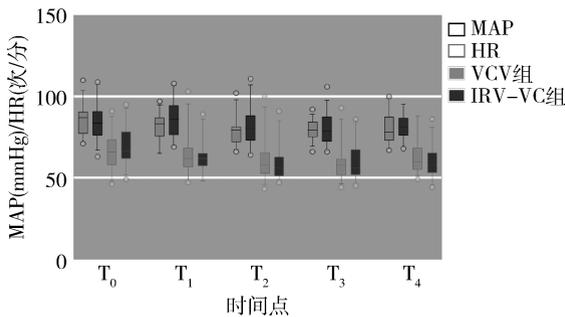


图 1 两组患者不同时间点血流动力学的比较

5. 术后肺部并发症及其他结局指标: 两组患者 PPCs 发生率和术后住院时长比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$, 表 4)。

讨 论

在这项对接受俯卧位腰椎后路手术患者的随机试验中, 与传统通气模式比较, 反比通气可以改善呼吸力学, 增加氧合, 但并没有降低肺部并发症的发生率。尽管术中 C_{dyn} 和 PaO_2 显著升高, 这种益处并没有转化为临床中术后肺部并发症发生率和住院时间的减少。

表 4 术后肺部并发症和其他结局指标比较 [n (%), $M(Q1, Q3)$]

项目	VCV 组 ($n=30$)	IRV - VC 组 ($n=30$)	P
术后肺部并发症			
额外氧疗	16 (53.3)	12 (40.0)	0.438
呼吸衰竭	0 (0)	0 (0)	-
机械通气	0 (0)	0 (0)	-
ARDS	0 (0)	0 (0)	-
肺炎	1 (3.3)	0 (0)	1.000
气胸	0 (0)	0 (0)	-
其他结局指标			
术后住院时长 (天)	6.5 (5.0, 7.0)	6.0 (5.0, 8.0)	0.880
术后输血	1 (3.3)	2 (6.7)	1.000
深静脉血栓形成	1 (3.3)	0 (0)	1.000

腰椎椎体融合术是治疗腰椎退行性疾病有效的方法之一, 俯卧位是手术体位中最具挑战性且发生率较高的体位之一。与一些特殊类型的手术类似, 如单肺通气、 CO_2 气腹手术、肥胖患者手术, 都存在 C_{dyn} 降低、 P_{peak} 升高的现象。为解决俯卧位对肺部的不利影响, 对通气模式进行了一系列研究, 发现 PCV 和容量保证的 PCV 模式可以限制 P_{peak} 并达到目标潮气量^[8,9]。但 Senay 等^[10] 研究发现, PCV 与 VCV 比较炎症标志物水平比较, 差异无统计学意义。传统的保护性肺通气策略即小潮气量和最佳 PEEP 以减少肺泡过度扩张或复张肺泡塌陷, 但研究表明, 在肺相对

健康的患者接受大型脊柱手术中,保护性肺通气和常规通气在术后肺功能和氧合方面没有差异^[11]。

IRV 是一种机械通气的替代策略,最初用于 ICU 内其他通气难以纠正的低氧血症,尤其是继发于 ARDS 的低氧血症。近年来 IRV 越来越多用于全身麻醉的领域,但尚未在俯卧位全身麻醉手术中研究。研究表明,在腹腔镜胆囊切除术中,与常规通气比较,IRV 可以实现较低的 Ppeak,但是 Cdyn 和氧合无明显差异,也不能阻止术后肺功能的恶化^[12]。在严重烧伤全麻手术中,反比通气降低 Ppeak,减轻肺损伤炎症因子,具有肺保护作用。在小儿、老年患者单肺通气手术中也有类似的发现^[13,14]。Xu 等^[15]研究发现,压力控制的反比通气能够改善肥胖患者妇科手术呼吸力学,同时具有预防 VCV 引起的肺损伤的作用。

IRV 主要机制是通过增加呼吸循环中较高压力的时间来增加 Pmean,同时限制了 Ppeak 和 Pplat^[16]。其次较短的呼气时间使得滞留在肺内的气体产生 iPEEP,增加呼气末肺容积,复张塌陷的肺泡,促进了气体从肺动脉向肺泡的扩散,改善通气/血流不匹配^[17]。iPEEP 可以改善氧合,对肺部呼吸力学有利^[18]。因此在本研究中 IRV - VC 组 PaO₂ 和 OI 明显增加,A - aDO₂ 降低。

本研究中 IRV - VC 组的 V_D/V_T 明显低于 VCV 组,可能由于吸气时间延长促进吸入气体在肺部的混合和分布,增加了 CO₂ 的消除,气道死腔量显著减少^[19]。但是本研究发现 PPCs 和术后住院时长在两组比较,差异无统计学意义,可能是因为本研究纳入的是术前肺部健康的人群,也可能与 IRV 的通气时间不足够长有关。

IRV 的使用也存在一些争议。由于通气和灌注更依赖于重力,俯卧位下 V/Q 更匹配,通气分布更为均匀,从而改善手术患者的氧合^[2]。有研究表明,反比通气氧合并不优于常规通气。本研究中 IRV - VC 在手术结束时 PaO₂ 和 OI 高于对照组,氧合的改善归因于俯卧位本身还是 IRV 还需要开展进一步研究。

与常规通气比较,IRV 在降低 Ppeak 的同时提高 Pmean,也增加了肺内压,静脉回心血量减少,心排出量降低,对术前存在低血容量休克的患者产生不利影响。iPEEP 在进一步扩张肺泡的同时,可能会造成呼吸机相关性肺损伤,在已有肺大疱和呼气相延长疾病如慢性阻塞性肺疾病患者中不宜使用。因此,为了安全考虑,本研究中并未使用外加的 PEEP,且全程保持 Pplat 不超过 30cmH₂O。虽然在使用 IRV 期间,

IRV - VC 组 iPEEP 均高于 VCV 组,但术中均未发生呼吸不良事件,各个测量时间点的血流动力学也没有明显的波动(图 1)。

本研究也存在一定的局限性:(1)本研究为单中心研究,样本量较小。(2)iPEEP 的测量应该使用呼气末阻断法,即在患者呼气时保持呼气相 5s 左右,气道封闭,使得大气道压力与肺泡压力一致,此时测量的气道压力即为 iPEEP,本研究中是呼吸机压力传感器测量大气道内的压力,并非肺泡压力,不能真实反映 iPEEP,存在一定的误差。(3)本研究是在肺部相对健康的患者中进行的,IRV 在肥胖、COPD 或合并其他并发症的患者中的作用机制尚不明确。

综上所述,与常规通气比较,在俯卧位腰椎后路手术中使用 IRV 可以改善肺部呼吸力学和氧合,但并没有减少术后肺部并发症的发生率。然而,在高危患者和其他手术人群中 IRV 的作用仍需开展进一步研究予以证实。

参考文献

- 李思源,李静洁,江来.围手术期肺顺应性影响因素探讨[J].国际麻醉学与复苏杂志,2017,38:910-914,924
- Guerin C, Albert RK, Beitler J, et al. Prone position in ARDS patients: why, when, how and for whom [J]. Intensive Care Med, 2020, 46(12): 2385-2396
- Chui J, Craen RA. An update on the prone position: continuing professional development [J]. Can J Anaesth, 2016, 63(6): 737-767
- Marini JJ, Gattinoni L. Improving lung compliance by external compression of the chest wall [J]. Crit Care, 2021, 25(1): 264
- Fernandez - Bustamante A, Frenzl G, Sprung J, et al. Postoperative pulmonary complications, early mortality, and hospital stay following noncardiothoracic surgery: a multicenter study by the perioperative research network investigators [J]. JAMA Surg, 2017, 152(2): 157-166
- Ferrando C, Belda FJ. Inverse ratio ventilation: back to the future? [J]. Crit Care Med, 2015, 43(3): 724-725
- Ball L, Hemmes SNT, Serpa Neto A, et al. Intraoperative ventilation settings and their associations with postoperative pulmonary complications in obese patients [J]. Br J Anaesth, 2018, 121(4): 899-908
- Kang WS, Oh CS, Kwon WK, et al. Effect of mechanical ventilation mode type on intra- and postoperative blood loss in patients undergoing posterior lumbar interbody fusion surgery: a randomized controlled trial [J]. Anesthesiology, 2016, 125(1): 115-123
- Kundra S, Gupta R, Luthra N, et al. Effects of ventilation mode type on intra-abdominal pressure and intra-operative blood loss in patients undergoing lumbar spine surgery: a randomised clinical study [J]. Indian J Anaesth, 2021, 65(Suppl 1): S12-S19
- Senay H, Sivaci R, Kokulu S, et al. The effect of pressure-controlled ventilation and volume-controlled ventilation in prone position on pulmonary mechanics and inflammatory markers [J]. Inflammation, 2016, 39(4): 1469-1474

(下转第 182 页)

性组,1:100 效价组表现出显著的低蛋白血症和高蛋白尿,所以 sPLA₂R - Ab 可反映病情变化,临床医生根据 sPLA₂R - Ab 效价变化可更早更直观的判断疾病进展情况。研究中 gPLA₂R - Ag 阳性组的 sPLA₂R - Ab 阳性率明显高于阴性组,而血清 Alb、24h UP 这两个反映病情的指标比较,差异无统计学意义,即 gPLA₂R - Ag 与患者低 Alb 程度和高尿蛋白程度未表现出相关性,表明 gPLA₂R - Ag 在反映病情变化方面的优势不明显。

研究结果显示,IMN 患者在随访期间 sPLA₂R - Ab 效价越低,总缓解率越高,各组间累积缓解率比较,差异有统计学意义,说明 sPLA₂R - Ab 的检测对 IMN 的预后可能有一定的关系。聂丽敏等^[3] 研究认为低效价 sPLA₂R - Ab 与高效价 sPLA₂R - Ab 的缓解率比较,差异无统计学意义。王媛媛等^[15] 研究认为,高效价 sPLA₂R - Ab 患者蛋白尿缓解周期明显延长。不同研究之间的差异可能与研究病例数、患者随访时间等有关。因此,sPLA₂R - Ab 水平是否与 IMN 的预后相关尚不能定论,尚需收集更大量的病例资料进行分析,且高效价患者需延长随访时间。

综上所述,gPLA₂R - Ag 检出率较 sPLA₂R - Ab 高,而 sPLA₂R - Ab 检测方便快捷,且在反映病情变化方面优于 gPLA₂R - Ag,有条件者应将二者结合应用。

参考文献

- 姜传学,李龙海,王建,等. 特发性膜性肾病患者血清抗 PLA₂R 抗体和抗 THSD7A 抗体的表达及诊断价值[J]. 临床误诊误治, 2021, 34(4): 76 - 81
- Radice A, Pieruzzi F, Trezzi B, et al. Diagnostic specificity of autoantibodies to M - type phospholipase A₂ receptor (PLA₂R) in differentiating idiopathic membranous nephropathy (IMN) from secondary forms and other glomerular diseases[J]. J Nephrol, 2018, 31

(上接第 177 页)

- Soh S, Shim JK, Ha Y, et al. Ventilation with high or low tidal volume with peep does not influence lung function after spinal surgery in prone position: a randomized controlled trial[J]. J Neurosurg Anesthesiol, 2018, 30(3): 237 - 245
- 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 - S91
- 李亚鹏,闫龙剑,陈捷,等. 反比通气对单肺通气老年患者肺功能和脑氧饱和度的影响[J]. 实用医学杂志, 2018, 34: 814 - 816, 819
- 王昀,黄伟坚,贺牡丹,等. 反比通气联合呼气末正压在婴儿肺囊腺瘤术单肺通气中的应用:63 例前瞻性随机对照临床试验[J]. 南方医科大学学报, 2020, 40: 1008 - 1012
- Xu L, Shen J, Yan M. The effect of pressure - controlled inverse ratio ventilation on lung protection in obese patients undergoing gynecologi-

(2): 271 - 278

- 聂丽敏,闫康,姚杏,等. IMN 患者血清抗 M 型磷脂酶 A₂ 受体抗体水平及与治疗效果的相关性分析[J]. 国际检验医学杂志, 2020, 41(14): 1694 - 1698
- Katsumata Y, Okamoto Y, Moriyama T, et al. Clinical usefulness of anti - M - type phospholipase - A - receptor antibodies in patients with membranous nephropathy and the comparison of three quantification methods[J]. Immunol Med, 2020, 43(1): 47 - 56
- Burbelo PD, Joshi M, Chaturvedi A, et al. Detection of PLA₂R Autoantibodies before the diagnosis of membranous nephropathy[J]. J Am Soc Nephrol, 2020, 31(1): 208 - 217
- 蒋真斌,蔡美顺,董葆,等. 适合中国人的抗磷脂酶 A₂ 受体抗体临界值的界定[J]. 中华肾脏病杂志, 2020, 36(5): 379 - 384
- 权浩浩,于小勇,程小红,等. 血清抗 M 型磷脂酶 A₂ 受体抗体检测在膜性肾病诊断中的价值研究[J]. 陕西医学杂志, 2020, 49(6): 755 - 758
- 张新蔚,孙爱华. 血清抗磷脂酶 A₂ 受体抗体与特发性膜性肾病相关性分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2021, 31(1): 56 - 59
- 邹万忠. 肾活检病理学[M]. 3 版. 北京: 北京大学医学出版社, 2014: 79 - 81
- Levey AS, Stevens LA, Schmid CH, et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate[J]. Ann Intern Med, 2009, 150(9): 604 - 612
- Radhakrishnan J, Cattran DC. The KDIGO practice guideline on glomerulonephritis: reading between the (guide)lines——application to the individual patient[J]. Kidney Int, 2012, 82(8): 840 - 856
- 金娟,任燕,龚建光,等. 血清抗磷脂酶 A₂ 受体抗体在特发性膜性肾病中的应用价值及临床相关性探讨[J]. 中华全科医学, 2020, 18(2): 208 - 212
- 李小慧. 血清抗 PLA₂R 抗体和肾小球 PLA₂R 抗原与特发性膜性肾病临床病理的关系[D]. 武汉: 华中科技大学, 2019
- Sun YM, Lan P, Feng J, et al. Analysis of glomerular PLA₂R efficacy in evaluating the prognosis of idiopathic membranous nephropathy in the background of different serum anti - PLA₂R levels[J]. Ren Fail, 2022, 44(1): 731 - 740
- 王媛媛,周华. 抗磷脂酶 A₂ 受体抗体与原发膜性肾病的临床特征和预后的相关性[J]. 中国医科大学学报, 2022, 51(2): 106 - 110

(收稿日期: 2022 - 11 - 16)

(修回日期: 2022 - 12 - 30)

- cal laparoscopic surgery[J]. J Anesth, 2017, 31(5): 651 - 656
- 楼海霞,徐丽丽,李伟燕. 反比通气在肥胖患者妇科腹腔镜手术中对呼吸功能的影响[J]. 浙江医学, 2021, 43: 1765 - 1767, 1772
- 罗辉,彭玲莉,廖泽娟,等. 反比通气对单肺通气婴幼儿肺功能的影响[J]. 实用医学杂志, 2019, 35: 88 - 91
- 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, Ogihara Y, Tsukakoshi S, et al. Effect of pressure - controlled inverse ratio ventilation on dead space during robot - assisted laparoscopic radical prostatectomy: a randomised crossover study of three different ventilator modes[J]. Eur J Anaesthesiol, 2018, 35(4): 307 - 314

(收稿日期: 2022 - 09 - 24)

(修回日期: 2022 - 10 - 13)