

· 临床研究 ·

肺动态顺应性指导个体化呼气末正压通气对老年患者腹腔镜结直肠癌术中肺功能的影响

石进涛 朱娟 邓鉴 吉慧 姚强 田伟千

【摘要】 目的 观察肺动态顺应性(Cdyn)指导个体化呼气末正压通气(PEEP)对老年患者腹腔镜结直肠癌术中肺功能的影响。**方法** 选择择期行腹腔镜结直肠癌根治术的老年患者 68 例,男 37 例,女 31 例,年龄 65~79 岁,BMI<30 kg/m²,ASA II 或 III 级。采用随机数字表法将患者分为两组:个体化 PEEP 组(P 组)和对照组(C 组),每组 34 例。P 组在插管完成即刻、气腹-屈氏体位建立即刻、气腹结束即刻行肺复张及 PEEP 滴定试验,C 组设置固定 PEEP 5 cmH₂O。记录 P 组 3 次滴定时最佳 PEEP 和实际 V_T。记录气管插管完成后 10 min(T₁)、气腹-屈氏体位建立后 10 min(T₂)、60 min(T₃)、手术结束拔管前(T₄)PaO₂、PaCO₂、P_{ET}CO₂,计算氧合指数(OI)、死腔/潮气量比值(V_d/V_T)、肺泡-动脉血氧分压差(A-aDO₂)、驱动压和 Cdyn。采用 ELISA 法测定麻醉诱导前(T₀)、拔管后 10 min(T₅)的白细胞介素-8(IL-8)、肿瘤坏死因子-α(TNF-α)、肺 Clara 细胞分泌蛋白(CC16)及肺泡表面活性物质-D(SP-D)的浓度。记录术后肺部并发症(PPCs)的发生情况。**结果** P 组滴定最佳 PEEP 的中位数为 4 cmH₂O。与 C 组比较,P 组 T₄ 时 PaO₂、OI 明显升高,T₁、T₃、T₄ 时 Cdyn 明显升高,T₁—T₄ 时驱动压明显降低,T₅ 时 CC16 血清浓度明显降低(P<0.05)。两组 T₁—T₄ 时 PaCO₂、P_{ET}CO₂、A-aDO₂、V_d/V_T 差异无统计学意义。两组术后 3 d 均未发生严重 PPCs。**结论** 在老年患者腹腔镜结直肠癌根治术中,采用压力控制通气下肺动态顺应性指导个体化 PEEP 的肺保护通气策略,可提高患者术中肺动态顺应性,降低驱动压,改善手术结束时氧合,降低术后 CC16 血清浓度,改善术中肺功能。

【关键词】 动态顺应性;压力控制通气;结直肠癌;个体化呼气末正压通气滴定;肺通气保护策略

Effect of dynamic lung compliance-guided individual positive end-expiratory pressure titration on pulmonary function in elderly patients undergoing laparoscopic colorectal cancer surgery SHI Jintao, ZHU Juan, DENG Jian, JI Hui, YAO Qiang, TIAN Weiqian. Department of Anesthesiology, Affiliated Hospital of Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, Nanjing 210029, China
Corresponding author: TIAN Weiqian, Email: yfy0066@njucm.edu.cn

【Abstract】 Objective To investigate the effects of dynamic lung compliance (Cdyn)-guided individual positive end-expiratory pressure (PEEP) titration on pulmonary function in elderly patients undergoing laparoscopic colorectal cancer surgery. **Methods** Sixty-eight elderly patients were selected for laparoscopic radical resection of colorectal cancer, 37 males and 31 females, aged 65–79 years, BMI < 30 kg/m², ASA physical status II or III. The patients were divided into two groups using the random number table method: individualized PEEP group (group P) and control group (group C), 34 patients in each group. In group P, the patients received recruitment maneuvers and PEEP titration test at immediately after intubation, immediately after establishing pneumoperitoneum-Trendelenburg position and immediately after pneumoperitoneum. The patients in group C received PEEP 5 cmH₂O during procedure. The three best titration PEEP and the actual tidal volume (V_T) in group P were also recorded. PaO₂, PaCO₂, P_{ET}CO₂ 10 minutes after the tracheal intubation (T₁), 10 minutes (T₂) and 1 hour (T₃) after establishing pneumoperitoneum-Trendelenburg position, at the end of the surgery but before extubation (T₄) were recorded, and the oxygenation index (OI), physiological dead space to tidal volume (V_d/V_T), alveolar arterial oxygen difference (A-aDO₂), driving pressure, and Cdyn were calculated. Concentrations of interleukin-8 (IL-8), tumor necrosis factor-α (TNF-α), Clara cell secretory protein (CC16) and lung alveolar surface active substances-D (SP-D) in the serum samples were determined by ELISA before anesthesia induction (T₀) and 10 minutes after extubation (T₅). Postoperative pulmonary complications (PPCs) were also recorded.

DOI:10.12089/jca.2024.01.007

作者单位:210029 南京中医药大学附属医院麻醉科

通信作者:田伟千,Email: yfy0066@njucm.edu.cn

Results The individualized PEEP of Cdyn-guided PEEP titration was 4 cmH₂O. Compared with group C, the PaO₂ and OI in group C were significantly increased at T₄, the Cdyn was significantly increased at T₁, T₃, and T₄, the driving pressure was significantly decreased at T₁-T₄, the serum concentration of CC16 was significantly decreased at T₅ ($P < 0.05$). There were no significant differences in PaCO₂, P_{ET} CO₂, A-aDO₂, and Vd/V_T between the two groups. There was no severe PPCs in the two groups. **Conclusion** Pressure-controlled ventilation modes combined with Cdyn-guide PEEP titration can increase the Cdyn, reduce the driving pressure, and improve OI at the end of the operation, reduce the concentrations of CC16 at postoperation, improve pulmonary function in elderly patients undergoing laparoscopic colorectal cancer surgery.

【Key words】 Dynamic compliance; Pressure-controlled ventilation; Colorectal cancer; Individual positive end-expiratory pressure titration; Lung protective ventilation strategy

结直肠癌是老年患者最常见的恶性肿瘤^[1]。临床治疗以腹腔镜根治术为主,术中采取屈氏体位会增加患者气道阻力、加重肺内分流,使患者肺动态顺应性(dynamic compliance, Cdyn)下降,对患者心肺功能产生不利影响^[2]。滴定法设置呼气末正压通气(positive end-expiratory pressure, PEEP)可尽量减少肺泡过度扩张^[3-5], Cdyn 指单位压力下所发生的肺容积改变,即潮气量/驱动压。Cdyn 指导的个体化 PEEP 是临床常用的一种肺保护通气策略^[6-8],压力控制通气模式在预设的压力和吸气时间下采用减速气流输送潮气量(tidal volume, V_T),一般呼吸机均可实施,较容量控制通气模式在此类手术有一定的优势^[9-10]。本研究在 V_T ≤ 8 ml/kg 基础上采用压力控制通气,观察 Cdyn 指导个体化 PEEP 对腹腔镜结直肠癌患者术中肺功能的影响,为此类手术寻找适宜肺保护通气策略(lung protective ventilation strategy, LPVS)提供参考。

资料与方法

一般资料 本研究经医院伦理委员会批准(KY2022326),患者或家属签署知情同意书。选择择期行腹腔镜结直肠癌根治术的老年患者,性别不限,年龄 65~79 岁, BMI < 30 kg/m², ASA II 或 III 级,手术时间 2~5 h。排除标准:术前 2 周内行机械通气或术后需要继续机械通气,既往有肺手术史,患有慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary, COPD),患有严重的心脏疾病(NYHA III 或 IV 级)、持续室性快速型心律失常,患有慢性肾疾病(肌酐 > 200 μmol/L)、肝功能异常(Child-Pugh B 或 C 级),术中持续血流动力学不稳定 > 0.5 h,术中更改手术方式,手术时间 < 2 h 或 > 5 h,通过调整 RR 术中 PaCO₂、P_{ET} CO₂ 仍 > 50 mmHg 且持续时间 > 0.5 h,术后入 ICU。

分组与处理 采用随机数字表法将患者分为两组:个体化 PEEP 组(P 组)和对照组(C 组)。P

组采用 Cdyn 指导 PEEP 滴定,分别于插管结束即刻、气腹-屈氏体位建立即刻及气腹结束即刻行压力控制肺复张并行 PEEP 滴定试验^[11]。压力控制肺复张^[12]即压力控制通气,保持吸气压与 PEEP 差值 20 cmH₂O,每 30 秒递增 PEEP 5 cmH₂O,直到 PEEP 30 cmH₂O,持续 30 s,恢复基础通气。PEEP 滴定试验^[11]:滴定前调整通气平台压力以维持 V_T 波动在 7.6~8.4 ml/kg,滴定时通气平台压力保持不变,调整 RR 12~15 次/分,维持 P_{ET} CO₂ 30~45 mmHg,滴定时设置初始 PEEP 0 cmH₂O,采用 PEEP 递增方法,在术中膨肺结束即刻将 PEEP 从 0 cmH₂O 逐渐增加至 10 cmH₂O,滴定过程每个 PEEP 水平维持 1 min,记录每个 PEEP 水平最后一个呼吸循环时的 Cdyn,选择产生最大 Cdyn 的 PEEP 水平为最佳 PEEP,术中患者体位改变、气腹建立及结束时重新滴定 PEEP,实时调整。滴定过程中若 Cdyn 无变化,则选择平台压或 PEEP 相对较小组合设置为最佳 PEEP^[13-14];若 Cdyn 无拐点出现,取 PEEP 最高 10 cmH₂O 并取气道压力 < 30 cmH₂O。C 组设置 PEEP 5 cmH₂O,通气平台压力设置同 P 组,术中若提示气道压力过大(> 30 cmH₂O),下调 PEEP 2 cmH₂O。术中控制 PaCO₂ 上升速度 < 10 mmHg/h、PaCO₂ < 65 mmHg、pH > 7.20。此外,若膨肺结束后 SpO₂ < 95%,将 FiO₂ 升高 10%,当 FiO₂ 为 100%,SpO₂ 仍低于 95%时,PEEP 上调 2 cmH₂O。

麻醉方法 入室后开放上肢外周静脉通路,监测 ECG、SpO₂、BIS,局麻下行桡动脉穿刺置管监测 MAP 和脉压变异度(pulse pressure variation, PPV)。面罩吸纯氧后,行麻醉诱导:静脉注射咪达唑仑 0.025~0.05 mg/kg、舒芬太尼 0.4~0.6 μg/kg、丙泊酚 1.5~2.0 mg/kg、罗库溴铵 0.6 mg/kg,待 BIS < 60 且维持 5 s 后行气管插管,连接 Aisys CS2 麻醉机行机械通气。机械通气采用压力控制通气(pressure-controlled ventilation, PCV)模式, V_T 维持在 7.6~8.4 ml/kg, RR 12 次/分, FiO₂ 60%, I : E 1 : 2。麻

醉诱导后行双侧腹横肌平面阻滞^[15-16]。屈氏体位和二氧化碳气腹固定后,通过调整 RR 维持 $P_{ET}CO_2$ 35~45 mmHg。麻醉维持:静脉泵注瑞芬太尼 0.05~0.4 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、丙泊酚 2~4 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 间断追加罗库溴铵 0.2 mg/kg,并吸入 1%~2%七氟醚,维持 BIS 40~60。术中根据血流动力学调整麻醉药物用量,控制 HR、BP 升高或降低幅度在术前基础值的 20%以内。术中静脉补液以晶体液为主,酌情使用阿托品 0.5 mg、多巴酚丁胺 50~100 μg 或艾司洛尔 10~20 mg、乌拉地尔 5~10 mg。术中气腹压控制 10~12 mmHg,头低足高位 30°~45°。关腹时停用七氟醚,静脉注射舒芬太尼 5~10 μg ,缝皮时停用丙泊酚,患者于 PACU 内复苏待自主呼吸时 V_T 维持 6~10 ml/kg、RR 10~20 次/分时拔除气管导管。术毕拔管后 48 h 内行 PCIA^[17]:舒芬太尼 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、地佐辛 20 mg 及阿扎司琼 10 mg,背景量 2 ml/h,单次剂量 1.0 ml,锁定时间 20 min。

观察指标 记录气腹时间、手术时间、麻醉时间、术中出入量和血管活性药物使用情况。记录 P 组 3 次滴定(气管插管结束、气腹-屈氏体位建立及气腹结束)时的最佳 PEEP 水平和实际 V_T 。记录气管插管结束后 10 min(T_1)、气腹-屈氏体位建立后 10 min(T_2)、60 min(T_3)、拔管前(T_4) PaO_2 、 PaCO_2 、 $P_{ET}CO_2$,并计算氧合指数(oxygenation index, OI)、生理死腔与潮气量比值(V_d/V_T)、肺泡-动脉血氧分压差(difference of alveoli-arterial oxygen pressure, A-aDO₂)、驱动压和 C_{dyn} 。采用 ELISA 法测定麻醉诱导前(T_0)、拔管后 10 min(T_5)血清标本中白细胞介素-8(interleukin-8, IL-8)、肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)肺 Clara 细胞分泌蛋白(CC16)和肺泡表面活性物质-D(SP-D)的浓度。记录术后 3 d 肺部并发症(postoperative pulmonary complications, PPCs)的发生情况。

PPCs 主要包括:气道痉挛、咳嗽、肺不张、低氧血症、二氧化碳潴留、呼吸困难、胸腔积液、气胸及呼吸衰竭^[18]等。诊断标准分为 5 级:0 级,无 PPCs 发生;1 级,干咳无痰;2 级,咳嗽有痰;3 级,胸腔积液,且需要穿刺引流;4 级,通气失败,术后呼吸机支持时间 ≥ 48 h,或者在插管后呼吸机支持时间 >48 h;5 级,出院前死亡。级别越大代表并发症越严重,3 级以上代表严重 PPCs^[19]。

统计分析 根据预试验结果, T_4 时 P 组 PaO_2 为 (243.32 ± 23.40) mmHg, C 组 PaO_2 为 (225.69 ± 24.31) mmHg,取双侧检验,两组样本量 1:1,设 $\alpha =$

0.05, $1-\beta = 0.8$,考虑 10% 的脱落率,采用 PASS 11.0 软件计算样本量为 68 例,每组 34 例。

采用 SPSS 21.0 进行数据分析。正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用成组 t 检验,组内比较方差齐采用重复测量设计的方差分析,方差不齐采用线性混合模型比较;非正态分布计量资料以中位数和四分位数间距 [$M(IQR)$] 表示,组间比较采用非参数检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究最终纳入 68 例,每组 34 例。与 C 组比较, P 组术中晶体液入量明显减少($P < 0.05$)。两组患者性别、年龄、BMI、ASA 分级、气腹时间、手术时间、麻醉时间、术中尿量、失血量差异无统计学意义(表 1)。

表 1 两组患者一般情况的比较

指标	P 组 ($n = 34$)	C 组 ($n = 34$)
男/女(例)	18/16	19/15
年龄(岁)	70.8 $\pm$ 4.3	69.2 $\pm$ 3.9
BMI(kg/m^2)	23.8 $\pm$ 3.9	24.6 $\pm$ 2.7
ASA II/III 级(例)	30/4	29/5
气腹时间(min)	117.3 $\pm$ 40.3	134.0 $\pm$ 43.8
手术时间(min)	202.4 $\pm$ 38.7	211.1 $\pm$ 49.8
麻醉时间(min)	275.6 $\pm$ 38.3	290.7 $\pm$ 52.5
晶体液入量(ml)	2 159.0 $\pm$ 620.4 ^a	2 420.0 $\pm$ 615.2
尿量(ml)	417.9 $\pm$ 194.5	405.9 $\pm$ 214.6
失血量(ml)	118.8 $\pm$ 18.9	123.5 $\pm$ 37.0

注:与 C 组比较,^a $P < 0.05$ 。

两组术中血管活性药物使用率差异无统计学意义(表 2)。

表 2 两组患者术中血管活性药物使用情况的比较[例(%)]

组别	例数	阿托品	多巴酚丁胺	乌拉地尔	艾司洛尔
P 组	34	4(12)	8(24)	14(41)	2(6)
C 组	34	5(15)	7(21)	16(47)	1(3)

P 组 PEEP 最佳中位数为 4 cmH₂O,实际 V_T 与患者标准体重的比值各时点中位数约为 7 ml/kg

(表 3)。

与 T_1 时比较, T_2 — T_4 时 C 组 PaO_2 、OI 明显降低 ($P<0.05$), A-aDO₂ 明显升高 ($P<0.05$), 两组 PaCO_2 明显升高 ($P<0.05$), 驱动压明显升高 ($P<0.05$), Cdyn 明显降低 ($P<0.05$), P 组 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 明显升高 ($P<0.05$), T_3 、 T_4 时 C 组 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 明显升高 ($P<0.05$)。与 C 组比较, T_4 时 P 组 PaO_2 、OI 明显升高 ($P<0.05$), T_1 — T_4 时 P 组驱动压明显降低 ($P<0.05$), T_1 、 T_3 、 T_4 时 Cdyn 明显升高 ($P<0.05$) (表 4)。

与 T_0 时比较, T_5 时 C 组 IL-8 浓度明显升高 ($P<0.05$)。与 C 组比较, T_5 时 P 组 CC16 血清浓度明显降低 ($P<0.05$)。 T_0 、 T_5 时, 两组 IL-8 和 SP-D 浓度差异无统计学意义 (表 5)。

术后第 1 天 P 组发生 2 级 PPCs 1 例 (3%), C 组 2 例 (6%), 均未发生严重 PPCs。

表 3 P 组患者术中不同时点最佳 PEEP 和实际 V_T /标准体重的比较 [$M(IQR)$, $n=34$]

指标	气管插管结束	气腹-屈氏体位建立	气腹结束
最佳 PEEP (cmH ₂ O)	4.0 (2.0~4.0)	4.0 (4.0~6.0)	4.0 (3.5~4.0)
实际 V_T /标准体重 (ml/kg)	7.4 (6.7~7.9)	7.2 (6.7~7.7)	7.2 (6.5~7.5)

表 4 两组患者术中不同时点气体交换指标的比较 ($\bar{x}\pm s$)

指标	组别	例数	T_1	T_2	T_3	T_4
PaO_2 (mmHg)	P 组	34	239.12±29.58	237.33±40.70	238.06±51.31	239.12±29.57 ^a
	C 组	34	239.59±24.08	215.69±63.30 ^b	215.37±59.79 ^b	225.38±20.27 ^b
PaCO_2 (mmHg)	P 组	34	39.11±2.30	42.96±3.69 ^b	42.81±4.63 ^b	41.12±4.44 ^b
	C 组	34	39.49±2.50	43.06±4.16 ^b	43.00±3.42 ^b	41.91±4.18 ^b
A-aDO ₂ (mmHg)	P 组	34	143.35±29.94	140.34±40.39	139.79±50.91	140.85±29.75
	C 组	34	142.41±25.27	161.85±64.97 ^b	162.24±60.34 ^b	153.60±19.38 ^b
$\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ (mmHg)	P 组	34	37.09±2.14	39.19±4.06 ^b	39.69±3.56 ^b	39.80±4.03 ^b
	C 组	34	37.44±2.74	38.54±1.77	39.32±4.11 ^b	39.21±3.68 ^b
V_d/V_T	P 组	34	0.05 (0.01~0.10)	0.08 (0.01~0.19)	0.06 (-0.02~0.15)	0.02 (-0.05~0.13)
	C 组	34	0.05 (-0.03~0.12)	0.10 (0.04~0.15) ^b	0.08 (-0.04~0.13)	0.06 (-0.03~0.15)
OI	P 组	34	398.53±49.28	395.55±67.83	396.76±85.52	398.53±49.28 ^a
	C 组	34	399.31±40.13	359.48±105.51 ^b	358.95±99.64 ^b	375.63±33.78 ^b
驱动压 (cmH ₂ O)	P 组	34	10.18±2.19 ^a	16.06±2.63 ^{ab}	13.97±3.41 ^{ab}	10.88±2.03 ^{ab}
	C 组	34	11.88±2.10	19.06±3.53 ^b	18.35±4.57 ^b	13.91±2.94 ^b
Cdyn (ml/cmH ₂ O)	P 组	34	44.70±9.96 ^a	26.93±4.92 ^b	31.86±8.30 ^{ab}	39.67±8.21 ^{ab}
	C 组	34	40.71±8.57	25.09±5.41 ^b	26.74±7.75 ^b	34.91±8.13 ^b

注:与 C 组比较, ^a $P<0.05$;与 T_1 比较, ^b $P<0.05$ 。

讨 论

腹腔镜下结直肠癌根治术的视野清晰、操作精细、并发症少,但屈氏体位和二氧化碳气腹导致肺容积降低、干扰胸壁的力学性能^[12]、肺顺应性下降^[20],严重影响患者呼吸功能。既往肺保护策略常采用 PEEP 5 cmH₂O^[21],李金路等^[22]研究表明, Cdyn 指导个体化肺保护通气策略与电阻抗断层成像滴定个体化 PEEP 研究一致性良好,改善屈氏体位下腹腔镜手术患者的术中呼吸力学与肺功能^[7-8]。本研究严格控制腹内压在 12 mmHg 以内^[23],采用压力控制通气下 $V_T\leq 8$ ml/kg 联合 Cdyn 滴定个体化 PEEP 通气及间断肺复张实施个体化肺保护策略,并根据手术进程于术中不同时间段进行了 3 次滴定,以保证机械通气期间获得肺最大顺应性。

表 5 两组患者术中不同时点血清 IL-8、TNF- α 、CC16、SP-D 浓度的比较 (ng/ml, $\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	T ₀	T ₅
IL-8	P 组	34	9.59 $\pm$ 5.16	9.42 $\pm$ 4.62
	C 组	34	10.63 $\pm$ 3.76	10.69 $\pm$ 3.22
TNF- α	P 组	34	38.45 $\pm$ 16.26	42.30 $\pm$ 17.54
	C 组	34	39.29 $\pm$ 17.37	48.08 $\pm$ 15.50 ^a
CC16	P 组	34	2.63 $\pm$ 1.51	2.58 $\pm$ 1.36 ^b
	C 组	34	3.20 $\pm$ 1.07	3.55 $\pm$ 1.20
SP-D	P 组	34	40.62 $\pm$ 15.84	43.10 $\pm$ 19.35
	C 组	34	48.38 $\pm$ 27.86	50.45 $\pm$ 27.12

注:与 T₀ 比较,^aP<0.05;与 C 组比较,^bP<0.05。

本研究结果显示,长时间的屈氏体位和二氧化碳气腹使患者氧合下降、CO₂ 潴留。这与既往研究结果一致^[10, 24]。个体化 PEEP 在气腹维持时未改善患者氧合且不能改善患者 CO₂ 潴留,原因可能与个体化 PEEP 患者的实际潮气量较对照组潮气量偏小有关,且术中应用 PEEP 增加患者肺功能残气量(functional residual capacity, FRC)、增加肺泡死腔量,易造成肺泡内气体交换不足、CO₂ 潴留^[25]。但气腹结束后个体化 PEEP 患者氧合较高,可能与患者术中最大 C_{dyn} 指导获得 PEEP 可维持肺泡适度扩张有关。

本研究结果显示,不同时点 PEEP 最佳中位数为 4 cmH₂O,不同时点最佳 PEEP 范围不同,将个体化 PEEP 实际潮气量与患者标准体重的比值进行描述,不同时点中位数为 7,不同时点该比值变化范围较广,推测与 C_{dyn} 个体差异较大和术中体位-气腹建立有关,两者均可影响患者实际潮气量和机械通气时驱动力。

术中气腹建立维持时患者肺部弥散功能及通气功能呈下降趋势,且驱动压升高,C_{dyn} 呈下降趋势。气腹和体位解除后患者 A-aDO₂、V_d/V_T、驱动压、C_{dyn} 指标恢复。与术前比较,个体化 PEEP 弥散及通气功能恢复较好,推测可能与术中滴定 PEEP 时及时进行肺复张,能有效减少肺不张有关。驱动压、C_{dyn} 指标均未恢复术前水平,提示术中长时间的屈氏体位和气腹影响患者肺弥散和通气功能,改变患者呼吸力学,增加呼吸做功。其原因主要与术中患者局部肺不张、肺通气不均一有关^[26]。C_{dyn} 指导的个体化 PEEP 肺保护措施可改善患者

弥散、通气功能,可使患者获得更好的呼吸力学,减轻术中机械通气肺应力、剪切力及肺容积变化,减轻肺损伤,与既往研究结果一致^[7, 27]。

与固定 PEEP 比较,个体化 PEEP 患者术后血清 CC16 浓度升高程度明显降低,推测 C_{dyn} 指导个体化 PEEP 肺保护通气策略可能会减轻健康肺患者肺部炎症反应,但对全身炎症反应影响较小,间接证明健康肺术后肺损伤的“二次打击”假说^[28-29],但仍需研究进一步验证。

PPCs 发生重要因素之一是机械通气诱发的肺损伤,本研究结果中术后第 1 天患者均未发生严重 PPCs,可能与观察时间短有关。

本研究存在以下不足之处。首先,缺乏术中肺部通气实时监测措施,如电阻抗成像、CT、X 线片、肺部超声等,未能直观明确最佳 PEEP 值;其次,未记录术后 3~7 d 患者的血清标本以及未获得患者围术期肺泡灌洗液标本进行炎症因子的检测。

综上所述,压力控制通气下 V_T≤8 ml/kg 联合 C_{dyn} 指导个体化 PEEP 滴定的肺保护通气策略,可改善术中肺通气换气功能、改善呼吸力学变化、降低气腹和体位导致呼吸系统不良事件发生,术中应用较安全。

参 考 文 献

- [1] Arnold M, Sierra MS, Laversanne M, et al. Global patterns and trends in colorectal cancer incidence and mortality. *Gut*, 2017, 66(4): 683-691.
- [2] Shono A, Katayama N, Fujihara T, et al. Positive end-expiratory pressure and distribution of ventilation in pneumoperitoneum combined with steep Trendelenburg position. *Anesthesiology*, 2020, 132(3): 476-490.
- [3] Young C C, Harris E M, Vacchiano C, et al. Lung-protective ventilation for the surgical patient international expert panel-based consensus recommendations. *Br J Anaesth*, 2019, 123(6): 898-913.
- [4] 姚婧,王子轩,朱佳羽,等.驱动压指导 PEEP 滴定对机器人辅助根治性前列腺切除术老年患者呼吸功能的影响. *临床麻醉学杂志*, 2022, 38(7): 682-687.
- [5] 李俊辉,韩志强.设置最佳呼气末正压的临床应用进展. *临床麻醉学杂志*, 2023, 39(1): 98-102.
- [6] Xu Q, Guo X, Liu J, et al. Effects of dynamic individualized PEEP guided by driving pressure in laparoscopic surgery on postoperative atelectasis in elderly patients: a prospective randomized controlled trial. *BMC Anesthesiol*, 2022, 22(1): 72.
- [7] Yoon HK, Kim BR, Yoon S, et al. The Effect of ventilation with individualized positive end-expiratory pressure on postoperative atelectasis in patients undergoing robot-assisted radical prostatectomy: a randomized controlled trial. *J Clin Med*, 2021, 10

- (4): 850.
- [8] 苏学森, 田首元, 王鑫, 等. Cdyn 指导 PEEP 滴定对机器人辅助前列腺癌根治术老年患者血管外肺水的影响. 中华麻醉学杂志, 2019, 39(4): 415-417.
 - [9] 廖步程. 腹腔镜结直肠癌手术全身麻醉下不同通气模式肺保护性通气策略的比较. 广州医科大学, 2019.
 - [10] 丁辰颖, 赵智慧. 不同机械通气模式对腹腔镜结直肠癌手术呼吸力学参数的影响. 内蒙古医学杂志, 2022, 54(5): 559-561.
 - [11] DESIGNATION-investigators. Driving pressure during general anesthesia for open abdominal surgery (DESIGNATION): study protocol of a randomized clinical trial. *Trials*, 2020, 21(1): 198.
 - [12] Cortes-Puentes GA, Keenan JC, Adams AB, et al. Impact of chest wall modifications and lung injury on the correspondence between airway and transpulmonary driving pressures. *Crit Care Med*, 2015, 43(8): e287-295.
 - [13] Serpa Neto A, Hemmes SN, Barbas CS, et al. Protective versus conventional ventilation for surgery: a systematic review and individual patient data meta-analysis. *Anesthesiology*, 2015, 123(1): 66-78.
 - [14] Pelosi P, Ball L. Should we titrate ventilation based on driving pressure? Maybe not in the way we would expect. *Ann Transl Med*, 2018, 6(19): 389.
 - [15] Tsai H, Yoshida T, Chuang T, et al. Transversus abdominis plane block: an updated review of anatomy and techniques. *Biomed Res Int*, 2017: 1-12.
 - [16] Furuya T, Kato J, Yamamoto Y, et al. Comparison of dermatomal sensory block following ultrasound-guided transversus abdominis plane block by the lateral and posterior approaches: a randomized controlled trial. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 2018, 34(2): 205-210.
 - [17] 耿冲, 林鹏辉, 周纷, 等. 超声下腹横肌平面阻滞对直肠癌根治术患者镇痛及不良反应的影响. 癌症进展, 2021, 19(8): 833-836, 851.
 - [18] Abbott T, Fowler AJ, Pelosi P, et al. A systematic review and consensus definitions for standardised end-points in perioperative medicine: pulmonary complications. *Br J Anaesth*, 2018, 120(5): 1066-1079.
 - [19] Costa Leme A, 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. *JAMA*, 2017, 317(14): 1422-1432.
 - [20] Williams EC, Motta-Ribeiro GC, Vidal Melo MF. Driving pressure and transpulmonary pressure: how do we guide safe mechanical ventilation. *Anesthesiology*, 2019, 131(1): 155-163.
 - [21] Végh T, Juhász M, Szatmári S, et al. Effects of different tidal volumes for one-lung ventilation on oxygenation with open chest condition and surgical manipulation: a randomised cross-over trial. *Minerva Anesthesiol*, 2013, 79(1): 24-32.
 - [22] 李金路, 吴雪梅, 谢红, 等. 全麻患者肺保护性通气时个体化 PEEP 的确定: EIT 法和 Cdyn 法比较. 中华麻醉学杂志, 2021, 41(1): 72-75.
 - [23] Pelosi P, Luecke T, Rocco PR. Chest wall mechanics and abdominal pressure during general anaesthesia in normal and obese individuals and in acute lung injury. *Curr Opin Crit Care*, 2011, 17(1): 72-79.
 - [24] 王晓霞, 黄太满, 郭志鹏, 等. 序贯肺复张后肺保护性通气在腹腔镜结直肠手术中对呼吸力学和预后的影响. 临床麻醉学杂志, 2021, 37(3): 257-261.
 - [25] Blankman P, Shono A, Hermans BJ, et al. Detection of optimal PEEP for equal distribution of tidal volume by volumetric capnography and electrical impedance tomography during decreasing levels of PEEP in post cardiac-surgery patients. *Br J Anaesth*, 2016, 116(6): 862-869.
 - [26] Yoon HK, Kim BR, Yoon S, et al. The effect of ventilation with individualized positive end-expiratory pressure on postoperative atelectasis in patients undergoing robot-assisted radical prostatectomy: a randomized controlled trial. *J Clin Med*, 2021, 10(4): 850.
 - [27] 苑昕. Cdyn 指导的个体化 PEEP 滴定对机器人辅助前列腺癌根治术患者肺损伤的影响. 山西医科大学, 2019.
 - [28] Wolthuis EK, Choi G, Dessing MC, et al. Mechanical ventilation with lower tidal volumes and positive end-expiratory pressure prevents pulmonary inflammation in patients without preexisting lung injury. *Anesthesiology*, 2008, 108(1): 46-54.
 - [29] Wrigge H, Uhlig U, Zinserling J, et al. The effects of different ventilatory settings on pulmonary and systemic inflammatory responses during major surgery. *Anesth Analg*, 2004, 98(3): 775-781.

(收稿日期: 2023-02-21)