

· 临床研究 ·

不同通气模式对老年患者腹腔镜结直肠手术呼吸参数的影响

孙树俊 方波 王品莹 赵楠溪 王俊

【摘要】 目的 观察小潮气量容量控制通气(VCV)联合呼气末正压通气(PEEP)和压力控制通气(PCV)联合 PEEP 对老年患者呼吸参数的影响。**方法** 选择行腹腔镜直肠、乙状结肠手术患者 51 例,男 25 例,女 26 例,年龄 65~80 岁, BMI 18~30 kg/m², ASA I 或 II 级,随机分为两组: VP 组(VCV+PEEP)和 PP 组(PCV+PEEP),每组 25 例。气腹期间 VP 组以 V_T 6 ml/kg+5 cmH₂O PEEP 模式通气, PP 组将 V_T 设为 6 ml/kg 通气 3 min 后切换为 PCV 并加用 5 cmH₂O PEEP 进行通气。记录气管插管 VCV 通气 5 min(T₁)、建立人工气腹 5 min(T₂)、建立人工气腹 35 min(T₃)、建立人工气腹 65 min(T₄)、手术结束(T₅)、拔管前(T₆)时 V_T、动态肺顺应性(C_{dyn})、RR、气道峰压(P_{peak})、气道平台压(P_{plat})和 P_{ET}CO₂。记录 T₁、T₃、T₄ 和离开 PACU(T₇)时 PaO₂、PaCO₂,并计算肺泡-动脉血氧分压差(PA-aDO₂)、氧合指数(OI)、呼吸指数(RI);记录术后 5 d 内肺部并发症(PPCs)情况。**结果** 与 VP 组比较, T₂-T₄ 时 PP 组 V_T 明显升高、C_{dyn} 明显增大($P<0.05$), T₃-T₅ 时 PP 组 RR 明显减慢($P<0.05$), T₂-T₅ 时 PP 组 P_{peak} 和 P_{plat} 明显降低($P<0.05$), T₄ 时 PP 组 P_{ET}CO₂ 和 PA-aDO₂ 明显降低、PaO₂ 明显升高、RI 明显减小、OI 明显增大($P<0.05$)。术后随访两组患者 PPCs 差异无统计学意义。**结论** PCV 联合 PEEP 通气模式明显降低 P_{peak} 和 P_{plat}、增高 V_T 和增大 C_{dyn}, 同时明显改善气腹 65 min 时肺氧合功能, 所以老年患者腹腔镜结直肠手术术中应优先考虑使用。

【关键词】 压力控制通气;容量控制通气;老年患者;腹腔镜手术

Effect of different ventilation modes on intraoperative respiratory parameters in elderly patients undergoing laparoscopic colorectal surgery SUN Shujun, FANG Bo, WANG Pinying, ZHAO Nanxi, WANG Jun. Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital, China Medical University, Shenyang 110000, China

Corresponding author: WANG Jun, Email: wangjuncmu@126.com

【Abstract】 Objective To observe the effects of low tidal volume control ventilation (VCV) combined with positive end expiratory pressure (PEEP) and pressure controlled ventilation (PCV) combined with PEEP on respiratory parameters of elderly patients. **Methods** Fifty-one undergoing laparoscopic surgery for rectal and sigmoid colon, 25 male, 26 female, aged 65-80 years, ASA physical stutes I or II, with BMI between 18-30 kg/m², were randomly divided into 2 groups: group VP (VCV+PEEP, $n=26$) and group PP (PCV+PEEP, $n=25$). During the pneumoperitoneum period, group VP was ventilated with V_T 6 ml/kg combined with 5 cmH₂O PEEP. In group PP, the V_T was set to 6 ml/kg for 3 min ventilation, then switched to PCV and added with 5 cmH₂O PEEP. The tidal volume (V_T), dynamic lung cdyne (C_{dyn}), respiratory rate (RR), airway peak pressure (P_{peak}), airway pressure platform (P_{plat}) and end-tidal carbon dioxide pressure (P_{ET}CO₂) were recorded at six different time points: tracheal intubation VCV ventilation 5 min (T₁), establishment of artificial pneumoperitoneum 5 min (T₂), establishment of artificial pneumoperitoneum 35 min (T₃), establishment of artificial pneumoperitoneum 65 min (T₄), end of surgery (T₅), and before extubation (T₆), and calculated oxygenation index (OI), respiratory index (RI), alveolar-arterial oxygen partial pressure (PA-aDO₂) were calculated at T₁, T₃, T₄ and the leaving PACU (T₇). The postoperative pulmonary complications (PPCs) were recorded within 5 days after surgery. **Results** Compared with group VP, the V_T and C_{dyn} in group PP were significantly higher from T₂ to T₄ ($P<0.05$), the RR in group PP were significantly slower from T₃ to T₅ ($P<0.05$), the P_{peak} and P_{plat} in group PP were significantly lower from T₂ to T₅ ($P<0.05$), and the P_{ET}CO₂ and PA-aDO₂ were

DOI:10.12089/jca.2018.07.018

作者单位:110000 沈阳市,中国医科大学附属第一医院麻醉科

通信作者:王俊,Email:wangjuncmu@126.com

significantly decreased, PaO_2 was significantly increased, RI was significantly decreased, and OI was significantly increased in group PP at T_4 ($P < 0.05$). There was no statistical difference in the incidence of PPCs between the two groups. **Conclusion** PCV ventilation mode combined with PEEP significantly reduced Ppeak and Pplat, increased V_T and Cdyn, and significantly improved pulmonary oxygenation at 65 minutes of pneumoperitoneum, so should be given priority in elderly patients undergoing laparoscopic colorectal surgery.

【Key words】 Pressure-controlled ventilation; Volume-controlled ventilation; Elderly patients; Laparoscopic surgery

小潮气量容量控制通气(VCV)联合 PEEP 通气模式较传统大潮气量通气模式具有降低气道压、改善术中低氧血症等优势^[1-2],是目前腹腔镜手术中首选的通气模式,但临床实践中发现:术中患者气道压仍处于较高水平,特别是患者自身肺顺应性较差且处于头低脚高位(Trendelenburg)时,同时小潮气量通气往往面临着 CO_2 蓄积、高碳酸血症等问题。为探索更优化的腹腔镜手术通气模式,本研究将压力控制通气(PCV)联合 PEEP 和小潮气量 VCV 联合 PEEP 两种通气模式进行对比研究。

资料与方法

一般资料 选择择期全麻下行腹腔镜直肠、乙状结肠肿物切除术患者,性别不限,年龄 65~80 岁, BMI 18~30 kg/m^2 , ASA I 或 II 级,所有患者心肺功能在正常范围内。排除标准:颅内高压、肺大泡等禁用 PEEP 通气者、术前 2 周内肺部感染史和/或接受过机械通气者、术前有开胸手术病史者、术中人工气腹时间不足 65 min 者或发生皮下气肿、纵隔气肿、气胸或严重高碳酸血症而改开腹手术者。采用随机数字表法将患者随机分为两组:VCV 联合 PEEP 组(VP 组)和 PCV 联合 PEEP 组(PP 组),每组 25 例。

麻醉方法 患者入室后,常规建立静脉通路并监测 NIBP、ECG、 SpO_2 和 BIS,麻醉诱导后行鼻咽温 and 肌松监测。麻醉诱导:依次静注咪达唑仑 0.02~0.05 mg/kg 、舒芬太尼 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、依托咪酯 0.2 mg/kg 、顺式阿曲库铵 0.2 mg/kg ,面罩加压通气 5 min,可视喉镜充分暴露声门行气管插管,固定气管导管并连接呼吸机行机械通气,所有患者均采用呼吸机以 V_T 8 ml/kg 、RR 12 次/分、I:E 1:2、新鲜气体流量 2 L/min 、 FiO_2 60%,行 VCV 机械通气,术中 I:E 和 FiO_2 保持不变且 V_T 按标准体重计算,男性: $50 + 0.91 \times (\text{身高} - 152.4)$ 、女性: $45.5 + 0.91 \times (\text{身高} - 152.4)$ 。建立人工气腹前 VP 组呼吸机参数调整为: $V_T = 6 \text{ ml}/\text{kg} + 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ PEEP,术中通过调节 RR 维持 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 在 30~40 mmHg;

PP 组先将 V_T 调整为 6 ml/kg ,待通气 3 min 后切换为 PCV 并加用 5 cmH_2O PEEP,术中气道压控制在 8~30 cmH_2O 并通过调节预设气道压和 RR 维持 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 在 30~40 mmHg,建立人工气腹后将患者置于 30° Trendelenburg 位,气腹结束后两组患者恢复为气腹前通气模式。麻醉维持:1%丙泊酚 100 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、七氟醚 1%~2.5%,维持 BIS 值 40~60;瑞芬太尼 0.2~0.3 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 和顺式阿曲库铵 0.1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 静脉持续泵注,必要时使用血管活性药物,维持 HR 和 MAP 波动幅度不超过基础值 20%。手术结束前 30 min 停止泵注顺式阿曲库铵,缝皮时停止吸入七氟醚,并静注羟考酮 0.1 mg/kg ,术中输注醋酸钠林格注射液 5~8 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,按 1:1 等量聚明胶肽补充出血量,手术结束后患者带管送入麻醉恢复室(PACU)等待苏醒,拔管后以氧流量 5 L/min 行面罩吸氧直至离开 PACU。术中气腹压力维持在 12 ± 2 mmHg 并使用上半身加温毯持续加温。

观察指标 记录患者气管插管 VCV 通气 5 min(T_1)、建立人工气腹 5 min(T_2)、建立人工气腹 35 min(T_3)、建立人工气腹 65 min(T_4)、手术结束(T_5)、拔管前(T_6)时 V_T 、动态肺顺应性(Cdyn)、RR、气道峰压(Ppeak)、气道平台压(Pplat)和 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 。分别于 T_1 、 T_3 、 T_4 和离开 PACU 时(T_7)采集桡动脉血行血气分析,记录 PaO_2 、 PaCO_2 ,并根据血气分析结果计算肺泡-动脉血氧分压差(PA-aDO_2)、氧合指数(OI)、呼吸指数(RI),公式如下:(1) $\text{PA-aDO}_2 = (\text{PB} - \text{PH}_2\text{O}) \cdot \text{FiO}_2 - \text{PaCO}_2 / \text{R} - \text{PaO}_2$, (PB 为大气压 760 mmHg, PH_2O 为室温下饱和蒸气压 47 mmHg, R 为呼吸商 0.8);(2) $\text{RI} = \text{PA-aDO}_2 / \text{PaO}_2$; (3) $\text{OI} = \text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$ 。随访患者有无发生术中知晓等麻醉相关并发症和术后 5 d 内肺部感染、低氧血症、呼吸衰竭等术后肺部并发症(PPCs)情况,诊断标准如下:(1)肺部感染^[3],患者出现发热、脓性痰和啰音等症状,并结合胸部 X 线片、痰培养检查结果由专科医师做出诊断;(2)低

氧血症^[4], 吸空气时 $\text{SpO}_2 \leq 90\%$ 且 $> 30 \text{ s}$; (3) 呼吸衰竭, $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ 伴或不伴 $\text{PaCO}_2 > 50 \text{ mmHg}$ 。

统计分析 采用 SPSS 13.0 软件进行统计分析。正态分布计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用两独立样本 t 检验, 组内比较采用重复测量数据方差分析; 偏态分布计量资料以中位数(M)和四分位数间距(IQR)表示, 组间比较采用秩和检验。计数资料比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

所有患者均按预定方案完成麻醉和手术并随访至术后第 5 天, 且均未发生术中知晓等麻醉相关并发症。两组患者性别、年龄、BMI、ASA 分级和手术时间差异无统计学意义(表 1)。

与 T_1 时比较, T_2 - T_4 时两组 V_T 明显降低、 C_{dyn} 明显减小, RR 明显增快($P < 0.05$), T_2 - T_5 时 VP 组 P_{peak} 和 P_{plat} 明显升高($P < 0.05$), T_3 和 T_4 时 VP 组 $P_{ET}CO_2$ 明显升高($P < 0.05$), T_2 - T_4

时 PP 组 P_{peak} 和 P_{plat} 明显升高($P < 0.05$), PP 组各时点 $P_{ET}CO_2$ 差异无统计学意义。与 VP 组比较, T_2 - T_4 时 PP 组 V_T 明显升高、 C_{dyn} 明显增大($P < 0.05$), T_3 - T_5 时 PP 组 RR 明显减慢($P < 0.05$), T_2 - T_5 时 PP 组 P_{peak} 和 P_{plat} 明显降低($P < 0.05$), T_4 时 PP 组 $P_{ET}CO_2$ 明显降低($P < 0.05$) (表 2)。

与 T_1 时比较, T_7 时两组 PaO_2 明显下降($P < 0.05$), T_3 、 T_4 和 T_7 时两组 PaCO_2 明显升高($P < 0.05$)。与 VP 组比较, T_4 时 PP 组 PaO_2 明显升高, PA-aDO_2 明显降低, RI 明显减小, OI 明显增大($P < 0.05$) (表 3)。术后随访, VP 组有 2 例患者发生肺部感染、1 例发生低氧血症, PP 组有 1 例发生低氧血症, 两组患者 PPCs 差异无统计学意义。

讨 论

结直肠癌(colorectal cancer, CRC)是临床中高发的恶性肿瘤之一^[5], 目前仍以手术治疗为主。腹腔镜 CRC 手术自 1991 年被报道, 经过二十多年发展, 在神经血管保护、止血更加彻底、全身应激反应

表 1 两组患者一般情况的比较

组别	例数	男/女(例)	年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	ASA I / II 级(例)	手术时间(min)
VP 组	26	14/12	71.2±4.2	22.4±3.6	4/22	144.6±21.1
PP 组	25	11/14	70.4±5.3	21.7±4.1	5/20	147.8±16.2

表 2 两组患者呼吸力学指标的比较($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
V_T (ml)	VP 组	26	472.3±57.2	370.8±51.7 ^a	370.8±56.7 ^a	369.0±71.5 ^a	478.5±59.0	476.0±60.0
	PP 组	25	501.5±73.1	402.2±95.1 ^a	427.8±95.2 ^{ab}	441.0±80.1 ^{ab}	478.5±121.0	482.4±87.1
C_{dyn} (ml/cmH ₂ O)	VP 组	26	44.9±10.3	24.5±4.7 ^a	23.3±5.0 ^a	23.8±8.2 ^a	38.7±8.8	43.9±9.8
	PP 组	25	45.9±11.5	31.0±9.2 ^{ab}	29.1±10.2 ^{ab}	30.8±10.0 ^{ab}	40.9±12.5	45.3±11.5
RR (次/分)	VP 组	26	11.4±1.6	14.6±2.3 ^a	16.5±3.6 ^a	15.9±4.6 ^a	13.0±3.4	10.8±2.5
	PP 组	25	11.5±0.7	13.8±3.4 ^a	14.5±2.3 ^{ab}	14.2±2.5 ^{ab}	10.7±1.5 ^b	10.1±0.6
P_{peak} (cmH ₂ O)	VP 组	26	13.4±2.5	22.0±3.6 ^a	22.6±3.2 ^a	21.1±4.8 ^a	15.6±2.9 ^a	13.0±2.5
	PP 组	25	12.4±2.9	15.0±2.4 ^{ab}	17.0±3.1 ^{ab}	18.0±3.5 ^{ab}	12.6±3.1 ^b	12.2±2.5
P_{plat} (cmH ₂ O)	VP 组	26	12.6±2.5	21.4±3.8 ^a	22.0±3.2 ^a	20.3±5.1 ^a	14.8±3.0 ^a	12.8±2.6
	PP 组	25	11.6±3.1	15.0±2.4 ^{ab}	17.0±3.1 ^{ab}	17.6±3.5 ^{ab}	12.5±3.0 ^b	11.5±2.5
$P_{ET}CO_2$ (mmHg)	VP 组	26	32.8±3.0	34.0±4.0	36.3±4.0 ^a	36.3±4.3 ^a	33.7±4.4	33.0±3.5
	PP 组	25	34.1±2.8	33.3±2.6	35.0±2.6	34.2±2.8 ^b	34.1±2.6	33.8±2.9

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

表 3 两组患者不同时点呼吸氧合指标的比较($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	T ₁	T ₃	T ₄	T ₇
PaO ₂	VP 组	26	242.6 ± 78.0	230.7 ± 52.7	219.9 ± 77.0	146.7 ± 66.0 ^a
(mmHg)	PP 组	25	259.8 ± 66.4	248.1 ± 63.4	261.5 ± 68.6 ^b	156.3 ± 72.3 ^a
PaCO ₂	VP 组	26	36.8 ± 4.9	48.0 ± 7.2 ^a	45.0 ± 7.1 ^a	50.5 ± 5.9 ^a
(mmHg)	PP 组	25	34.3 ± 6.3	46.0 ± 7.7 ^a	43.8 ± 6.7 ^a	49.8 ± 6.7 ^a
PA-aDO ₂	VP 组	26	113.2 ± 66.9	124.5 ± 43.4	135.1 ± 64.7	83.5 ± 56.9
(mmHg)	PP 组	25	100.6 ± 52.9	118.7 ± 50.6	89.4 ± 44.9 ^b	78.6 ± 48.9
OI	VP 组	26	404.4 ± 130.0	384.5 ± 87.8	366.5 ± 128.3	357.8 ± 161.1
	PP 组	25	433.0 ± 110.7	413.5 ± 105.7	435.8 ± 114.4 ^b	381.2 ± 176.3
RI	VP 组	26	0.47 ± 0.86	0.54 ± 0.82	0.61 ± 0.84	0.55 ± 0.86
	PP 组	25	0.39 ± 0.80	0.48 ± 0.80	0.34 ± 0.65 ^b	0.48 ± 0.78

注:与 T₁ 比较, ^aP<0.05;与 VP 组比较, ^bP<0.05

较小等方面展示了独特优势,已被许多国家列为 CRC 标准化治疗方案之一^[6]。然而人工气腹会导致患者气道压增加、肺顺应减小,从而增加呼吸系统不良事件发生风险^[7-8],尤其对于心肺功能储备较差的老年患者。如何能在这类手术中维持患者循环稳定、改善肺部氧合、减少 PPCs、提高患者满意度成了麻醉科医师的一大挑战。

VCV 由于能保证潮气量、受气道阻力和肺顺应性影响较小在全身麻醉中被广泛应用,但传统的大潮气量通气模式往往会导致气道高压和肺泡过度扩张进而引发机械通气相关肺损伤(VILI)^[9],尤其对于需要人工气腹和 Trendelenburg 体位手术时。同时机械通气过程中肺泡反复塌陷和重新开放相互剪切作用也是造成 VILI 的重要原因之一,特别是在肺不张的情况下^[10],所以为了减少术中肺不张和肺泡间相互剪切作用,机械通气期间应用适当的 PEEP 是必要的,至此小潮气量联合 PEEP 肺保护通气模式逐渐被倡导在腹腔镜手术中使用。然而,临床实践发现:小潮气量联合 PEEP 的肺保护通气模式在人工气腹期间往往面临着 CO₂ 蓄积且患者气道压依旧处于较高水平,而过高的 RR 除了无助于 CO₂ 排除还会增加无效通气,最终导致低氧血症的发生。

与 VCV 不同,PCV 属于压力控制、时间切换通气模式,通过预设吸气压力、RR 和 I:E 来完成机械通气。PCV 使用递减流量,在吸气初期气道压迅速上升并达到预设峰压,之后在整个吸气期以持续递减气流维持预设气道压,这样可以避免造成过高

的气道压,同时整个吸气期间都有减速气流,弥补了因压力限制造成的通气不足,而且在相同气道压下较 VCV 拥有更大的 V_T^[11]。有研究发现,这种较高的初始流量能够实现肺泡快速膨胀,同时递减气流通气模式还可以实现肺内通气的均质化,避免阻力低的肺泡通气过度、阻力高的肺泡通气不足,从而改善肺泡膨胀、V/Q 比值、避免肺不张的发生,有利于提高 PaO₂,在 ARDS 等具有异质性肺的患者中更具优势^[11-12],腹腔镜手术人工气腹状态下 PCV 较 VCV 是否同样具有提高 PaO₂ 和改善呼吸力学指标的优势值得进一步探究。

本研究术中采用顺式阿曲库铵持续泵注、TOF 监测肌松,消除了肌松程度不同对两组患者呼吸指标的影响。研究显示人工气腹后患者的 V_T 明显降低和 C_{dyn} 明显减小,而 P_{peak} 和 P_{plat} 明显升高,这之前人工气腹对患者呼吸力学影响报道结果相一致^[13]。同时研究显示人工气腹期间 PP 组 V_T 值均明显高于 VP 组而 P_{peak} 和 P_{plat} 明显低于 VP 组,这与 Sen 等^[14]的研究结果相似,值得注意的是 VP 组 P_{peak} 和 P_{plat} 直至手术结束都未恢复至气管插管时水平。P_{ET}CO₂ 正常值为 35~45 mmHg,但本研究中 P_{ET}CO₂ 是通过气管导管接端旁流探头监测而得,容易被新鲜气体稀释,往往偏低,所以术中经验性的将 P_{ET}CO₂ 维持在 30~40 mmHg,研究显示人工气腹 35 min 后 VP 组 P_{ET}CO₂ 值虽然在正常范围内,但较气管插管后明显升高;与此同时为维持 P_{ET}CO₂ 在正常范围内,人工气腹 35 min 时直至手术结束 VP 组 RR 明显快

于 PP 组。在 Lian 等^[13]研究中发现, PCV 较 VCV 唯一优势是降低 Ppeak, 在呼吸氧合方面差异无统计学意义; 另外在 Movassagi 等^[15]研究中同样发现 PCV 和 VCV 两组患者氧合参数之间差异无统计学意义, 这可能和目标人群心肺功能代偿完全或人工气腹时间较短相关。本研究中, 人工气腹 65 min 时, PP 组 PaO₂ 明显高于 VP 组。PA-aDO₂ 为肺泡氧分压和动脉血氧分压之间的差值, 是本研究中可粗略反映肺换气及弥散能力的指标, 较 PaO₂ 能更好的反映肺换气功能; OI 为氧合指数, 是反映肺通气和肺换气障碍的综合指标, 若小于 300 mmHg 常提示肺呼吸功能障碍; RI 为呼吸指数, 是反映肺通气和氧交换功能的综合性指标, 从 PA-aDO₂、OI 和 RI 三个指标来看, 人工气腹 65 min 时, PCV 联合 PEEP 通气模式在改善氧合方面明显优于小潮气量联合 PEEP 通气模式。患者术后 5 d 肺部并发症差异无统计学意义, 可能与观察人数偏少有关。本研究的局限性在于: (1) 患者群体属于 ASA I 或 II 级、代表性不足; (2) 术后仅随访至第 5 天而没有更长时间 PPCs 的追踪记载; (3) 气腹时间相对有限, 本研究发现人工气腹 65 min 时 PP 组 PaO₂ 较 VP 组高, 是否随着气腹时间的延长, PCV 联合 PEEP 通气模式较小潮气量联合 PEEP 通气模式改善呼吸氧合能力更加明显有待进一步研究。

综上所述, 腹腔镜 CRC 手术期间, PCV 联合 PEEP 通气模式较小潮气量联合 PEEP 在改善老年患者呼吸力学参数和气腹后期氧合方面更具优势, 所以对于老年患者接受较长时间人工气腹手术时应优先考虑 PCV 联合 PEEP 通气模式。

参 考 文 献

- [1] Park SJ, Kim BG, Oh AH, et al. Effects of intraoperative protective lung ventilation on postoperative pulmonary complications in patients with laparoscopic surgery: prospective, randomized and controlled trial. *Surg Endosc*, 2016, 30(10): 4598-4606.
- [2] Yang D, Grant MC, Stone A, et al. A meta-analysis of intraoperative ventilation strategies to prevent pulmonary complications: is low tidal volume alone sufficient to protect healthy lungs? *Ann Surg*, 2016, 263(5): 881-887.
- [3] 陈元朝, 苗韶华, 赵蔚, 等. 腹腔镜手术中不同体重指数患者气道压力和肺部感染的比较. *临床麻醉学杂志*, 2015, 31(12): 1202-1204.
- [4] 徐卉红, 刘宇芳, 居旻杰, 等. 老年肝癌切除术患者围术期应用纤维支气管镜吸痰对低氧血症及肺部感染的影响. *临床麻醉学杂志*, 2015, 31(10): 989-992.
- [5] Sigurdsson JA, Getz L, Sjönell G, et al. Marginal public health gain of screening for colorectal cancer: modelling study, based on WHO and national databases in the Nordic countries. *J Eval Clin Pract*, 2013, 19(2): 400-407.
- [6] 曾国祥, 邹善敏. 腹腔镜结直肠癌手术研究进展. *医学综述*, 2017, 23(3): 557-560.
- [7] Jo YY, Kim JY, Chang YJ, et al. The effect of equal ratio ventilation on oxygenation, respiratory mechanics, and cerebral perfusion pressure during laparoscopy in the trendelenburg position. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 2016, 26(3): 221-225.
- [8] Jo YY, Kwak HJ. What is the proper ventilation strategy during laparoscopic surgery? *Korean J Anesthesiol*, 2017, 70(6): 596-600.
- [9] Protti A, Cressoni M, Santini A, et al. Lung stress and strain during mechanical ventilation: any safe threshold? *Am J Respir Crit Care Med*, 2011, 183(10): 1354-1362.
- [10] Davidovich N, DiPaolo BC, Lawrence GG, et al. Cyclic stretch-induced oxidative stress increases pulmonary alveolar epithelial permeability. *Am J Respir Cell Mol Biol*, 2013, 49(1): 156-64.
- [11] 孙树俊, 姜艳华, 刘海梅, 等. Trendelenburg 体位人工气腹对压力控制通气预设气道压改变引起呼吸力学指标变化的影响. *实用医学杂志*, 2018, 34(2): 209-211.
- [12] Jaju R, Jaju PB, Dubey M, et al. Comparison of volume controlled ventilation and pressure controlled ventilation in patients undergoing robot-assisted pelvic surgeries: an open-label trial. *Indian J Anaesth*, 2017, 61(1): 17-23.
- [13] Lian M, Zhao X, Wang H, et al. Respiratory dynamics and dead space to tidal volume ratio of volume-controlled versus pressure-controlled ventilation during prolonged gynecological laparoscopic surgery. *Surg Endosc*, 2017, 31(9): 3605-3613.
- [14] Sen O, Umutoglu T, Aydın N, et al. Effects of pressure-controlled and volume-controlled ventilation on respiratory mechanics and systemic stress response during laparoscopic cholecystectomy. *Springerplus*, 2016, 5: 298.
- [15] Movassagi R, Montazer M, Mahmoodpoor A, et al. Comparison of pressure vs. volume controlled ventilation on oxygenation parameters of obese patients undergoing laparoscopic cholecystectomy. *Pak J Med Sci*, 2017, 33(5): 1117-1122.

(收稿日期: 2018-03-30)