

气腹压导向的个体化呼气末正压设定与传统呼气末正压设定在老年患者腹部腔镜手术中应用的比较:一项前瞻性随机对照试验

荣世辉¹, 张昌盛², 马晓婧², 马利彬², 王天竹², 刘旭², 米卫东²

¹解放军医学院, 北京 100853; ²解放军总医院第一医学中心麻醉科, 北京 100853

摘要: **背景** 腹腔镜 CO₂ 气腹会导致肺泡在呼气相的闭合压力升高, 若给予的呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)不足则易导致机械通气过程中肺萎陷体积的增加, 从而引发萎陷伤及气压伤。关于腹腔镜 CO₂ 气腹条件下的最佳 PEEP 尚无定论。**目的** 研究气腹压导向的个体化 PEEP 设定对老年腹部腔镜手术患者拔管后 30 min ~ 术后 3 d 低氧血症发生率的影响。**方法** 选取 2023 年 10 月 — 2024 年 4 月解放军总医院第一医学中心择期全身麻醉下腹部腔镜手术的老年患者, 采用随机数字表法将受试者分为气腹压指导 PEEP 组(P 组)和传统 PEEP 组(C 组)。在机械通气过程中, P 组在气腹期间采用与气腹压设定数值(mmHg)相等的 PEEP (cmH₂O); C 组全程采用 5 cmH₂O 的 PEEP 至手术结束。主要结局指标: 患者在拔管后 30 min ~ 术后 3 d 低氧血症发生率。次要结局指标: 患者在诱导后 10 min (T₁)、气腹后 10 min (T₂)、气腹后 60 min (T₃) 的驱动压、平台压、动态顺应性、氧合指数(PaO₂/FiO₂)和血流动力学数据等。**结果** 共纳入 97 例患者, 其中 P 组 49 例, 平均年龄(67.9±6.5)岁; C 组 48 例, 平均年龄(67.5±4.8)岁; 两组一般资料差异无统计学意义($P>0.05$)。P 组术后低氧血症发生率显著低于 C 组[10.4% (5/48) vs 30.6% (15/49), $P=0.022$]; P 组气腹后 10 min 及 60 min 的驱动压和动态顺应性显著优于 C 组; 气腹解除后 P 组的氧合指数显著优于 C 组; 两组血管活性药物的用量及液体输注总量的差异无统计学意义。**结论** 气腹压导向的个体化 PEEP 设定可降低老年腹部腔镜手术患者拔管后 30 min ~ 术后 3 d 低氧血症发生率, 改善术中呼吸力学及氧合指数。

关键词: 气腹压; 呼气末正压; 腹部腔镜手术; 低氧血症; 老年人

中图分类号: R614

文献标志码: A

文章编号: 2095-5227(2025)05-0442-07

DOI: 10.12435/j.issn.2095-5227.2025.24121803

引用本文: 荣世辉, 张昌盛, 马晓婧, 等. 气腹压导向的个体化呼气末正压设定与传统呼气末正压设定在老年患者腹部腔镜手术中应用的比较: 一项前瞻性随机对照试验 [J]. 解放军医学院学报, 2025, 46 (5): 442-448.

Comparison of individualized positive end-expiratory pressure (PEEP) setting guided by pneumoperitoneum pressure and traditional peep setting in elderly patients undergoing laparoscopic abdominal surgery: A prospective randomized controlled trial

RONG Shihui¹, ZHANG Changsheng², MA Xiaojing², MA Libin², WANG Tianzhu², LIU Xu², MI Weidong²

¹Chinese PLA Medical School, Beijing 100853, China; ²Department of Anesthesia, the First Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: MI Weidong. Email: wvdd1962@163.com

Abstract: Background Laparoscopic CO₂ pneumoperitoneum can elevate the closing pressure of alveoli during expiration. If the positive end-expiratory pressure (PEEP) applied is insufficient, it can lead to an increase in the volume of lung collapse during mechanical ventilation, thereby inducing atelectasis and barotrauma. Therefore, a higher level of individualized PEEP is required to maintain alveolar open during expiration and reduce lung injury during CO₂ pneumoperitoneum. However, there is no consensus on PEEP during pneumoperitoneum. **Objective** To investigate the impact of individualized PEEP setting guided by pneumoperitoneum pressure on the incidence of hypoxemia from 30 minutes after extubation to 3 days postoperatively in elderly patients undergoing abdominal laparoscopic surgery. **Methods** Elderly patients undergoing elective general anesthesia for abdominal laparoscopic surgery in the First Medical Center of Chinese PLA General Hospital from October 2023 to April 2024 were enrolled. The subjects were randomly allocated into two groups using a random number table method: the pneumoperitoneum pressure-guided PEEP group (group P, n=50) and the traditional PEEP group (group C, n=50). During mechanical ventilation, a PEEP level (cmH₂O) equaling to the pneumoperitoneum pressure (mmHg) was used in the group P during the pneumoperitoneum period, while the group C used 5 cmH₂O of PEEP throughout the procedure. The primary outcome was the incidence of hypoxemia

收稿日期: 2024-12-18

基金项目: 省部级课题

第一作者: 荣世辉, 硕士, 医师. Email: 449300798@qq.com

通信作者: 米卫东, 博士, 主任医师, 教授, 博士生导师. Email: wvdd1962@163.com

from 30 minutes after extubation to 3 days postoperatively. The secondary outcomes included driving pressure, plateau pressure, compliance of respiratory system, oxygenation index ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), and hemodynamic data at 10 minutes after induction (T_1), 10 minutes after pneumoperitoneum (T_2), and 60 minutes after pneumoperitoneum (T_3). **Results** A total of 97 patients were included in the final analysis. Among them, 49 patients were included in the group P, with an average age of (67.9 ± 6.5) years; 48 patients were included in the group C, with an average age of (67.5 ± 4.8) years. There was no statistically significant difference in demographics between the two groups ($P > 0.05$). The incidence of postoperative hypoxemia was significantly lower in the group P than that of the group C (10.4% [5/48] vs 30.6% [15/49], $P=0.022$). Driving pressure and dynamic compliance at 10 and 60 minutes after pneumoperitoneum were significantly better in the group P when compared to the group C. The $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ after pneumoperitoneum deflation in the group P was significantly higher than the group C. There were no significant differences in the use of vasopressors or total fluid infusion between the two groups. **Conclusion** Individualized PEEP setting guided by pneumoperitoneum pressure can reduce the incidence of postoperative hypoxemia, improve respiratory mechanics and $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ during the surgery.

Keywords: pneumoperitoneum pressure; positive end-expiratory pressure; laparoscopic surgery; hypoxemia; the elderly

Cited as: Rong SHH, Zhang CHSH, Ma XJ, et al. Comparison of individualized positive end-expiratory pressure (PEEP) setting guided by pneumoperitoneum pressure and traditional peep setting in elderly patients undergoing laparoscopic abdominal surgery: A prospective randomized controlled trial[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2025, 46(5): 442-448.

我国人口老龄化进程正在加剧，老年手术患者数量逐年攀升。由于老年患者重要脏器功能减退，其术后肺部并发症(postoperative pulmonary complications, PPCs)发生率较高^[1]。现有研究显示，长时间麻醉手术老年患者PPCs的发生率高达40%~80%^[2]。目前，肺保护性通气策略(lung protective ventilation strategy, LPVS)，即小潮气量、适当呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)和手法肺复张(recruitment maneuver, RM)，可降低PPCs的发生率^[3-4]。多项研究表明，传统保护性通气应用5 cmH₂O的PEEP无法满足腹腔镜手术气腹期间的肺保护需求，针对腹腔镜术中如何进行个体化PEEP的设定仍存在争议^[5]。近期研究发现，在较高的腹内压下，通过设置靶向PEEP(高于气腹压力2 cmH₂O)可以有效降低跨肺驱动压，从而可能对呼吸功能产生有益影响^[6]。本研究旨在探究气腹压导向的个体化PEEP设定对老年腹部腔镜手术患者术后低氧血症发生率以及术中呼吸力学、氧合指数的影响。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究为前瞻性随机对照临床试验。选取2023年10月—2024年4月于解放军总医院第一医学中心拟行择期全身麻醉腹腔镜手术的老年患者。纳入标准：(1)ASA分级I~III级；(2)年龄 ≥ 60 岁^[7]；(3)体质指数(body mass index, BMI) 18~35 kg/m²；(4)手术过程中气腹时间 ≥ 2 h；(5)术前吸空气状态下脉搏血氧饱和度(SpO_2) $\geq 95\%$ ^[8]。排除标准：(1)拒绝参与实验，未签知情同意书；(2)近1周有上呼吸道感染症状或肺部感染性疾病，胸部X

线片提示肺炎；(3)有影响胸廓及肺顺应性的疾病，如鸡胸、漏斗胸、胸部外伤及手术史、慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、胸腔积液和急性呼吸窘迫综合征等；(4)有神经肌肉功能障碍病史；(5)研究者认为不适合参与研究的其他情况，如鼾症等。本研究经解放军总医院医学伦理委员会批准(批号：S2023-726-01号)，并在中国临床试验注册中心注册(注册号：ChiCTR2400090461)，所有患者均签署知情同意书。

1.2 随机分组及盲法

采用随机数字表法将患者分为传统固定PEEP组(C组)和气腹压指导PEEP组(P组)。本研究采用盲法设计，仅患者的当值麻醉医师知晓其分组情况，患者本人、术中负责数据采集的麻醉护士和围术期负责临床随访的麻醉医师均不知晓患者的分组情况。

1.3 麻醉管理

术前由患者本人或家属签署研究的知情同意书。患者入室后测量胸围、腹围以判定患者术前胸腹部形态是否正常、有无比例失调，连接监护设备，常规行心电图、 SpO_2 、无创血压、麻醉深度监测，右侧颈内静脉穿刺置管输液给药，桡动脉穿刺置管行有创动脉血压监测及动脉血气分析。麻醉诱导前充分吸入纯氧3 min (6 L/min)，而后进行静脉快速诱导全身麻醉气管插管，术中麻醉维持采用静吸复合麻醉，维持脑电双频指数(bispectral index, BIS)在40~60。机械通气采用容量控制通气(volume controlled ventilation, VCV)模式，潮气量(tidal volume, VT)为6 mL/kg，吸呼比(I:E)为1:1.5，吸入氧浓度(FiO_2)为40%，新鲜

气体流量 2 L/min。调节呼吸频率，使呼气末二氧化碳分压 (partial pressure of end-tidal carbon dioxide, $P_{ET}CO_2$) 维持在 35 ~ 45 mmHg。术中体位及气腹压力 (mmHg) 根据术者要求进行设定。所有患者均采用标准化的液体治疗方案，术中依据心率、血压、尿量以及出血情况，调整晶体、胶体液输注速度。术毕患者在麻醉恢复室或手术间拔管后观察至少 30 min。

1.4 PEEP 设置

所有患者在建立手术气腹后，行手法肺复张。P 组：根据气腹压的设定值设定气腹过程中的个体化 PEEP 值。通常情况下，腹腔镜气腹压力维持 10 ~ 16 mmHg，手术过程中，术者根据手术情况适时调整气腹压力，如气腹压设置为 14 mmHg 时，则设定 PEEP 为 14 cmH₂O，气腹解除后调整 PEEP 值为 8 cmH₂O 维持至术毕拔管前^[9]；C 组：PEEP 全程设定为 5 cmH₂O 维持至术毕。

1.5 观察指标

主要结局指标：拔管后 30 min ~ 术后 3 d 访视期间低氧血症的发生率。低氧血症定义为 SpO₂ 在鼻导管吸氧 (2 L/min) 状态下连续 1 min 或更长时间低于 95% 或在吸空气状态下连续 1 min 或更长时间低于 90%^[8]。次要结局指标：术中氧合指数、呼吸力学、血流动力学指标、PPCs 发生率等；PPCs 主要包括：临床诊断的肺部感染、肺水肿，影像学诊断的任何程度或部位的肺不张、气胸、胸腔积液，需要通过鼻导管、面罩、术后无创通气、术后再次气管插管的机械通气改善氧合等^[10]。

一般临床指标：记录两组患者入室麻醉前 (T₀)、诱导后 10 min (T₁)、气腹后 10 min (T₂)、气腹后 60 min (T₃)、气腹解除后 10 min (T₄) 及拔管后 30 min (T₅) 的心率、血压、SpO₂；T₁、T₂、T₃ 和 T₄ 的驱动压、平台压、肺动态顺应性及 T₁、T₃ 和 T₄ 时刻动脉血气分析。术后行 24 h 心电监护监测 SpO₂，并在术后 24 h、48 h、72 h 对患者各进行 1 次静息清醒状态下的床旁访视，由麻醉医师问诊、听诊并记录 SpO₂ 与相关并发症。同时观察 ARISCAT 评分、手术及气腹时长、输血量、出血量、尿量、血管活性药用量、术后住院时长等。

1.6 样本量计算

根据预试验结果及临床实际观察，老年患者行腹腔镜手术拔管后 30 min ~ 术后 3 d 低氧血症的发生率为 40% ~ 60%^[11]，基于气腹压设定 PEEP 可降低 20% 发生率，设定检验显著性水平 (α) 为

0.05，检验效能 (1- β) 为 0.8，计算得出每组至少需要 42 例样本，假设实验脱落率为 10% ~ 20%，最终每组纳入 50 例。

1.7 统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。正态分布计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，比较采用 *t* 检验，不同时间点重复测量资料的比较采用重复测量方差分析。偏态分布资料以 *M(IQR)* 表示，组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料以例数 (百分比) 等表示，两组率的比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较

两组年龄、胸围、腹围、ARISCAT 评分、BMI、ASA 分级、基础疾病、手术时间、气腹时间、术中血管活性药物用量及手术类型等差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。C 组与 P 组均纳入 50 例患者，C 组中 1 例患者由于手术并发症非预期转入重症监护室而被排除，P 组中 2 例患者由于改变手术方式而被排除。见表 1。

表 1 两组一般及临床资料比较

Tab. 1 Comparison of demographic and clinical data between the two groups

指标	C 组 (n=49)	P 组 (n=48)	$t/\chi^2/Z$ 值	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	67.9 ± 6.5	67.5 ± 4.8	0.345	0.731
性别 (男/女) / 例	36/13	33/15	0.263	0.608
胸围 (cm, $\bar{x} \pm s$)	87.4 ± 10.8	86.3 ± 10.4	0.511	0.611
腹围 (cm, $\bar{x} \pm s$)	88.1 ± 12.2	87.1 ± 11.5	0.415	0.679
ARISCAT 评分 $\bar{x} \pm s$	38.4 ± 5.1	37.8 ± 5.1	0.579	0.564
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	24.5 ± 3.3	23.6 ± 2.7	1.468	0.145
ASA 分级 (II/III) / 例	41/8	44/4	1.429	0.232
手术部位 (上腹部/下腹部) / 例	31/18	23/25	2.315	0.128
手术部位 / 例				
胃肠道	29	24		
肝胆胰	12	17		
泌尿系	5	7		
妇科	3	0		
手术时长 (min, $\bar{x} \pm s$)	204.0 ± 70.6	191.2 ± 55.5	0.991	0.324
气腹时长 (min, $\bar{x} \pm s$)	169.9 ± 55.8	155.8 ± 48.2	1.331	0.186
PEEP 数值 <i>M(IQR)</i>	5 (5 ~ 5)	14 (14 ~ 14)	4.871	< 0.001
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	14.2 ± 6.9	13.9 ± 3.8	0.266	0.791
术后在院时长 (d, $\bar{x} \pm s$)	8.5 ± 5.3	8.3 ± 2.9	0.231	0.818

ASA: 美国麻醉医师协会; PEEP: 呼气末正压; C 组为传统 PEEP 组; P 组为气腹压指导 PEEP 组。

2.2 两组术后低氧血症发生率比较

C组、P组术后低氧血症发生率分别为30.6% (15/49)、10.4%(5/48), 差异有统计学意义($P=0.022$)。其中, 拔管后30 min、术后2 d、术后3 d两组低氧血症发生率差异无统计学意义, 术后1 d低氧血症发生率C组高于P组($P<0.01$)。见表2。

表2 两组术后低氧血症发生率比较(例, %)

Tab. 2 Comparison of the incidence of postoperative hypoxemia between the two groups (n, %)

时间点	C组(n=49)	P组(n=48)	χ^2 值	P值
拔管后30 min	8(16.3)	5(10.4)	0.730	0.393
术后1 d	15(30.6)	4(8.3)	7.641	0.006
术后2 d	3(6.1)	1(2.1)	0.240	0.624
术后3 d	1(2.0)	0(0)	-	1.000
总体	15(30.6)	5(10.4)	6.042	0.014

-: 精确概率检验, 无计量。

2.3 两组术中呼吸力学参数比较

两组除 $P_{ET}CO_2$ 外的呼吸力学参数与时间均存在交互作用($P<0.05$), 组间以及各个时间点组内比较的差异均有统计学意义($P<0.05$)。在 T_2 、 T_3 , P组患者的平台压、驱动压及动态顺应性均优于C组($P<0.05$)。见表3。

2.4 两组术中氧合指数(PaO_2/FiO_2)比较

氧合指数与时间存在交互作用($P<0.05$), 组间以及各个时间点组内比较的差异也存在统计学意义($P<0.05$)。在C组与P组的 PaO_2/FiO_2 比较中, T_1 时两组相近($P=0.73$), T_3 时P组略优于C组, 但差异无统计学意义($P=0.16$), P组在 T_4 时显著高于C组($P<0.05$)。见表4。

2.5 两组术中血流动力学指标比较

两组术中心率、血压的组间比较, 各时间点组内比较及与时间的交互作用均无统计学意义($P>0.05$)。见表5。

2.6 两组术中血管活性药物使用量与出入量指标比较

两组术中失血量、输液量、尿量、血管活性药物使用量等差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表6。

2.7 两组PPCs发生率比较

C组和P组PPCs发生率分别为18.3%(9/49)、2%(1/48), 差异有统计学意义($P<0.05$), 见表7。C组肺部感染6例, 其中1例合并胸腔积液, 1例合并呼吸音异常; 肺不张2例, 其中1例合并呼吸音异常; 胸腔积液1例合并呼吸音异常。P组肺部感染1例合并呼吸音异常。

表3 两组患者术中数据采集点呼吸力学参数比较($\bar{x}\pm s$)

Tab. 3 Comparison of respiratory mechanical parameters at data collection point between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

指标	时间点	C组	P组	组间(F值, P值)	组内(F值, P值)	交互(F值, P值)
平台压/ cmH ₂ O	T_1	15.2±3.6	14.5±2.1			
	T_2	21.1±3.2 [†]	26.9±2.7 ^{at}	63.671,	278.378,	32.689,
	T_3	22.5±3.2 [†]	27.4±3.1 ^{at}	<0.001	<0.001	<0.001
	T_4	17.0±3.0 [†]	16.4±2.6 [†]			
驱动压/ cmH ₂ O	T_1	10.2±3.6	9.5±2.0			
	T_2	16.1±3.2 [†]	13.2±2.5 ^{at}	74.807,	87.068,	4.322,
	T_3	17.5±3.2 [†]	13.8±2.8 ^{at}	<0.001	<0.001	0.005
	T_4	12.0±3.1 [†]	9.6±2.7 ^a			
动态顺应性/ (mL/cmH ₂ O)	T_1	45.7±15.4	47.5±11.1			
	T_2	28.2±6.6 [†]	36.7±7.9 ^{at}	66.250,	57.721,	5.119,
	T_3	25.4±4.4 [†]	36.6±8.8 ^{at}	<0.001	<0.001	0.007
	T_4	36.1±7.7 [†]	47.5±11.6 ^a			
$P_{ET}CO_2$ / mmHg	T_1	33.9±4.1	32.3±3.8 ^a			
	T_2	36.9±4.3 [†]	37.2±3.7 [†]	0.021,	30.282,	2.113,
	T_3	38.2±5.0 [†]	39.9±4.6 [†]	0.885	<0.001	0.123
	T_4	38.5±5.7 [†]	38.4±5.8 [†]			

$P_{ET}CO_2$: 呼气末二氧化碳分压; T_1 : 麻醉诱导后10 min; T_2 : 气腹后10 min; T_3 : PEEP气腹后60 min; T_4 : PEEP气腹结束后10 min; 整体比较为两因素重复测量方差分析, 球形性校正为Huynh-Feldt ϵ 。组间纬度上精细比较为LSD- t 检验; ^a $P<0.05$, vs C组。时间纬度上精细比较为差值 t 检验; [†] $P<\alpha'$, vs T_1 。 $\alpha'=0.05/n=0.05/3=0.017$, $n=4-1=3$ 为多次比较次数(Bonferroni校正法)。

表4 两组患者术中氧合指数(PaO_2/FiO_2)比较($\bar{x}\pm s$)

Tab. 4 Comparison of intraoperative oxygenation index (PaO_2/FiO_2) between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

时间点	C组(n=48)	P组(n=49)	组间(F值, P值)	组内(F值, P值)	交互(F值, P值)
T_1	407.7±89.9	400.9±102.4			
T_3	382.3±84.3	405.2±73.5	18.099,	0.344,	12.677,
T_4	343.3±89.0 [†]	457.2±80.1 [†]	<0.001	0.558	<0.001

T_1 : 气腹后10 min; T_3 : PEEP气腹后60 min; T_4 : PEEP气腹结束后10 min。其他同表3注。

3 讨论

腹腔镜手术需向患者腹部注入 CO_2 气体并维持一定压力为手术提供良好空间, 手术过程中气腹的建立及全麻肌松药物的应用会导致膈肌显著上抬、呼吸系统顺应性下降、肺不张显著增加以及通气血流比例失调, 这些病理生理改变主要损害患者的呼吸功能, 表现为低氧血症、高碳酸血症风险增加, 术后肺不张和肺部感染概率升高。本研究探讨了气腹压导向的个体化PEEP设定在老年腹腔镜手术患者中的应用, 结果显示相较于传

表5 两组患者术中血流动力学各项指标对比($\bar{x}\pm s$)Tab. 5 Comparison of intraoperative hemodynamics between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

指标	时间点	C组	P组	组间(<i>F</i> 值, <i>P</i> 值)	组内(<i>F</i> 值, <i>P</i> 值)	交互(<i>F</i> 值, <i>P</i> 值)
心率/(次/min)	T ₁	68.4±11.9	65.4±11.9			
	T ₂	63.1±9.4 ¹	63.2±9.1	0.839,	2.186,	0.436,
	T ₃	65.3±9.9	64.1±10.5	0.362	0.090	0.727
	T ₄	65.8±10.5	65.8±12.4			
平均动脉压/mmHg	T ₁	83.0±8.3	84.5±12.8			
	T ₂	86.6±9.1 ¹	88.3±12.7	0.005,	4.071,	0.738,
	T ₃	86.4±8.8 ¹	85.0±8.9	0.942	0.018	0.479
	T ₄	83.6±8.0	82.0±9.5			

T₁:麻醉诱导后10 min; T₂:气腹后10 min; T₃:PEEP气腹后60 min; T₄:PEEP气腹结束后10 min; 1 mmHg=0.133 kPa。其他同表3注。

表6 两组患者术中血管活性药物与出入量比较[M(IQR)]

Tab. 6 Comparison of intraoperative vasopressors and fluid balance between the two groups (M[IQR])

指标	C组	P组	Z值	P值
血管活性药物				
麻黄碱/mg	6(0~6)	6(0~6)	0.861	0.389
去氧肾上腺素/ μ g	0(0~2 000)	0(0~4 250)	1.332	0.183
输液量/mL	2 400 (1 100~3 400)	2 400 (1 200~3 500)	1.145	0.252
出血量/mL	90(50~400)	110(50~390)	0.342	0.732
尿量/mL	230(125~650)	240(120~650)	0.086	0.991

表7 两组患者术后肺部并发症比较

Tab. 7 Comparison of postoperative pulmonary complications between the two groups

指标	C组(n=49)	P组(n=48)	χ^2 值	P值
肺部感染/例	6	1		
肺不张/例	2	0		
胸腔积液/例	2	0		
呼吸音异常/例	3	1		
合计/(例,%)	9(18.3)	1(2.1)	5.304	0.021

统5 cmH₂O的PEEP,气腹压导向的个体化PEEP可以降低老年腹腔镜手术患者术后低氧血症发生率,改善术中的呼吸力学及氧合指数,具有更好的肺保护作用。

气腹压组与传统组拔管后30 min的低氧血症发生率相近,而术后1 d差异有统计学意义。这可能与患者在拔管后30 min内的肌松、镇静、镇痛药物残留掩盖了分组的差异有关。而气腹压组PPCs发生率显著低于传统组,说明气腹压导向的个体化PEEP可在一定程度上降低老年腹腔镜手术患者PPCs的发生率。

气腹压组比较传统组可有效提升气腹期间的肺动态顺应性,改善功能残气量。功能残气量在生理上起着稳定肺泡气体分压的缓冲作用,减少了通气间歇时对肺泡内气体交换的影响。如果没有功能残气量,呼气末期肺泡将完全陷闭。功能残气量增加提示肺泡扩张,功能残气量减少说明肺泡缩小或陷闭。本试验中设置与气腹压设定值相同的PEEP值可有效对抗气腹对肺部通气的不良影响,维持术中良好的通气功能,阻止小气道和肺泡在呼气末的塌陷,增加功能残气量。此外,P组气腹解除后调整PEEP值为8 cmH₂O维持至术毕拔管前可更好地维持肺泡的开放状态^[9],亦可在一定程度上降低术后低氧血症的发生率。相关研究表明,在机械通气条件下,当PEEP设置为5 cmH₂O时,功能残气量可增加128~575 mL,而PEEP增加到14 cmH₂O时,功能残气量可相应增加到1 180 mL^[12]。

驱动压是驱动气体进入胸廓内的压力,可在一定程度上反映肺部及呼吸系统的顺应性,驱动压越小意味着肺部顺应性更好、肺部损伤风险更低。本研究发现,在采用气腹压指导的PEEP设定后,可显著降低该组患者在气腹后各时点的驱动压,改善呼吸系统顺应性,且各时点的驱动压均低于15 cmH₂O,符合保护性肺通气策略的相关要求^[13]。与此同时,基于驱动压指导PEEP设定的48例机器人前列腺癌手术研究表明,个体化PEEP中位数为14 cmH₂O,与本实验中气腹压导向的个体化PEEP组的中位数与均数相吻合,该设定方案可有效改善患者围术期的氧合指数降低炎症因子的释放,且不增加血管活性药物的用量^[14]。说明气腹压指导患者的PEEP设定可显著改善术中的呼吸力学及氧合指数,具有更好的肺保护作用。

多项研究表明,相较传统低水平PEEP,气腹过程中个体化PEEP的应用可显著改善腹腔镜过程中的氧合指数,且不造成CO₂蓄积^[15]。亦有研究显示,在腹腔镜胆囊切除术患者中,相较传统低水平PEEP,设置与气腹压力相等的靶向PEEP(高于气腹压力数值2 cmH₂O)可显著降低跨肺压,在呼吸力学的角度发挥肺保护作用,但该研究并未直接测量氧合指数的变化^[6]。本研究发现,P组相较C组可轻度改善氧合指数,差异无统计学意义,然而在解除气腹后P组氧合指数显著优于C组。究其原因可能与气腹过程中较高的PEEP更好地保持了肺泡的扩张状态,减少了肺不张,从而在解除气

腹后能使更多的肺泡单位参与气体交换,改善患者氧合指数。

传统观点认为较高的PEEP会导致显著的血流动力学紊乱,增加血管活性药物的用量及围术期输血量。但既往多项研究均表明,相较于传统低水平PEEP,个体化PEEP的围术期应用并未给患者带来显著的血流动力学的损害,心率、血压以及血管活性药物的用量均无统计学差异^[16]。其原因可能为在容量充足的基础上,肺泡的持续性开放在一定程度上降低了右心室的后负荷,从而对心排量不产生显著的影响^[9]。但在保护性肺通气策略实施的过程中,手法肺复张操作需采用较高的压力复张塌陷的肺泡,造成右心室后负荷的一过性增加,因此会对患者的血流动力学产生一过性的影响^[17]。因此,在临床实操过程中要注意在维持患者血压和容量处于较为理想状态时,再行手法肺复张及PEEP设定的操作,且在操作过程中还要及时根据MAP水平调整血管活性药物应用^[18]。

本研究表明,在腹腔镜手术过程中采用气腹压导向的个体化PEEP具有一定的优势,主要包括以下3个方面:(1)可显著改善患者术中的呼吸力学及氧合,降低术后低氧血症的发生率;(2)不会对老年患者的血流动力学产生显著影响,具有较高的安全性;(3)相较于其他确定个体化PEEP的方法,如驱动压法、顺应性法、EIT法等,无须烦琐的呼吸机操作及相关数据记录,具有良好、便捷的可操作性。因此,在腔镜手术过程中,气腹压导向的个体化PEEP设定具有较高的推广应用价值。

本研究仍然在一些不足之处:(1)在围术期末对患者行肺部CT扫查以定量分析患者术后肺不张的发生率;(2)在围术期末进行心排血量监测以明确气腹压导向的个体化PEEP对心排量及心指数的影响;(3)未对患者术后3~7d及远期并发症进行访视;(4)本试验在单一中心开展且样本量较小,未来仍需要大规模临床试验对本理念进行进一步的验证。

综上所述,在行腹部腔镜手术的老年患者中,相较传统5 cmH₂O的PEEP,术中应用气腹压导向的个体化PEEP可以降低术后低氧血症发生率,改善患者术中呼吸力学和氧合指数,且不会对血流动力学造成显著影响。

作者贡献 荣世辉:论文整体构思与设计,文献检索,整理并撰写论文初稿;马晓婧、马利彬、

王天竹、刘旭:提出研究思路,文献检索,设计研究方案;张昌盛:对初稿进行修订及审校;米卫东:论文的质量控制及对论文整体负责。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突。

数据共享声明 同意在文章出版后共享研究中收集的所有去标识化个体数据及研究方案、统计分析计划、知情同意书、临床研究报告和统计代码。Email: 449300798@qq.com。

参考文献

- 1 Shono A, Katayama N, Fujihara T, et al. Positive end-expiratory pressure and distribution of ventilation in pneumoperitoneum combined with steep trendelenburg position [J]. *Anesthesiology*, 2020, 132 (3): 476-490.
- 2 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 [J]. *BMC Anesthesiol*, 2022, 22 (1): 72.
- 3 无王月兰, 杨建军, 米卫东. 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 (5): 513-519.
- 4 刘彬彬, 温晓晖, 唐小芳, 等. 全麻人工气腹下老年患者肺不张发生的特点及其与膈肌抑制程度的关系 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2021, 41 (6): 670-673.
- 5 彭夕然, 杨磊, 朱涛. 高水平与低水平呼气末正压肺保护性通气策略效果的比较: meta分析 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2020, 40 (6): 716-719.
- 6 Mazzinari G, Diaz-Cambronero O, Alonso-Iñigo JM, et al. Intraabdominal pressure targeted positive end-expiratory pressure during laparoscopic surgery: an open-label, nonrandomized, crossover, clinical trial [J]. *Anesthesiology*, 2020, 132 (4): 667-677.
- 7 胡家瑞, 张扬, 高巨. 驱动压导向个体化PEEP通气对腹腔镜手术老年患者术中心功能的影响 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2022, 42 (7): 813-817.
- 8 Pan LL, Gao LL, Yang L, et al. Effect of EIT-guided individualized PEEP setting on the incidence of hypoxemia in elderly patients undergoing robot-assisted radical prostatectomy [J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2022, 102 (47): 3727-3733.
- 9 Ma X, Fu Y, Piao X, et al. Individualised positive end-expiratory pressure titrated intra-operatively by electrical impedance tomography optimises pulmonary mechanics and reduces postoperative atelectasis: a randomised controlled trial [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2023, 40 (11): 805-816.
- 10 张倩倩, 李云. 个体化呼气末正压通气对前列腺癌根治术患者术后肺部并发症的影响 [J]. *现代医药卫生*, 2023, 39 (10): 1646-1650.
- 11 代元大, 洪秀云, 姚静, 等. 不同水平呼气末正压通气对肥胖患者围术期呼吸功能的影响 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2021, 37 (3): 247-252.
- 12 Tusman G, Wallin M, Acosta C, et al. Positive end-expiratory pressure individualization guided by continuous end-expiratory lung volume monitoring during laparoscopic surgery [J]. *J Clin Monit Comput*, 2022, 36 (5): 1557-1567.
- 13 Zhang W, Liu FF, Zhao ZQ, et al. Driving pressure-guided ventilation improves homogeneity in lung gas distribution for gynecological laparoscopy: a randomized controlled trial [J]. *Sci Rep*, 2022, 12 (1): 21687.
- 14 Li YP, Xu WW, Cui YP, et al. Effects of driving pressure-

- guided ventilation by individualized positive end-expiratory pressure on oxygenation undergoing robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: a randomized controlled clinical trial [J]. *J Anesth*, 2023, 37 (6): 896-904.
- 15 Li X, Liu H, Wang J, et al. Individualized positive end-expiratory pressure on postoperative atelectasis in patients with obesity: a randomized controlled clinical trial [J]. *Anesthesiology*, 2023, 139 (3): 262-273.
- 16 Jin DY, Yu H, Li H, et al. Hemodynamic changes of anesthesia, pneumoperitoneum, and head-down tilt during laparoscopic surgery in elderly patients [J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9 (14): 1177.
- 17 Spinelli E, Scaramuzza G, Slobod D, et al. Understanding cardiopulmonary interactions through esophageal pressure monitoring [J]. *Front Physiol*, 2023, 14: 1221829.
- 18 D'Antini D, Huhle R, Herrmann J, et al. Respiratory system mechanics during low versus high positive end-expiratory pressure in open abdominal surgery: a substudy of PROVHILO randomized controlled trial [J]. *Anesth Analg*, 2018, 126 (1): 143-149.

(责任编辑:施晓亚,潘越)

(上接第434页)

- 8 Downton T, Zhou F, Segara D, et al. Oral selective estrogen receptor degraders (SERDs) in breast cancer: advances, challenges, and current status [J]. *Drug Des Devel Ther*, 2022, 16: 2933-2948.
- 9 中国临床肿瘤学会指南工作委员会组织. 中国临床肿瘤学会 (CSCO) 乳腺癌诊疗指南-2024 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2024.
- 10 Turner NC, Slamon DJ, Ro J, et al. Overall survival with palbociclib and fulvestrant in advanced breast cancer [J]. *N Engl J Med*, 2018, 379 (20): 1926-1936.
- 11 Sledge GW Jr, Toi M, Neven P, et al. MONARCH 2: abemaciclib in combination with fulvestrant in women with HR+/HER2- advanced breast cancer who had progressed while receiving endocrine therapy [J]. *J Clin Oncol*, 2017, 35 (25): 2875-2884.
- 12 Finn RS, Martin M, Rugo HS, et al. Palbociclib and letrozole in advanced breast cancer [J]. *N Engl J Med*, 2016, 375 (20): 1925-1936.
- 13 Johnston S, Martin M, Di Leo A, et al. MONARCH 3 final PFS: a randomized study of abemaciclib as initial therapy for advanced breast cancer [J]. *NPJ Breast Cancer*, 2019, 5: 5.
- 14 Liu BL, Hu ZY, Xie N, et al. Beyond clinical trials: CDK4/6 inhibitor efficacy predictors and nomogram model from real-world evidence in metastatic breast cancer [J]. *Cancer Innov*, 2024, 3 (6): e143.
- 15 袁洋, 江泽飞. 再议乳腺癌内分泌治疗热点问题 [J]. *中华医学杂志*, 2023, 103 (34): 2647-2651.
- 16 Llombart-Cussac A, Pérez-García JM, Bellet M, et al. Fulvestrant-palbociclib vs letrozole-palbociclib as initial therapy for endocrine-sensitive, hormone receptor-positive, ERBB2-negative advanced breast cancer: a randomized clinical trial [J]. *JAMA Oncol*, 2021, 7 (12): 1791-1799.
- 17 Wang JY, Cai L, Song YQ, et al. Clinical efficacy of fulvestrant versus exemestane as first-line therapies for Chinese postmenopausal oestrogen-receptor positive/human epidermal growth factor receptor 2-advanced breast cancer (FRIEND study) [J]. *Eur J Cancer*, 2023, 184: 73-82.
- 18 Chen XM, Luo R, Zhang YM, et al. Long noncoding RNA DIO3OS induces glycolytic-dominant metabolic reprogramming to promote aromatase inhibitor resistance in breast cancer [J]. *Nat Commun*, 2022, 13 (1): 7160.
- 19 王保宁, 姜一弘, 赵晶, 等. 乳腺癌分子成像靶标及成像技术的临床应用进展 [J]. *解放军医学院学报*, 2021, 42 (10): 1105-1109.
- 20 裴琴, 叶婷. TMEM家族在乳腺癌中的研究进展 [J]. *解放军医学院学报*, 2023, 44 (7): 806-811.
- 21 Taylor-Stokes G, Mitra D, Waller J, et al. Treatment patterns and clinical outcomes among patients receiving palbociclib in combination with an aromatase inhibitor or fulvestrant for HR+/HER2-negative advanced/metastatic breast cancer in real-world settings in the US: Results from the IRIS study [J]. *Breast*, 2019, 43: 22-27.
- 22 Liang X, Zhang LH, Gui XY, et al. Real-world study of palbociclib combined with endocrine therapy for patients with metastatic breast cancer: a comparison of subsequent treatment patterns and HER2 expression analysis [J]. *Cancer*, 2024, 130 (S8): 1476-1487.

(责任编辑:潘越,施晓亚)