

## 论著·临床研究

## 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\*

张倩倩, 李云<sup>△</sup>

(安徽医科大学第二附属医院麻醉科, 安徽 合肥 230601)

**[摘要]** **目的** 探究腹腔镜前列腺癌根治术中应用个体化呼气末正压(PEEP)通气对患者术后肺部并发症的影响。**方法** 采用随机数字表法将 2021 年 8 月至 2022 年 2 月该院收治的 40 例择期行腹腔镜前列腺癌根治术老年患者分为对照组(C 组)和驱动压导向组(P 组), 每组 20 例。C 组在气管插管后采用 5 cm H<sub>2</sub>O 的 PEEP, P 组在气管插管后首先进行 1 次肺复张, 然后以 5 cm H<sub>2</sub>O(1 cm H<sub>2</sub>O=0.098 kPa)为起点, 依次增加 1 cm H<sub>2</sub>O 直至 15 cm H<sub>2</sub>O, 保持 10 个呼吸循环后计算驱动压, 并选择驱动压最低时对应的 PEEP 值维持至手术结束, 手术结束后拔管前再进行 1 次肺复张。主要观察指标为两组患者术后 7 d 肺部并发症发生情况, 次要观察指标为两组患者各时间点[气腹-Trendelenburg 体位建立后即刻(T<sub>0</sub>)、PEEP 滴定完成后 30 min(T<sub>1</sub>)、1 h(T<sub>2</sub>)、2 h(T<sub>3</sub>)、术后 30 min(T<sub>4</sub>)]呼吸力学变化和氧合指数等。**结果** 与 C 组比较, P 组患者拔管时间明显缩短, 术中补液量、血管活性药使用比例均明显增多, T<sub>1</sub>~4 时动脉血氧分压、氧合指数, T<sub>1</sub>~3 时气道峰压、气道平台压、动态肺顺应性均明显升高, 驱动压明显降低, 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ); 术后 7 d 肺部并发症发生率虽然有所降低, 但差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论** 驱动压导向的个体化 PEEP 通气能改善患者术中呼吸力学, 但两组患者术后肺部并发症发生率无明显差异。

**[关键词]** 驱动压; 呼气末正压; 老年人; 前列腺肿瘤; 呼吸功能

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2023.10.006

中图法分类号: R614; R737.25

文章编号: 1009-5519(2023)10-1646-05

文献标识码: A

Effect of individualized positive end expiratory pressure ventilation on postoperative pulmonary complications in patients with prostatic cancer radical operation\*

ZHANG Qianqian, LI Yun<sup>△</sup>

(Department of Anesthesiology, Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei, Anhui 230601, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the effect of individualized positive end-expiratory pressure (PEEP) ventilation on postoperative pulmonary complications in the patients with prostatic cancer radical operation. **Methods** A total of 40 patients with elective laparoscopic prostatic cancer radical operation treated in this hospital from August 2021 to February 2022 were divided into the control group (C) and driving pressure guiding group (P) by the random number table method, 20 cases in each group. The group C adopted 5 cm H<sub>2</sub>O (1 cm H<sub>2</sub>O=0.098 kPa) of PEEP after tracheal intubation, while the group P underwent once lung re-expansion after tracheal intubation, then with 5 cm H<sub>2</sub>O as the starting point, increased 1 cm H<sub>2</sub>O to 15 cm H<sub>2</sub>O successively, and maintained 10 breathing cycles and the driving pressure was calculated. The corresponding PEEP value at the minimal driving pressure was selected and maintained until the end of the surgery. After the surgery, once lung re-expansion before extubation was conducted. The main observation indicators were the incidence situation of pulmonary complications on postoperative 7 d in both groups, and the secondary observation indicators were the breathing mechanic changes and oxygenation index, etc at each timepoint [immediately after the Trendelenburg position establishment(T<sub>0</sub>), at 30 min(T<sub>1</sub>), 1 h(T<sub>2</sub>) and 2 h(T<sub>3</sub>) after PEEP titration completion, and at 30 min after the operation(T<sub>4</sub>)]. **Results** Compared with the group C, the extubation time in the group P was significantly shortened, the intraoperative fluid replacement amount and use ratios of vasoactive drugs were significantly increased, PaO<sub>2</sub> and OI at T<sub>1</sub>-4, P<sub>peak</sub>, P<sub>plat</sub>, and C<sub>dyn</sub> at T<sub>1</sub>-3 were significantly increased, the driving pressure was significantly decreased, and the differences were

\* 基金项目: 安徽高校自然科学基金资助项目(KJ2019ZD24)。

作者简介: 张倩倩(1997-), 硕士研究生, 住院医师, 主要从事的肺保护方面的研究。 <sup>△</sup> 通信作者, E-mail: yunli\_001@aliyun.com。

statistically significant ( $P < 0.05$ ). Although the incidence rate of pulmonary complications was decreased on postoperative 7 d, and the difference was not statistically significant ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** The driving pressure guiding individualized PEEP could improve intraoperative respiratory mechanics in the patients, but there is no statistically significant difference in the incidence rate of postoperative pulmonary complications between the two groups.

**[Key words]** Driving pressure; Positive end expiratory pressure; Older; Prostate tumors; Respiratory function

腹腔镜前列腺癌根治术由于创伤小、恢复快已被广泛用于前列腺恶性肿瘤的治疗。该手术普遍采用全身麻醉,术中需陡峭的 Trendelenburg 卧位,并辅以二氧化碳气腹,而这二者结合会引起腹内压力和容积的增加从而使膈肌上移,功能残气量下降,肺顺应性降低,吸气峰压上升<sup>[1]</sup>。肺不张、通气血流比失调、肺内分流等使动脉血氧合差,这些变化在吸烟的老年患者中表现更明显。呼气末正压(PEEP)是在机械通气时于患者呼气末呼吸机给予气道的外源性压力,PEEP 的作用是帮助肺复张,扩张塌陷肺泡,从而提高肺顺应性,改善通气/血流比例失调和肺内分流,增加氧的运输和弥散。所以,设置合适的 PEEP 水平尤为重要,目前,滴定 PEEP 的方法多种多样。驱动压是促使肺泡开放的压力,代表肺实质在每个通气循环过程中受到循环应变的压力,是气道平台压(Pplat)与 PEEP 的差(Pplat-PEEP),所以,利用驱动压指导 PEEP 的滴定是一种较为简便而实用的方法<sup>[2-3]</sup>。本研究在腹腔镜前列腺癌根治术中采用驱动压最低时对应的 PEEP 通气,观察了其对患者术后肺部并发症的影响,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

**1.1.1 研究对象** 选取 2021 年 8 月至 2022 年 2 月本院收治的择期行腹腔镜前列腺癌根治术老年患者 40 例,采用随机数字表法分为驱动压导向组(P 组)和对照组(C 组),每组 20 例。本研究经本院医学伦理委员会审批。

**1.1.2 纳入标准** (1)年龄大于或等于 60 岁;(2)具有择期行腹腔镜前列腺癌根治术的手术指征;(3)体重指数(BMI)18.5~30.0 kg/m<sup>2</sup>;(4)美国麻醉医师协会(ASA)分级 II~III 级;(5)肺功能未见明显异常,无困难气道、哮喘或慢性阻塞性肺疾病等肺部疾病;(6)预计手术时间大于或等于 2 h;(7)患者及家属同意参与本研究并签署知情同意书。

**1.1.3 排除标准** (1)患有严重呼吸系统、心血管疾病,肝、肾功能损害,胸廓及脊柱畸形等;(2)合并认知功能障碍或精神类疾病;(3)最近 3 个月参与其他临床研究。

### 1.2 方法

**1.2.1 麻醉方法** 两组患者术前均常规禁食、禁饮,未给予术前用药。入室后开放上肢外周静脉,监测心

电图、无创血压、脉搏血氧饱和度、呼气末二氧化碳分压、脑电双频指数等,行桡动脉穿刺置管监测有创血压,行右侧颈内静脉穿刺置管用于监测中心静脉压和术中补液。麻醉诱导:静脉注射咪达唑仑(江苏恩华药业股份有限公司,国药准字:H20031037)0.03 mg/kg、舒芬太尼(宜昌人福药业股份有限公司,国药准字:H20054172)0.4 μg/kg、依托咪酯(江苏恩华药业股份有限公司,国药准字:H32022992)0.3 mg/kg、罗库溴铵(德国 Germany,国药准字:H20140847)0.8 mg/kg。经口可视喉镜下行气管插管,连接呼吸机行机械通气。麻醉维持采用静吸复合麻醉,吸入 1%~2%七氟醚(江苏恒瑞医药股份有限公司,国药准字:H20040771),静脉泵注丙泊酚(德国 B. Braun Melsungen AG,国药准字:HJ20160354)3~4 mg/(kg·h)、瑞芬太尼(宜昌人福药业股份有限公司,国药准字:H20030199)0.05~0.1 μg/(kg·min)、顺式阿曲库铵(江苏恒瑞医药股份有限公司,国药准字:H20174008)0.1~0.2 mg/(kg·h),维持脑电双频指数为 40~60。术中补液以晶体液为主,当平均动脉压下降幅度超过术前的 20%时酌情静脉注射去氧肾上腺素(上海禾丰制药有限公司,国药准字:H31021175)0.1 mg。手术结束前 30 min 停用顺式阿曲库铵和七氟醚,术毕停用丙泊酚和瑞芬太尼。

**1.2.2 个体化 PEEP 确定** 两组患者均使用压力控制-容量保证通气模式,潮气量 6 mL/kg,呼吸频率 12 次/分,吸呼比 1:2,吸入氧浓度设为 60%,吸入氧流量为 2 L/min,维持呼气末二氧化碳分压为 35~50 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa),必要时采用允许性高碳酸血症通气管理策略,维持动脉血二氧化碳分压(PaCO<sub>2</sub>)上限不超过 70 mm Hg<sup>[4-5]</sup>。P 组于气管插管后、手术结束后拔管前各进行 1 次肺复张<sup>[5]</sup>,C 组 PEEP 设置为 5 cm H<sub>2</sub>O(1 cm H<sub>2</sub>O=0.098 kPa)直至手术结束;P 组使用驱动压导向的个体化 PEEP,具体方法<sup>[6]</sup>:气腹-Trendelenburg 位建立即刻以获得最小的驱动压为目标,从 PEEP 5 cm H<sub>2</sub>O 开始,每次增加 1 cm H<sub>2</sub>O,保持 10 个呼吸循环,最大不超过 15 cm H<sub>2</sub>O,记录 Pplat-PEEP,选取最低驱动压对应的 PEEP 值,至手术结束。

**1.2.3 观察指标** (1)两组患者气腹-Trendelenburg 体位建立后即刻(T0)、PEEP 滴定完成后 30 min(T1)、1 h(T2)、2 h(T3)、术后 30 min(T4)进行血气

分析,记录动脉血氧分压(PaO<sub>2</sub>)、PaCO<sub>2</sub>,计算氧合指数(OI);(2)记录两组患者 T0~3 时气道峰压(Ppeak)、Pplat、动态肺顺应性(Cdyn)等呼吸力学指标;(3)记录两组患者术后 7 d 肺部并发症发生情况。(4)记录两组患者手术时间、术中补液量、血管活性药使用次数、气腹压等。

**1.3 统计学处理** 采用 SPSS26.0 统计软件进行数据分析,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,计数资料以率或构成比表示,采用独立样本 *t* 检验、重复测量方差分析、 $\chi^2$  检验等。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结 果**

**2.1 两组患者一般资料及术中情况比较** 两组患者年龄、BMI、ASA 分级、吸烟史、手术时间、气腹压比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。与 C 组比较,P 组患者拔管时间明显缩短,术中补液量、血管活性药使用比例均明显增多,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 1。

**2.2 两组患者各时间点氧合指标比较** 与 T0 时比较,两组患者 T1~4 时 PaCO<sub>2</sub> 均明显升高,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );P 组患者 T1~4 时 PaO<sub>2</sub>、OI 均高于 C 组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 2。

**2.3 两组患者各时间点呼吸力学参数比较** 与 T0

时比较,两组患者 T1~3 时 Ppeak、Pplat、驱动压均明显升高,Cdyn 明显降低,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );P 组患者 T1~3 时 Ppeak、Pplat、Cdyn 均明显高于 C 组,驱动压明显低于 C 组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 1 两组患者一般资料及术中情况比较

组别	C 组(n=20)	P 组(n=20)
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	70.6 ± 3.8	72.3 ± 3.4
BMI( $\bar{x} \pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	24.4 ± 3.6	25.8 ± 2.4
ASA 分级[n(%)]		
Ⅱ级	11(55.0)	13(65.0)
Ⅲ级	9(45.0)	7(35.0)
吸烟史[n(%)]	7(35.0)	8(40.0)
手术时间( $\bar{x} \pm s$ , min)	156 ± 18	162 ± 24
拔管时间( $\bar{x} \pm s$ , min)	22.3 ± 12.0	11.6 ± 6.2 <sup>a</sup>
气腹压( $\bar{x} \pm s$ , mm Hg)	14.4 ± 1.2	14.5 ± 1.5
术中补液量( $\bar{x} \pm s$ , mL)	1 445.0 ± 456.0	1 900.0 ± 257.5 <sup>a</sup>
使用血管活性药[n(%)]		
是	6(30.0)	13(65.0) <sup>a</sup>
否	14(70.0)	7(35.0)

注:与 C 组比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

表 2 两组患者各时间点患者氧合指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

氧合指标	T0	T1	T2	T3	T4
PaO <sub>2</sub> (mm Hg)					
C 组(n=20)	266.3 ± 50.1	253.6 ± 35.0	254.4 ± 37.2	253.1 ± 36.5	251.4 ± 31.3
P 组(n=20)	263.4 ± 26.8	275.0 ± 21.8 <sup>b</sup>	281.1 ± 29.3 <sup>b</sup>	278.3 ± 19.2 <sup>b</sup>	269.4 ± 22.6 <sup>b</sup>
PaCO <sub>2</sub> (mm Hg)					
C 组(n=20)	39.8 ± 4.2	51.0 ± 7.0 <sup>a</sup>	53.3 ± 7.6 <sup>a</sup>	55.5 ± 7.5 <sup>a</sup>	47.3 ± 4.9 <sup>a</sup>
P 组(n=20)	40.5 ± 3.2	54.3 ± 5.3 <sup>a</sup>	55.8 ± 5.0 <sup>a</sup>	56.7 ± 5.7 <sup>a</sup>	47.0 ± 3.6 <sup>a</sup>
OI (mm Hg)					
C 组(n=20)	443.8 ± 83.5	422.5 ± 58.3	423.9 ± 62.1	421.8 ± 60.8	418.9 ± 52.2
P 组(n=20)	439.0 ± 44.6	458.3 ± 36.3 <sup>b</sup>	468.5 ± 48.8 <sup>b</sup>	463.8 ± 32.0 <sup>b</sup>	448.9 ± 37.6 <sup>b</sup>

注:与同组 T0 时比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与 C 组同时间点比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$ 。

表 3 两组患者各时间点呼吸力学参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

指标	T0	T1	T2	T3
Ppeak(cm H <sub>2</sub> O)				
C 组(n=20)	16.4 ± 2.3	23.2 ± 4.1 <sup>a</sup>	25.3 ± 3.8 <sup>a</sup>	25.1 ± 4.5 <sup>a</sup>
P 组(n=20)	16.1 ± 2.6	27.0 ± 2.0 <sup>ab</sup>	27.9 ± 1.8 <sup>ab</sup>	28.2 ± 1.6 <sup>ab</sup>
Pplat(cm H <sub>2</sub> O)				
C 组(n=20)	16.0 ± 3.2	22.8 ± 4.2 <sup>a</sup>	25.2 ± 3.8 <sup>a</sup>	24.7 ± 4.7 <sup>a</sup>
P 组(n=20)	15.9 ± 3.6	26.8 ± 2.4 <sup>ab</sup>	27.3 ± 2.2 <sup>ab</sup>	28.1 ± 1.9 <sup>ab</sup>
驱动压(cm H <sub>2</sub> O)				
C 组(n=20)	11.3 ± 3.2	17.8 ± 4.2 <sup>a</sup>	20.0 ± 3.9 <sup>a</sup>	19.5 ± 4.5 <sup>a</sup>
P 组(n=20)	10.9 ± 3.6	14.5 ± 1.4 <sup>ab</sup>	15.0 ± 1.2 <sup>ab</sup>	15.8 ± 1.6 <sup>ab</sup>
Cdyn(mL/cm H <sub>2</sub> O)				
C 组(n=20)	57.9 ± 14.5	32.5 ± 7.9 <sup>a</sup>	30.0 ± 6.5 <sup>a</sup>	31.4 ± 9.5 <sup>a</sup>
P 组(n=20)	54.7 ± 10.3	41.1 ± 4.1 <sup>ab</sup>	39.2 ± 4.4 <sup>ab</sup>	40.3 ± 4.3 <sup>ab</sup>

注:与同组 T0 时比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与 C 组同时间点比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$ 。

## 2.4 两组患者术后 7 d 肺部并发症发生情况比较

C 组患者术后 7 d 累积出现肺部并发症 7 例, P 组患者术后 7 天累积出现肺部并发症 3 例。两组患者术后 7 d 肺部并发症发生率比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 4。

表 4 两组患者术后 7 d 肺部并发症发生情况比较

项目	C 组 ( $n=20$ )	P 组 ( $n=20$ )
呼吸衰竭 ( $n$ )	1	0
肺部感染 ( $n$ )	4	3
肺不张 ( $n$ )	1	0
胸腔积液 ( $n$ )	0	0
气胸 ( $n$ )	0	0
支气管痉挛 ( $n$ )	1	0
再次气管插管 ( $n$ )	0	0
合计 [ $n$ (%)]	7(35.0)	3(15.0)

## 3 讨 论

肺保护性通气策略能在维持机体充分氧合的前提下防止肺泡过度扩张和萎陷, 减少低氧血症发生率, 是一种减少肺部并发症、降低术后病死率的呼吸支持策略<sup>[7]</sup>。肺保护性通气策略的主要方法包括小潮气量、低吸入氧浓度、间断肺复张、个体化 PEEP 等。其中 PEEP 是指在机械通气基础上于呼气末期对气道内施加一个阻力, 使气道压高于大气压, 可使呼气末小气道开放, 有利于二氧化碳排出。同时, 通过增加肺泡直径增加肺容量, 避免肺泡的早期闭合, 使肺泡扩张, 增加功能残气量, 改善肺部通气功能。目前, 关于如何滴定个体化 PEEP 还没有明确的方法。驱动压可评价肺部疾病的严重程度<sup>[8]</sup>, 其升高会导致肺泡过度膨胀, 在机械通气的过程中普遍认为低驱动压能优化肺保护性通气策略, 保护肺泡免受过度扩张的不利影响, 从而降低术后肺部并发症发生率。利用驱动压滴定个体化 PEEP 是一种较为先进而便捷的方法。

本研究结果显示, 两组患者手术时间、气腹压比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 但个体化 PEEP 滴定能减少患者拔管时间, 说明个体化 PEEP 滴定不影响腹腔镜 Trendelenburg 体位患者手术顺利进行, 然而 P 组患者血管活性药使用率更高, 术中补液量也更大, 表明虽然较高的 PEEP 可提供更有利的呼吸力学和更均匀的通气分布, 但其可导致胸膜腔内压增高影响静脉回流出现术中低血压, 从而增加血管活性药物的使用<sup>[9]</sup>。然而, 之前的一项大型多中心研究表明, 个体化 PEEP 组和固定低水平 PEEP 组患者血管活性药需求和补液量无显著差异<sup>[10]</sup>。由于本研究没有充分反映血流动力学参数, 因此, 需要进一步的研究评估个体化 PEEP 的血流动力学效果。在个体化 PEEP 水平较高的情况下必须权衡获得更均匀通气的

优势与血流动力学不良反应的风险, 当优先考虑避免气体交换恶化时建议应用个体化高水平的 PEEP。

本研究发现, PEEP 滴定完后 P 组患者  $\text{PaO}_2$ 、OI、 $\text{C}_{\text{dyn}}$  均明显高于 C 组, 可能是因为在 Trendelenburg 卧位联合气腹的条件下固定低水平的 PEEP 不能使肺泡保持开放状态, C 组患者术中再次出现了肺泡塌陷; 而 P 组患者 PEEP 虽然有差别, 但均动态高于 5 cm  $\text{H}_2\text{O}$ , 因此, P 组患者能更好地保持肺泡开放, 从而获得更好的呼吸系统顺应性和氧合能力。OI 往往能直接反映肺的氧合能力, 且与肺氧合功能呈正相关<sup>[11]</sup>。本研究 P 组患者 T4 时 OI 高于 C 组, 体现出 P 组患者相较固定 5 cm  $\text{H}_2\text{O}$  的 PEEP 设置的优势, 表明驱动压引导的个体化 PEEP 设置具有一定的临床意义。

本研究 P 组患者在术中通气期间将经历 2 次肺复张。原因有二, 其一是在没有肺复张的情况下应用 PEEP 已被证明对减少肺不张无效<sup>[12]</sup>; 其二是腹腔镜前列腺癌根治术是在受限的和非弹性的盆腔空间进行的, 与其他类型的手术比较, 患者年龄更大。因此, 可能更需要重复的肺复张产生效果<sup>[13]</sup>。肺复张是通过在固定的时间间隔内增加 PEEP 来执行的, 逐步递增 PEEP 法已被证明可在连续机械通气的情况下有效提高肺顺应性和氧合作用<sup>[14]</sup>。此外, 在维持血流动力学稳定方面与其他类型的肺复张(如“挤压呼吸囊”)相比具有优势<sup>[15]</sup>。与 P 组患者相反, C 组患者将不接受肺复张。因为在当前的日常实践中肺复张并不经常执行<sup>[16]</sup>。为了让一组患者接受日常实践工作中的机械通气, 决定在 C 组患者中不进行肺复张。

一项荟萃分析表明, 术中低潮气通气联合 PEEP 和肺复张可减少术后肺部感染、肺不张和急性肺损伤的发生<sup>[17]</sup>。同样, 另一项多中心临床研究, 即改进试验主张使用更高水平的 PEEP 进行保护性通气<sup>[18]</sup>。相比之下, FERRANDO 等<sup>[10]</sup>研究表明, 在降低术后肺部并发症方面没有显示出高水平的 PEEP 的益处, 此外, 其强调了高水平的 PEEP 引起的术中循环障碍。在本研究中具有特殊手术位置的腹腔镜前列腺癌根治术期间低潮气量与高水平的 PEEP 和肺复张相结合已显示出对术后肺部并发症的潜在益处。本研究结果显示, 驱动压引导下的个体化 PEEP 设置降低了术后 7 d 肺部并发症发生率。

当然, 本研究存在一些局限性: (1) 递增 PEEP 试验开始时 PEEP 很可能低于肺泡关闭压力, 可能导致某些肺泡重新塌陷, 从而抵消了之前肺复张产生的影响; (2) 由于样本量相对较小, 疾病的病种单一, 无法正确进行亚组分析。因此, 后期需进一步加大样本量证实本研究结论。

综上所述, 在老年腹腔镜前列腺癌根治术中以驱动压为引导设置个体化 PEEP 安全、可行, 术中采用驱动压引导个体化 PEEP 设置能改善患者术中呼吸

力学,但两组患者术后肺部并发症发生率无明显差异。

## 参考文献

- [1] YOON H K, KIM B R, 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]. *J Clin Med*, 2021, 10(4): 850.
- [2] BUGEDO G, RETAMAL J, BRUHN A. Driving pressure: a marker of severity, a safety limit, or a goal for mechanical ventilation? [J]. *Crit Care*, 2017, 21(1): 199.
- [3] AHN H J, PARK M, KIM J A, et al. Driving pressure guided ventilation[J]. *Korean J Anesthesiol*, 2020, 73(3): 194-204.
- [4] 吴宇娟, 高巨. 围术期机械通气/肺保护性通气再认识[J]. *临床麻醉学杂志*, 2020, 36(1): 82-85.
- [5] 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.
- [6] PARK M, AHN H J, KIM J A, et al. Driving pressure during thoracic surgery: a randomized clinical trial[J]. *Anesthesiology*, 2019, 130(3): 385-393.
- [7] 中华医学会麻醉学分会“围术期肺保护性通气策略临床应用专家共识”工作小组. 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, 40(5): 513-519.
- [8] 袁珂. 驱动压指导个体化 PEEP 对开腹手术患者肺功能及 PPCs 的影响[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [9] ALGERA A G, PISANI L, BERGMANS D C J, et al. RELAx-REstricted versus Liberal positive end-expiratory pressure in patients without ARDS: protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2018, 19(1): 272.
- [10] FERRANDO C, SORO M, UNZUETA C, et al. Individualised perioperative open-lung approach versus standard protective ventilation in abdominal surgery (iPROVE): a randomised controlled trial [J]. *Lancet Respir Med*, 2018, 6(3): 193-203.
- [11] 曹鹏, 宋正杰, 程静林. 驱动压导向的个体化呼气末正压通气对腹腔镜手术患者的肺保护作用[J]. *实用临床医药杂志*, 2021, 25(10): 40-44.
- [12] REINIUS H, JONSSON L, GUSTAFSSON S, et al. Prevention of atelectasis in morbidly obese patients during general anesthesia and paralysis: a computerized tomography study [J]. *Anesthesiology*, 2009, 111(5): 979-987.
- [13] CHOI E S, OH A Y, IN C B, et al. Effects of recruitment manoeuvre on perioperative pulmonary complications in patients undergoing robotic assisted radical prostatectomy: a randomised single-blinded trial [J]. *PLoS One*, 2017, 12(9): e0183311.
- [14] SEVERGNINI P, SELMO G, LANZA C, et al. Protective mechanical ventilation during general anesthesia for open abdominal surgery improves postoperative pulmonary function [J]. *Anesthesiology*, 2013, 118(6): 1307-1321.
- [15] GÜLDNER A, KISS T, SERPA NETO A, et al. Intraoperative protective mechanical ventilation for prevention of postoperative pulmonary complications: a comprehensive review of the role of tidal volume, positive end-expiratory pressure, and lung recruitment maneuvers [J]. *Anesthesiology*, 2015, 123(3): 692-713.
- [16] LAS VEGAS INVESTIGATORS. Epidemiology, practice of ventilation and outcome for patients at increased risk of postoperative pulmonary complications: LAS VEGAS - an observational study in 29 countries [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2017, 34(8): 492-507.
- [17] YANG D, GRANT M C, 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? [J]. *Ann Surg*, 2016, 263(5): 881-887.
- [18] FUTIER E, CONSTANTIN J M, PAUGAMBURTZ C, et al. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery [J]. *N Engl J Med*. 2013, 369(5): 428-437.

(收稿日期: 2022-10-16 修回日期: 2023-01-18)