

个体化呼气末正压对全麻手术患者术后肺功能影响的 Meta 分析

翁丽波 陈小萍 葛亚丽 高巨

【摘要】 目的 探索个体化呼气末正压(PEEP)对全麻手术患者术后肺功能的影响。**方法** 检索 PubMed、Cochrane Library、Embase、Web of Science、中国知网、维普、万方数据库,收集个体化 PEEP 对全麻手术患者术后肺功能影响的随机对照试验(RCT),检索时间为建库至 2021 年 6 月。按照 Cochrane 指导手册进行文献筛选、资料提取和质量评价后,采用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析。**结果** 共纳入 RCT 研究 17 篇,共计患者 1 355 例,其中个体化 PEEP 组 670 例,固定 PEEP 组 685 例。与固定 PEEP 组比较,个体化 PEEP 组术后肺部并发症发生率明显降低($RR=0.60, 95\%CI 0.49\sim 0.74, P<0.001$),个体化 PEEP 组术中肺顺应性明显升高($SMD=1.41, 95\%CI 0.98\sim 1.83, P<0.001$),个体化 PEEP 组术后 PaO_2/FiO_2 明显升高($SMD=1.02, 95\%CI 0.61\sim 1.43, P<0.001$)。**结论** 个体化 PEEP 可提高术中肺顺应性、改善术后氧合,降低全麻手术患者术后肺部并发症发生率。

【关键词】 个体化;呼气末正压;肺保护通气策略;Meta 分析

Effect of individualized positive end-expiratory pressure on postoperative pulmonary function in patients undergoing general anesthesia: a meta-analysis WENG Libo, CHEN Xiaoping, GE Yali, GAO Ju. Department of Anesthesiology, Northern Jiangsu People's Hospital Affiliated to Yangzhou University, Yangzhou 225000, China

Corresponding author: CHEN Xiaoping, Email: 330989007@qq.com

【Abstract】 Objective To explore the effect of individualized positive end-expiratory pressure (PEEP) on postoperative pulmonary function of patients undergoing general anesthesia. **Methods** Randomized controlled trials (RCTs) about the effect of individualized PEEP in postoperative pulmonary function in patients undergoing general anesthesia were searched in the PubMed, Cochrane Library, Embase, Web of Science, CNKI, VIP, and Wangfang data from the the year of establishment to June 2021. After literature screening, data extraction and quality assessment were performed according to the Cochrane guidelines. RevMan 5.3 software was used for meta-analysis. **Results** Seventeen RCTs including 1 355 patients were enrolled, 670 patients in individualized PEEP group and 685 patients in fixed PEEP group. Compared with the fixed PEEP group, the incidence of postoperative pulmonary complications was significantly decreased in the individualized PEEP group ($RR=0.60, 95\% CI 0.49\sim 0.74, P<0.001$), and intraoperative lung compliance was significantly increased in the individualized PEEP group ($SMD=1.41, 95\% CI 0.98\sim 1.83, P<0.001$), and postoperative PaO_2/FiO_2 was significantly increased in the individualized PEEP group ($SMD=1.02, 95\% CI 0.61\sim 1.43, P<0.001$). **Conclusion** Individualized PEEP can significantly enhance intraoperative lung compliance, improve oxygenation and reduce the incidence of postoperative pulmonary complications.

【Key words】 Individualized; Positive end-expiratory pressure; Lung protective ventilation strategy; Meta analysis

肺保护性通气策略是行机械通气时在允许性高碳酸血症范围内,予以较小的潮气量和平台压,以及一定水平的呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)^[1]。但是低水平 PEEP 容易引起肺不张,导致低氧血症,高水平 PEEP 则可能造成肺损

伤,并影响血流动力学的稳定^[2-3]。因此,在保证肺复张和避免肺泡过度膨胀的平衡中确定最佳 PEEP 尤为重要。目前确定最佳 PEEP 的方法包括 PEEP- FiO_2 表格法、PEEP 递减法、P-V 曲线法、压力指数法、驱动压以及 CT、超声和体层阻抗影像学等。Elshazly 等^[4]研究表明,驱动压或肺部超声等方法滴定的最佳 PEEP 可以改善腹部手术患者术中肺氧合、肺顺应性,并减少术后肺部并发症。目前个体化 PEEP 能否改善术后肺功能仍有争议^[5]。本研究

通过 Meta 分析,评价个体化 PEEP 对全麻手术患者术后肺功能的影响,为临床提供参考。

资料与方法

检索策略 计算机检索 PubMed、Cochrane Library、Embase、Web of Science、中国知网、维普、万方数据库,收集比较个体化 PEEP 与固定水平 PEEP 对全麻手术患者术后肺功能影响的随机对照试验(randomized controlled trial, RCT),英文检索关键词为“positive end-expiratory pressure”“individualized positive end-expiratory pressure”“positive-pressure respiration”“positive end expiratory pressure ventilation”“randomized controlled trial”;中文检索关键词为“呼气末正压”或“PEEP”或“呼气末正压通气”和“随机对照”。对已经纳入文献的参考文献进行追溯。文献发表时间为建库至 2021 年 6 月。

纳入与排除标准 纳入标准:(1)研究对象为全麻手术患者,年龄>18 岁,手术时间>2 h;(2)研究类型为随机对照研究,包含个体化 PEEP 组和固定 PEEP 值组;(3)结局指标为术后肺部并发症发生情况、术后 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、术中肺顺应性、MAP、术后住院时间;(4)文种限中文和英文。排除标准:(1)数据不完整;(2)综述、Meta 分析和会议文章;(3)动物实验;(4)术前合并严重肺部疾病;(5)无法提取有效数据;(6)重复发表的文献。

筛选和质量评价 由 2 名研究调查人员严格按照上述纳入排除标准筛选符合条件的研究,从筛选的文献中提取数据。主要结局指标为术后肺部并发症发生率,次要结局指标包括术中 MAP、肺顺应性、术后 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、术后住院时间。根据 Cochrane 手册对所纳入的文献进行文献方法学质量评价,第 3 名研究人员在任何不一致的情况下做出最终决定。

统计分析 采用 RevMan 5.4 软件进行统计分析。对纳入的研究进行异质性检验,当 $P>0.1$ 且 $I^2<50\%$,认为异质性较低,采用固定效应模型;当 $P<0.1$ 且 $I^2>50\%$,认为异质性较高,采用随机效应模型。此外,利用随机效应模型分析异质性的来源。存在较高异质性时采用亚组分析和敏感性分析解释异质性的来源。连续型变量采用加权均数差(standard mean difference, SMD)及其 95%可信区间(confidence interval, CI)表示。二分类变量采用相对危险度(risk ratio, RR)及其 95% CI 表示。 $P<$

0.05 差异有统计学意义。

结 果

检索结果 初步筛选文献 16 226 篇,去除重复文献后剩余 12 072 篇,阅读文献标题和摘要后去除非 RCT、非个体化 PEEP 与固定 PEEP 比较的文献,最终纳入 17 篇文献^[4,6-21](图 1),患者共 1 355 例,其中个体化 PEEP 组 670 例,固定 PEEP 组 685 例。偏倚风险见图 2,其中,主要偏倚来源是对分配隐藏的描述和盲法的设置。纳入文献基本特征见表 1。

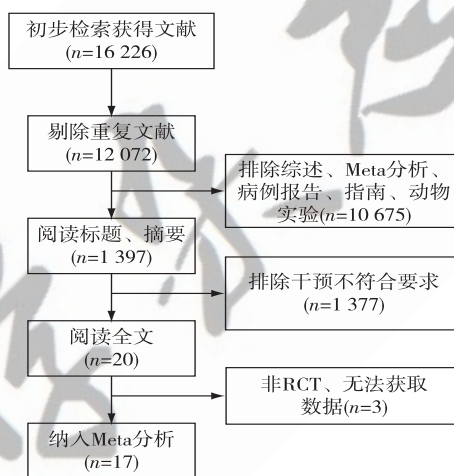


图 1 文献纳入流程图

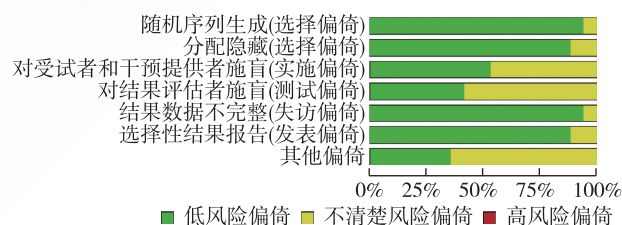


图 2 纳入研究风险偏倚图

术后肺部并发症发生率 有 10 篇文献^[4,8-11,14-15,17,20-21]报道了术后肺部并发症发生率,其中 4 篇文献为腹部手术^[4,11,20-21],6 篇文献为胸科手术^[8-10,14-15,17],排除 1 篇质量较低的胸科手术文献^[9],共纳入个体化 PEEP 组 476 例,固定 PEEP 组 473 例,研究无明显异质性($I^2=0\%$, $P=0.52$),采用固定效应模型,结果显示,与固定 PEEP 组比较,个体化 PEEP 组肺部并发症发生率明显降低($\text{RR}=0.60$, 95%CI $0.49\sim0.74$, $P<0.001$)(图 3)。

术中 MAP 有 6 篇文献^[8,10,14-15,18,21]报道了术中 MAP,包含 2 篇文献为腹部手术^[18,21],4 篇文献为胸科手术^[8,10,14,15],排除偏倚风险较大的 1 篇胸

表 1 纳入研究的基本特征

纳入研究	发表时间	样本量(例)		年龄 (岁)	手术类型	滴定方法	PEEP 值		结局 指标
		个体化 PEEP 组	固定 PEEP 组				个体化 PEEP 组	固定 PEEP 组	
Elshazly ^[4]	2020	20	20	18~65	腹腔镜手术	肺部超声评分	8	4	②⑧
曹鹏 ^[6]	2021	20	20	45~65	腹腔镜 结直肠癌手术	驱动压	9	5	①⑤
陈志刚 ^[7]	2016	39	38	45~70	胸腔镜 肺叶切除手术	动态顺应性	9	5	⑤
蒋蓉娟 ^[8]	2021	53	53	22~77	心脏瓣膜手术	驱动压	8	5	①②
温凯 ^[9]	2018	34	33	22~77	胸腔镜肺叶 切除手术	肺部超声评分	8	5	①②
吴益杭 ^[10]	2017	30	30	≥18	胸外科手术	静态顺应性	8	5	②④
张成密 ^[11]	2018	32	31	18~80	开腹手术	驱动压	8	5	②⑥⑦
Ferrando ^[12]	2014	15	15	≥18	胸外科手术	动态顺应性	10	5	⑤
Girrbach ^[13]	2020	20	20	≥18	腹腔镜前列腺 切除术	电阻抗断层成像	14	5	①③
Li ^[14]	2019	45	42	≥18	胸腔镜手术	动态顺应性	10	5	①②④⑦
Liu ^[15]	2019	50	50	18~65	胸腔镜手术	电阻抗断层成像	11	5	①②
Nestler ^[16]	2017	25	25	≥18	腹腔镜手术	电阻抗断层成像	18	5	①③
Park ^[17]	2019	145	147	>18	胸外科手术	驱动压	3	5	②
Pereira ^[18]	2018	20	20	>18	腹部手术	电阻抗断层成像	12	4	①②
Simon ^[19]	2021	25	44	≥18	腹腔镜手术	电阻抗断层成像	18	5	①
Yoon ^[20]	2021	30	30	≥20	前列腺切除术	动态顺应性	14	7	①②⑧
Zhang ^[21]	2021	67	67	18~80	开腹手术	驱动压	10	6	②④⑤

注:①, PaO₂/FiO₂; ②, 术后肺部并发症发生率; ③, 呼气末肺容积(EELV); ④, 术后住院时间; ⑤, 肺顺应性; ⑥, 死亡率; ⑦, ICU 住院时间; ⑧, 肺部超声评分

科手术文献^[10]后, 对其余 5 篇研究进行分析, 研究无明显异质性($I^2=0\%$, $P=0.91$), 采用固定效应模型, 结果显示, 两组术中 MAP 差异无统计学意义($SMD=0.11$, $95\%CI -0.07\sim0.29$, $P=0.23$)。

术中肺顺应性 有 13 篇文献^[4,6-8,10,12,14-16,18-21]报道了患者术中肺顺应性情况, 其中 7 篇文献为腹部手术^[4,6,16,18-21], 6 篇文献为胸科手术^[7,8,10,12,14,15]。排除偏倚风险较大的 2 篇文献^[6,10], 对其余 11 篇研究进行分析, 研究有明显异质性($I^2=86\%$, $P<0.001$), 采用随机效应模型, 结果显示, 与固定 PEEP 组比较, 个体化 PEEP 组术中肺顺应性明显升高($SMD=1.41$, $95\%CI 0.98\sim1.83$, $P<0.001$) (图 4)。

术后 PaO₂/FiO₂ 有 12 篇文献^[4,6,8-10,13-15,17-20]报道了术后 PaO₂/FiO₂, 包含 6 篇文献为腹部手

术^[4,6,13,18-20], 6 篇文献为胸科手术^[8-10,14-15,17], 排除偏倚风险较大的 1 篇腹部手术文献^[6]和 1 篇胸科手术文献^[10], 有明显异质性($I^2=87\%$, $P<0.001$), 故采用随机效应模型, 结果显示, 与固定 PEEP 组比较, 个体化 PEEP 组术后 PaO₂/FiO₂ 值明显升高($SMD=1.02$, $95\%CI 0.61\sim1.43$, $P<0.001$) (图 5)。

术后住院时间 有 3 篇文献^[9-10,15]报道了术后住院时间, 均为胸科手术, 有明显异质性($I^2=78\%$, $P=0.01$), 采用随机效应模型, 结果显示, 两组术后住院时间差异无统计学意义($SMD=-0.27$, $95\%CI -0.84\sim0.31$, $P=0.37$)。

基于患者肺部并发症发生率绘制漏斗图, 结果显示, 纳入的文献分布较为对称, 发表偏倚较小, 大部分研究集中在漏斗图的尖端, 说明纳入研究的可

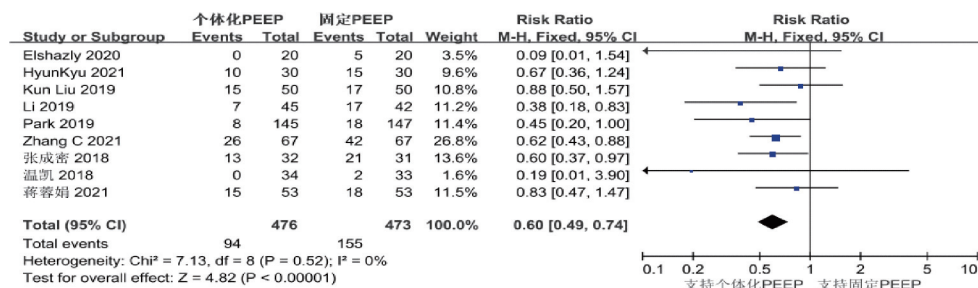


图3 两组患者术后肺部并发症发生率比较的森林图

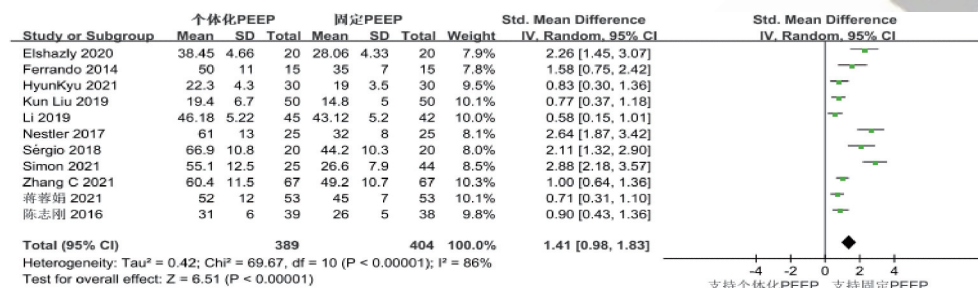
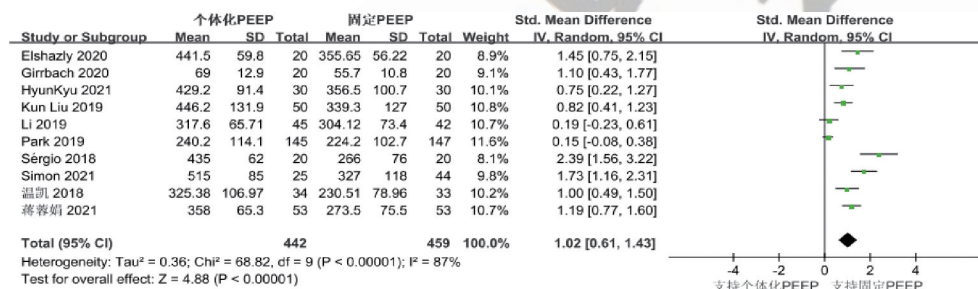


图4 两组患者术中肺顺应性比较的森林图

图5 两组患者术后 PaO₂/FiO₂ 比较的森林图

信区间狭窄,精确度较高(图6)。

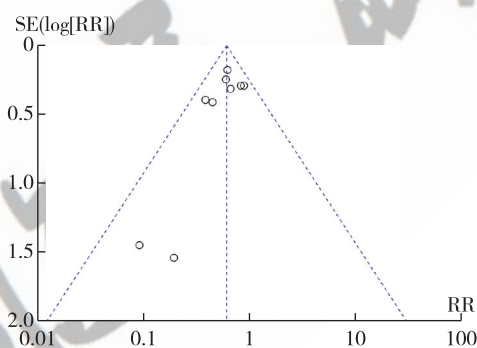


图6 术后肺部并发症发生率漏斗图

讨论

本研究分析显示,接受胸腹部手术的全麻患者术中应用个体化 PEEP 能提高术中肺顺应性和术后 PaO₂/FiO₂,明显降低术后肺部并发症发生率,两组患者术中 MAP 和术后住院时间差异并无统计学意

义。与固定 PEEP 比较,个体化 PEEP 在改善呼吸力学、降低肺不张发生率和严重程度方面具有明显的优势^[5,18],个体化 PEEP 比固定 PEEP 更能提高患者术中肺顺应性,这是由于个体化 PEEP 是依据患者呼吸系统和其他竞争性生理因素来进行个体化地选择最佳 PEEP,是比较贴合机体生理特性的,使得肺顺应性更高,肺泡在塌陷与扩张之间保持平衡,进而改善氧合,减少肺不张的发生。

术中应用个体化 PEEP 能够降低患者术后肺部并发症的发生率,此结论在多个研究中均已经得到认证^[15,17,21],但个体化 PEEP 的滴定方法有很多种,以何种方法滴定个体化 PEEP 的效果最好则需进一步研究。Zhang 等^[21]研究表明驱动压和术后肺部并发症的发生密切相关。驱动压是使得肺泡打开放的压力,等于潮气量除以呼吸系统顺应性,也表示为平台压力和呼气末正压之间的差值,比较敏感地反映了肺功能大小^[22],利用驱动压滴定 PEEP,

即在最小驱动压力时获取最佳 PEEP 值。Park 等^[17]研究表明,在单肺通气时应用驱动压滴定的个体化 PEEP 通气策略比应用常规通气策略能明显改善肺部通气,降低术后肺部并发症的发生率。

本研究存在一定的局限性。第一,纳入研究的手术类型仅仅包括胸腹部手术,未涉及颅脑手术,这是因为关于个体化 PEEP 应用于颅脑手术的研究较少,因此并未将颅脑手术纳入其中。第二,有 1 篇英文提及随机分配时并未具体说明随机分配的方法是否隐蔽。第三,纳入文献语言限制为中文和英文,可能造成发表偏倚。第四,本研究纳入的文献中,固定 PEEP 组的 PEEP 值并不统一,这种不一致的 PEEP 值差异可能会对研究结果造成差异。

综上所述,个体化 PEEP 能够提高患者术中肺顺应性、改善患者术后氧合,降低患者术后肺部并发症的发生率,但对患者术中 MAP 以及术后住院时间无明显影响。

参 考 文 献

- [1] Griffiths M, Fan E, Baudouin SV. New UK guidelines for the management of adult patients with ARDS. *Thorax*, 2019, 74 (10): 931-933.
- [2] Bluth T, Serpaneto A, Schultz M, et al. Effect of intraoperative high positive end-expiratory pressure (PEEP) with recruitment maneuvers vs low PEEP on postoperative pulmonary complications in obese patients: a randomized clinical trial. *JAMA*, 2019, 321(23): 2292-2305.
- [3] Chun EH, Baik HJ, Moon HS, et al. Comparison of low and high positive end-expiratory pressure during low tidal volume ventilation in robotic gynaecological surgical patients using electrical impedance tomography: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36(9): 641-648.
- [4] Elshazly M, Khair T, Bassem M, et al. The use of intraoperative bedside lung ultrasound in optimizing positive end expiratory pressure in obese patients undergoing laparoscopic bariatric surgeries. *Surg Obes Relat Dis*, 2021, 17(2): 372-378.
- [5] Fernandez-Bustamante A, Sprung J, Parker RA, et al. Individualized PEEP to optimise respiratory mechanics during abdominal surgery: a pilot randomised controlled trial. *Br J Anaesth*, 2020, 125(3): 383-392.
- [6] 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. *实用临床医药杂志*, 2021, 25(10): 40-44.
- [7] 陈志刚. 肺保护性通气策略在电视胸腔镜肺叶切除术中的临床应用研究. 第二军医大学, 2016.
- [8] 蒋蓉娟, 毛文杰, 玉红, 等. 驱动压导向肺保护性通气策略对成人心脏瓣膜手术术后早期肺功能影响的随机对照研究. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2021, 28(6): 663-669.
- [9] 温凯. 肺部超声评分探讨胸外科手术单肺通气时的最佳 PEEP 及与应用传统肺保护通气模式的比较. 大连医科大学, 2018.
- [10] 吴益杭. 肺顺应性导向最适 PEEP 对单肺通气氧合及肺内分流的影响. 福建医科大学, 2018.
- [11] 张成密. 驱动压导向呼气末正压滴定的个体化肺保护性通气策略对术后肺部并发症的影响. 上海交通大学, 2018.
- [12] Ferrando C, Mugarra A, Gutierrez A, et al. Setting individualized positive end-expiratory pressure level with a positive end-expiratory pressure decrement trial after a recruitment maneuver improves oxygenation and lung mechanics during one-lung ventilation. *Anesth Analg*, 2014, 118(3): 657-665.
- [13] Gurrbach F, Petroff D, Schulz S, et al. Individualised positive end-expiratory pressure guided by electrical impedance tomography for robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: a prospective, randomised controlled clinical trial. *Br J Anaesth*, 2020, 125(3): 373-382.
- [14] Li J, Cai B, Yu D, et al. Pressure-controlled ventilation-volume guaranteed mode combined with an open-lung approach improves lung mechanics, oxygenation parameters, and the inflammatory response during one-lung ventilation: a randomized controlled Trial. *Biomed Res Int*, 2020, 2020: 1403053.
- [15] Liu K, Huang C, Xu M, et al. PEEP guided by electrical impedance tomography during one-lung ventilation in elderly patients undergoing thoracoscopic surgery. *Ann Transl Med*, 2019, 7 (23): 757.
- [16] Nestler C, Simon P, Petroff D, et al. Individualized positive end-expiratory pressure in obese patients during general anaesthesia: a randomized controlled clinical trial using electrical impedance tomography. *Br J Anaesth*, 2017, 119(6): 1194-1205.
- [17] Park M, Ahn HJ, Kim JA, et al. Driving pressure during thoracic surgery: a randomized clinical trial. *Anesthesiology*, 2019, 130(3): 385-393.
- [18] Pereira SM, Tucci MR, Morais C, et al. Individual positive end-expiratory pressure settings optimize intraoperative mechanical ventilation and reduce postoperative atelectasis. *Anesthesiology*, 2018, 129(6): 1070-1081.
- [19] Simon P, Gurrbach F, Petroff D, et al. Individualized versus fixed positive end-expiratory pressure for intraoperative mechanical ventilation in obese patients: a secondary analysis. *Anesthesiology*, 2021, 134(6): 887-900.
- [20] 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.
- [21] Zhang C, Xu F, Li W, et al. Driving pressure-guided individualized positive end-expiratory pressure in abdominal surgery: a randomized controlled trial. *Anesth Analg*, 2021, 133 (5): 1197-1205.
- [22] Grieco DL, Chen L, Dres M, et al. Should we use driving pressure to set tidal volume. *Curr Opin Crit Care*, 2017, 23(1): 38-44.

(收稿日期:2021-09-11)