

PRVC模式在肺叶切除术中单肺通气时的应用

王 芸, 缪长虹, 许平波

复旦大学附属肿瘤医院麻醉科, 复旦大学上海医学院肿瘤学系, 上海 200032

[摘要] 背景与目的: 部分拟行肺叶切除术的患者术前可能存在明显的通气功能障碍, 术中单肺通气时如采用容量控制(volume-controlled, VC)通气模式可能会诱发肺损伤。压力调节容量控制(pressure-regulated volume controlled, PRVC)通气模式是一种新型通气模式, 可减少呼吸机相关肺损伤的发生。本研究拟探讨肺叶切除术中单肺通气时应用PRVC模式对患者气道压、氧合指数、肺内炎症指标以及预后的影响。方法: 采用随机数字表法将40例ASA II~III、术前检查提示肺功能中-重度障碍、择期行肺叶切除术的患者随机分为VC组和PRVC组, 每组20例。单肺通气期间, VC组先采用PRVC模式通气5 min, 而后转为VC模式通气; 而PRVC组则先采用VC模式通气5 min, 然后再转为PRVC模式通气, 直至手术结束。更改模式时不改变呼吸机参数。记录两组患者在不同通气模式下的气道峰压、气道平台压、肺静态顺应性、血气分析结果以及血流动力学的变化。单肺通气结束时, 收集患者通气侧肺泡灌洗液(bronchoalveolar lavage fluid, BALF)以及血清学标本, 分别测量TNF- α 、IL-1 β 、IL-6和IL-8, 记录患者术后肺部并发症情况及住院时间。结果: 与VC模式相比, 应用PRVC模式后气道压明显降低($P<0.01$), 肺静态顺应性明显升高($P<0.05$), 但两组间术中血气分析结果、血流动力学参数以及术后肺部并发症方面差异无统计学意义($P>0.05$)。PRVC组患者BALF中TNF- α 、IL-1 β 和IL-6水平明显低于VC组($P<0.05$), 但两组患者血清学炎症因子水平差异无统计学意义($P>0.05$)。结论: 对于术前肺功能不佳的拟行肺叶切除术的患者, 术中单肺通气期间采用PRVC通气模式可有效降低气道压、减少肺内炎症因子的分泌, 是一种安全有效的保护性通气模式。

[关键词] 压力调节容量控制通气模式; 容量控制通气模式; 肺叶切除术; 单肺通气

DOI: 10.3969/j.issn.1007-3969.2015.09.006

中图分类号: R734.2 文献标志码: A 文章编号: 1007-3639(2015)09-0677-06

Application of PRVC ventilation mode in one-lung ventilation during pulmonary lobectomy WANG Yun, MIAO Changhong, XU Pingbo (Department of Anesthesiology, Fudan University Shanghai Cancer Center; Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China)

Correspondence to: XU Pingbo E-mail: xupingboshanghai@163.com

[Abstract] **Background and purpose:** Obvious pulmonary dysfunction may exist preoperatively in part of the patients undergoing pulmonary lobectomy. Volume-controlled ventilation (VC) during one-lung ventilation (OLV) may lead to lung injury in lung cancer patients with preoperative pulmonary dysfunction. However, pressure-regulated volume-controlled (PRVC) ventilation mode is a new type of ventilation mode, and can alleviate ventilation-induced lung injury. This study explored the effect of PRVC on respiratory mechanics, oxygenation index, pulmonary inflammatory response, and clinical outcomes in patients undergoing pulmonary lobectomy during OLV compared with VC mode. **Methods:** Forty ASA II-III patients with moderate to severe pulmonary dysfunction undergoing pulmonary lobectomy were randomly divided into group VC and group PRVC ($n=20$). PRVC ventilation mode was performed for patients in group VC during the first 5 minutes after OLV, and then ventilation mode was switched to VC ventilation mode till the end of surgery. In the other group, ventilation modes were performed in reverse order. Ventilation settings remained unchanged when ventilation mode was switched. Respiratory mechanics, static lung compliance, hemodynamic parameters and arterial blood gas were obtained during the surgery. Blood samples and bronchoalveolar lavage (BALF) in ventilated lung were collected to determine the level of TNF- α , IL-1 β , IL-6 and IL-8 at the end of surgery.

Results: Both the peak expiratory pressure and static lung compliance in group PRVC were significantly lower than those in group VC ($P < 0.01$). However, there were no statistical difference in hemodynamic parameters (heart rate and blood pressure) and arterial blood gas analysis (pH, paO_2 and $paCO_2$) between the two groups during OLV, as well as postoperative pulmonary complications and length of hospital stay. The levels of TNF- α , IL-1 β and IL-6 in BALF in group PRVC were significantly lower than those in group VC ($P < 0.05$), while there was no difference in blood sample. **Conclusion:** PRVC mode during OLV may relieve the extravagant airway pressure and then reduce the release of inflammatory factors in ventilation lung, which might prevent acute lung injury induced by lung barotraumas, especially for those patients with pulmonary dysfunction preoperatively. Therefore, PRVC mode is a safe and effective ventilation mode for high-risk patients undergoing pulmonary lobectomy.

[**Key words**] Pressure-regulated volume controlled ventilation mode; Volume-controlled ventilation mode; Pulmonary lobectomy; One-lung ventilation

随着单肺通气时保护性通气策略的实施,术中呼吸机相关性肺损伤的概率已明显减少^[1-4]。然而,由于术前存在的肺顺应性下降以及气道反应性增加,许多患者在单肺通气期间容量控制(volume-controlled, VC)通气模式下仍会出现过高的气道压,从而增加气压伤乃至术后肺部并发症发生的可能。压力调节容量控制(pressure-regulated volume controlled, PRVC)通气模式是近年来临床上新出现的一种通气模式^[5],它兼具压力控制通气和容量控制通气的优点,可根据患者肺顺应性不断调节压力支持的水平,并确保预设潮气量的输送。它可使肺内气体的分布更加均匀,获得更好的肺泡通气,在保证通气量的同时降低气道压。许多研究业已证实,PRVC模式可减少ICU患者机械通气造成的肺损伤,对肺顺应性较差的慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary diseases, COPD)患者尤其适合^[6]。

目前,国内外尚无有关术中单肺通气期间施行PRVC通气模式的报道,因此本研究拟探讨拟行肺叶切除术且肺功能较差的患者术中采用PRVC通气模式对气道压、氧合指数、肺内炎症反应以及临床预后的影响,并与传统的VC通气模式作比较。

1 资料和方法

1.1 一般资料

选择2014年7月—2015年2月本院胸外科收治的40例ASA II~III级、肺功能检查提示伴

有中-重度通气功能障碍、拟行单侧开胸肺叶切除术的患者。中、重度通气功能障碍是指FEV1%(FEV1占预计值的比例)小于60%。按照随机数字法将患者随机分为容量控制组(VC组)和压力调节容量控制组(PRVC组),每组20例。排除标准:①不能沟通和配合者;②既往有肺部手术者;③严重心脏疾病患者;④胸廓畸形患者;⑤既往有肺结核的患者;⑥双腔管插管困难患者。

1.2 麻醉方法

所有患者入室后采用MP 70心电监护仪(荷兰Philips公司)监测HR、BP和 SpO_2 ,记录基础值。于T7-8间隙行硬膜外穿刺、置管,注入1%利多卡因3 mL作为试验剂量,而后行颈内静脉、桡动脉穿刺置管。采动脉血0.5 mL行血气分析。去氮给氧3 min后,采用利多卡因1 mg/kg、咪唑安定0.04 mg/kg、舒芬太尼0.4 μ g/kg、丙泊酚CP(3~4) μ g/mL和罗库溴铵0.6 mg/kg进行麻醉诱导,置入双腔支气管导管并经纤支镜定位准确后,连接MAQUET FLOW-I 3.0呼吸机进行机械通气。摆侧卧位后再次经纤支镜定位,确保双腔管位置准确。单肺通气时呼吸机参数设置如下:潮气量6 mL/kg,频率12次/min, I:E=1:2, FiO_2 为80%, PEEP 5 cm H_2O 。采用七氟醚和瑞芬太尼维持麻醉,将麻醉深度控制在BIS值40~50之间。

1.3 实验方法及观察指标

单肺通气后VC组患者先采用PRVC模式通气5 min,记录气道峰压和肺静态顺应性。5 min

后行动脉血气分析,在保持通气参数不变的情况下将通气模式改为VC模式,直至单肺通气结束。VC模式通气25 min后记录气道峰压、平台压和肺静态顺应性,并行动脉血气分析;PRVC组患者单肺通气时先采用VC模式通气5 min,记录气道峰压、平台压和肺静态顺应性。5 min后行动脉血气分析,在保持通气参数不变的情况下将通气模式改为PRVC模式,直至单肺通气结束。PRVC模式通气25 min后记录气道峰压和肺静态顺应性,并行动脉血气分析。

所有患者均在单肺通气即将结束前行通气侧肺支气管肺泡灌洗,采集支气管肺泡灌洗液(bronchoalveolar lavage fluid, BALF),待行炎症因子分析。方法如下:将纤维支气管镜顶端紧密楔入通气侧支气管开口处,经活检孔通过硅胶管快速注入37℃灭菌0.9%氯化钠溶液30 mL,用负压吸引回收灌洗液至痰液收集器(灌洗液回收率大于40%)。迅速将灌洗回收液用双层无菌纱布过滤祛除黏液,离心后取上清液,待行TNF- α 、IL-1 β 、IL-6和IL-8检测(操作步骤严格按照ELISA试剂盒说明书进行)。同时,取外周血1 mL,静置30 min后离心取上清液,待行TNF- α 、IL-1 β 、IL-6和IL-8检测。

记录患者的住院时间和ICU滞留时间,记录患者术后肺部并发症(肺部感染、非炎症性急性肺损伤)以及二次气管插管的例数。

1.4 统计学处理

采用SPSS 17.0软件进行统计学处理。血流动力学指标的比较采用重复测量资料方差分析,血气分析结果和炎症指标的比较采用单因素方差分析,计数资料比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

如表1所示,两组患者在年龄、性别、体质指数(BMI)、ASA分级、手术部位、肺部疾病史、术前肺功能指标、手术时间、单肺通气时间、术中出血量以及术中输液量等方面的差异

无统计学意义($P > 0.05$)。

2.2 通气模式对血流动力学的影响

如图1所示,两组患者手术期间MAP、HR的差异无统计学意义($P > 0.05$)。然而,不论是VC组(单肺通气5 min时)还是PRVC组(单肺通气30 min时),采用PRVC模式通气的患者其MAP绝对值均高于VC模式通气患者,这可能与PRVC模式通气时较低的气道压有利于腔静脉血液回流有关。

表1 术前一般情况的比较

Tab. 1 Basic characteristics in each group pre-operatively

	(x ± s)	
	Group VC (n=20)	Group PRVC (n=20)
Age/year	57 ± 11	56 ± 10
BMI/(kg·m ⁻²)	24.6 ± 2.9	24.4 ± 2.5
Gender		
Male	9(45%)	12(60%)
Female	11(55%)	8(40%)
ASA level		
I	6(30%)	8(40%)
II	14(70%)	12(60%)
Operation side		
Left	9(45%)	10(50%)
Right	11(55%)	10(50%)
History of COPD	7(35%)	6(30%)
FEV1/L ⁻¹	1.41 ± 0.38	1.35 ± 0.27
FEV1/%	53 ± 6	51 ± 7
RV/TLC/%	45 ± 7	46 ± 9
Operative duration t/min	86 ± 17	80 ± 8
OLV duration	59 ± 12	55 ± 10
OR bleed volume V/mL	94 ± 50	90 ± 46
OR fluid volume V/mL	695 ± 175	704 ± 216

2.3 通气模式对气道压、肺顺应性以及氧合指数的影响

如表2所示,不论是VC组(PRVC模式通气5 min)还是PRVC组(PRVC模式通气30 min),与VC模式相比,采用PRVC模式通气的患者其气道峰压明显更低,肺静态顺应性更高,但组间氧合指数差异无统计学意义($P < 0.01$)。

2.4 通气模式对肺内及全身炎症反应的影响

为了解不同的通气模式是否会影响肺内及全身炎症反应, 本研究检测了通气侧肺和外周血中TNF- α 、IL-1 β 、IL-6以及IL-8水平。结果

发现, PRVC组患者通气侧肺BALF中TNF- α 、IL-1 β 及IL-6水平明显低于VC组患者(图2A), 但组间全身炎症反应水平相似(图2B)。

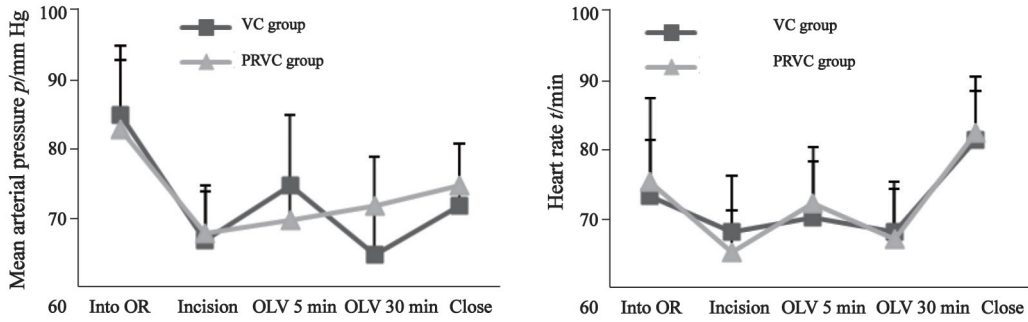


图 1 不同的通气模式对血流动力学的影响

Fig. 1 Effects of different ventilation modes on hemodynamic parameters

OLV 5 and OLV 30 represented 5 minutes and 30 minutes after one-lung ventilation, respectively

表 2 OLV期间不同通气模式对气道压、肺静态顺应性以及氧合指数的影响

Tab. 2 Influence of different ventilation modes on expiratory pressure, static lung compliance and oxygenation index during OLV

	Group VC		Group PRVC	
	PRVC mode	VC mode	VC mode	PRVC mode
Peak expiratory pressure <i>p</i> /cm H ₂ O	17.8±2.8 [*]	23.3±3.2 [*]	24.5±2.6 [*]	17±3.3 [*]
Plateau expiratory pressure <i>p</i> /cm H ₂ O	-	17.6±2.5	18.1±2.8	-
Static lung compliance/L·cm H ₂ O ⁻¹	29.5±6.7 [#]	25.8±5.7 [#]	25.7±6.0 [#]	29.3±6.4 [#]
pH	7.38±0.05	7.36±0.04	7.39±0.06	7.37±0.03
CO ₂ pressure <i>p</i> /mm Hg	40±4	39±5	38±2	38±3
O ₂ pressure <i>p</i> /mm Hg	161±53	163±61	168±49	167±54
Oxygenation index <i>p</i> /mm Hg	225±98	233±55	226±88	231±93

*: *P*<0.01; #: *P*<0.05

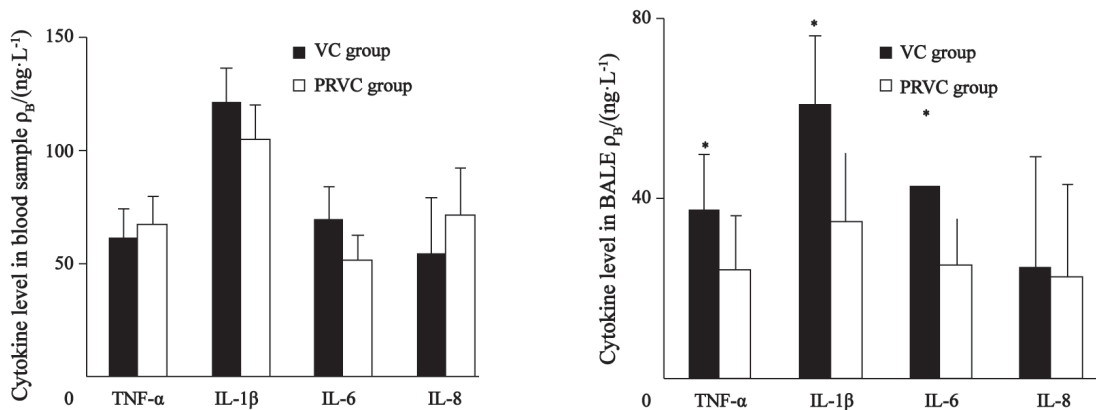


图 2 通气模式对肺内及全身炎症反应的影响

Fig. 2 The effects of various ventilation modes on pulmonary and systemic inflammatory responses

*: *P*<0.05, compared with group VC

2.5 通气模式对患者术后肺部并发症、住院时间的影响

如表3所示,为了解不同通气模式对患者预后的影响,我们统计了患者术后肺部并发症的发生率以及住院时间。结果发现,两组患者在围术期肺部并发症的发生方面并无差异。但是对4例术后出现非感染性急性肺损伤的患者进行调查后发现,有3例患者术中气道峰压长时间高达30 cm H₂O,且均为VC组患者。

表3 术后一般情况的比较

Item	Group VC (n=20)	Group PRVC (n=20)
Pulmonary complication n(%)	4(20)	2(10)
Lung infection n(%)	1(5)	1(5)
Acute lung injury n(%)	3(15)	1(5)
Re-intubation n(%)	1(5)	1(5)
ICU detention t/d (x±s)	1.8 ± 0.9	1.4 ± 0.6
Hospital stay t/d (x±s)	7.1 ± 1.3	5.8 ± 1.9

3 讨论

目前,外科手术患者术中大多采用VC模式(8~10 mL/kg)进行通气,但在胸科手术中单肺通气时,部分患者可能因通气侧肺顺应性差、气道阻力较高等原因出现过高的气道压,有时甚至高达35~40 cm H₂O。为此,临床上已摒弃单肺通气时采用正常潮气量通气的策略,转而采取保护性肺通气策略,即小潮气量(4~6 mL/kg)联合低水平PEEP(常为5 cm H₂O)^[1-4]。该策略在一定程度上避免了过高的气道压,但仍有少数患者在双腔管位置良好的情况下出现过高的气道压。气道压过高可引起肺泡压升高,在降低回心血量进而引起血压下降的同时,还可诱发气压伤,导致急性肺损伤、术后肺部并发症的发生。

在传统的VC模式中,呼吸机依靠预设的潮气量、吸气时间和呼吸频率来保证患者的通气量,其气道压力的大小主要受患者气道阻力和肺顺应性影响^[2]。为了达到预设的潮气量,

不同顺应性的肺组织其肺泡通气量存在不均一性,因而容易引起肺组织和间质的结构破坏,导致气压伤。根据肺保护性通气策略,通气管管理的目标是将呼吸机相关性肺损伤降至最低,而PRVC模式则很好的符合了这一策略。PRVC在确保预设潮气量的基础上,呼吸机自动连续监测肺顺应性和容积/压力关系,并据此反馈调节下一次通气的吸气压水平,使气道压尽可能降低,以减少正压通气的气压伤^[5-8]。PRVC的第一次通气为试验性通气,吸气压较低(吸气压为5 cm H₂O),吸气过程中微电脑测算肺顺应性,并计算出下一次通气要达到预设潮气量所需的吸气压,下次通气实际吸气压为上述计算值的75%,经过几次通气即能达到实际潮气量与预设潮气量相符。由于吸气流速波形为减速波,当患者气道阻力较大时可减少气体的涡流,因而在确保预设潮气量的同时仍可减少压力消耗,降低吸气峰压^[7-8]。已有文献报道,PRVC模式能够较好地满足机械通气时潮气量的需要,在降低气道压力的同时还有助于减少肺部并发症^[7,9-12]。

本研究采用交叉设计的方法比较了VC和PRVC通气模式对单肺通气患者呼吸力学、氧合指数以及肺内不同通气模式下呼吸力学的变化。结果提示,采用PRVC模式进行通气时,不仅气道压水平明显低于VC模式,而且肺静态顺应性也明显高于VC模式。此外,对肺内炎症指标的检测发现,PRVC组患者通气侧肺BALF中TNF- α 、IL-1 β 和IL-6水平显著低于VC组,这提示过高的气道压力可能导致了顺应性较差的肺组织的结构破坏,从而发生气压伤。这一结果与相关文献的结果是吻合的^[13-17]。

两组患者在心率、血压、氧合指数、术后肺部并发症的发生率方面差异无统计学意义($P>0.05$)。进一步的分析显示,4例术后出现非感染性急性肺损伤的患者中有3例(均为VC组患者)术中气道压长时间高达30 cm H₂O,这可能是这些患者术后出现呼吸功能障碍的重要原因,因而术中采用保护性的通气策略尽可能降低气道压的意义重大。

综上, PRVC模式具有降低气道压力、改善肺顺应性的优点, 可减少单肺通气期间过高气压所导致的急性肺损伤。因此, PRVC模式是肺通气功能较差患者(如慢性支气管炎、COPD等患者)手术期间尤其是单肺通气时的不错选择。

[参 考 文 献]

- [1] PINHEIRO DE OLIVEIRA R, HETZEL M P, DOS ANJOS SILVA M, et al. Mechanical ventilation with high tidal volume induces inflammation in patients without lung disease [J] . Crit Care, 2010, 14(2): 39.
- [2] SCHULTZ M J. Lung-protective mechanical ventilation with lower tidal volumes in patients not suffering from acute lung injury: a review of clinical studies [J] . Med Sci Monit, 2008, 14(2): 22-26.
- [3] SERPA NETO A, CARDOSO S O, MANETTA J A, et al. Association between use of lung-protective ventilation with lower tidal volumes and clinical outcomes among patients without acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis [J] . JAMA, 2012, 308(16): 1651-1659.
- [4] SERPA NETO A, NAGTZAAM L, SCHULTZ M J. Ventilation with lower tidal volumes for critically ill patients without the acute respiratory distress syndrome: a systematic translational review and meta-analysis [J] . Curr Opin Crit Care, 2014, 20(1): 25-32.
- [5] 胡序凯, 沈华春, 李晓瑜, 等. 在单肺通气期间不同通气模式对患者的肺保护作用 [J] . 中华医学杂志, 2014, 94(13): 1006-1009.
- [6] KALLET R H, CAMPBELL A R, DICKER R A, et al. Work of breathing during lung-protective ventilation in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a comparison between volume- and pressure-regulated breathing modes [J] . Respir Care, 2005, 50(12): 1623-1631.
- [7] 伍 滔. PRVC通气模式治疗老年慢性阻塞性肺病致呼吸衰竭的临床疗效及其对肺气压伤的预防作用 [J] . 中国医药导报, 2012, 9 (24): 66-68.
- [8] 冷蓓峥, 施劲东, 邵 川, 等. 压力调节容量控制通气对高龄老年慢性阻塞性肺病呼吸衰竭的疗效 [J] . 中国老年学杂志, 2011, 31(14): 2649-2651.
- [9] SAMANTARAY A, HEMANTH N. Comparison of two ventilation modes in post-cardiac surgical patients [J] . Saudi J Anaesth, 2011, 5(2): 173-178.
- [10] HABASHI N, ANDREWS P. Ventilator strategies for posttraumatic acute respiratory distress syndrome: airway pressure release ventilation and the role of spontaneous breathing in critically ill patients [J] . Curr Opin Crit Care, 2004, 10(6): 549-557.
- [11] MONTES F R, PARDO D F, CHARRÍS H, et al. Comparison of two protective lung ventilatory regimes on oxygenation during one-lung ventilation: a randomized controlled trial [J] . J Cardiothorac Surg, 2010, 5: 99.
- [12] 黎毅敏, 陈思蓓, 徐远达, 等. 严重急性呼吸综合征患者人工通气策略的探讨 [J] . 中华急诊医学杂志, 2003, 12(6): 369-372.
- [13] 黎尚荣, 黑子清, 甘小亮, 等. 肝移植术中BALF成分和TNF- α 、IL-1 β 、IL-8水平的变化及与术后急性肺损伤的关系 [J] . 中山大学学报(医学科学版), 2008, 29(2): 190-193.
- [14] 谭黎杰, 仇德惠, 徐正浪, 等. 肺灌洗液中表面活性物质和炎症因子测定判断胸外科手术致肺损伤 [J] . 中国临床医学, 2002, 9(6): 617-619.
- [15] 章车明, 刘励军, 吴曙华. 重症肺炎患者血清和肺泡灌洗液IL-6和IL-10的动态变化及临床意义 [J] . 中国急救医学, 2006, 26(12): 950-951.
- [16] 翁 婷, 周玉皆, 王丽芳, 等. COPD机械通气患者肺泡灌洗液中SP-D、IL-6的监测及临床意义 [J] . 临床肺科杂志, 2014, 19(8): 1386-1388.
- [17] RANIERI V M, SUTER P M, TORTORELLA C, et al. Effect of mechanical ventilation on inflammatory mediators in patients with acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial [J] . JAMA, 1999, 282(1): 54-61.

(收稿日期: 2015-03-31 修回日期: 2015-08-18)