

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2019.19.038

# 肺保护性通气对单肺通气患者呼吸动力学、炎性因子及认知功能的影响\*

姚宏苏 孙建宏 杨 阳 朱 晓 高亚萍 孙晓红

(扬州大学附属医院麻醉科 江苏 扬州 225001)

**摘要** 目的:探讨肺保护性通气对单肺通气(OLV)患者呼吸动力学、炎性因子及认知功能的影响。方法:选取2017年7月~2018年5月期间我院收治的择期行肺部手术的患者215例为研究对象。根据OLV方式的不同将患者分为传统OLV组( $n=107$ )和保护性OLV组( $n=108$ ),比较两组OLV 0.5 h(T1)、OLV 1h(T2)等时间点的胸肺顺应性(CT)、气道阻力(Raw)、气道峰压(Ppeak)等指标情况,比较两组T1、T2、拔管后2 h(T3)白介素-6(IL-6)、白介素-8(IL-8)水平,比较两组术前、术后10 d第一秒用力呼气容积(FEV1)、一氧化碳弥散量(DLCO)、25%用力呼气流量(FEF25),比较两组术前、术后10 d、术后1个月简易精神状态量表(MMSE)评分,记录两组患者术后认知功能障碍发生率。结果:两组患者T2时间点CT均较T1时间点下降,但保护性OLV组高于传统OLV组( $P<0.05$ );两组患者T2时间点Raw、Ppeak较T1时间点升高,但保护性OLV组低于传统OLV组( $P<0.05$ )。两组患者T2、T3时间点IL-6、IL-8均较T1时间点升高,且T3时间点高于T2时间点( $P<0.05$ );保护性OLV组T2、T3时间点均低于传统OLV组( $P<0.05$ )。两组患者术前、术后1个月MMSE评分比较差异无统计学意义( $P>0.05$ );术后10 d,传统OLV组MMSE评分较术前、术后1个月降低,且术后10 d,保护性OLV组MMSE评分高于传统OLV组( $P<0.05$ );保护性OLV组术后认知功能障碍发生率显著低于传统OLV组( $P<0.05$ )。结论:OLV患者采用肺保护性通气的方式有助于改善患者呼吸动力学、肺功能以及认知功能,同时可以减轻机体炎症反应。

**关键词:**肺保护性通气;单肺通气;呼吸动力学;炎性因子;认知功能

中图分类号:R655;R563 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2019)19-3763-05

## Effects of Lung Protective Ventilation on Respiratory Dynamics, Inflammatory Factors and Cognitive Function in Patients with One-lung Ventilation\*

YAO Hong-su, SUN Jian-hong, YANG Yang, ZHU Xiao, GAO Ya-ping, SUN Xiao-hong

(Department of Anesthesiology, Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu, 225001, China)

**ABSTRACT Objective:** To investigate the effects of lung protective ventilation on respiratory dynamics, inflammatory factors and cognitive function in patients with one-lung ventilation (OLV). **Methods:** 215 patients with pulmonary diseases who underwent selective pulmonary surgery in our hospital from July 2017 to May 2018 were selected as subjects. The patients were divided into traditional OLV group ( $n=107$ ) and protective OLV group ( $n=108$ ) according to different ways of OLV. The lung-thoracic compliance (CT), airway resistance (Raw) and peak airway pressure (Peak) were compared at 0.5h (T1) and 1h (T2) of OLV between the two groups. The levels of interleukin-6 (IL-6) and interleukin-8 (IL-8) were compared between the two groups. The forced expiratory volume (FEV1), carbon monoxide diffusion volume (DLCO) and 25% forced expiratory flow (FEF25) were compared between the two groups before operation and 10 d after operation. The Mini Mental State Scale (MMSE) score were compared between the two groups before operation, 10 d after operation and 1 months after operation. The incidence of postoperative cognitive dysfunction were recorded in the two groups. **Results:** The CT scan at T2 time point in both groups was lower than that at T1 time point, but the protective OLV group was higher than the traditional OLV group ( $P<0.05$ ). The Raw and Peak at T2 time point in both groups were higher than those at T1 time point, but the protective OLV group was lower than the traditional OLV group ( $P<0.05$ ). The levels of IL-6 and IL-8 at T2 and T3 time points in both groups were higher than those at T1 time point, and T3 time point was higher than that at T2 time point ( $P<0.05$ ). The protective OLV group were lower than those in traditional OLV group at T1 time point and T3 time point ( $P<0.05$ ). There were no significant differences in MMSE score between the two groups before operation and 1 months after operation ( $P>0.05$ ). On the 10 d after operation, the MMSE score of traditional OLV group were lower than those of before operation and 1 months after operation. On the 10 d after operation, the MMSE score of protective OLV group was higher than that of traditional OLV group ( $P<0.05$ ). The incidence of postoperative cognitive dysfunction in the protective OLV group was significantly lower than that in the traditional OLV

\* 基金项目:江苏省卫计委面上基金项目(H2015179)

作者简介:姚宏苏(1980-),男,本科,主治医师,从事困难气道及肺保护策略方面的研究, E-mail: jsdgn@163.com

(收稿日期:2018-12-27 接受日期:2019-01-23)

group ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** Pulmonary protective ventilation in OLV patients can improve respiratory dynamics, pulmonary function and cognitive function. At the same time, it can reduce the inflammatory reaction.

**Key words:** Lung protective ventilation; One-lung ventilation; Respiratory dynamics; Inflammatory factors; Cognitive function

**Chinese Library Classification(CLC):** R655; R563 **Document code:** A

**Article ID:** 1673-6273(2019)19-3763-05

## 前言

临床开胸手术需长时间维持单肺通气 (One-lung ventilation, OLV), OLV 是指行胸部手术者经支气管导管只利用一侧肺进行通气的一类方法, 该方法主要是为了隔离患侧肺, 以防液体分泌物流入健侧肺<sup>[1,2]</sup>。然而 OLV 在为麻醉和手术提供便利的同时也无法避免的会引发 OLV 相关性肺损伤, 如传统 OLV 采用间歇正压通气, 由于这种通气方式是以大潮气量灌注无通气肺血液, 使得肺血液因未得到氧合而导致静脉血掺杂, 进一步造成肺组织缺氧、牵张, 从而引发肺损伤, 严重者将进展为呼吸机相关性肺损伤, 术后并发症、死亡率极高, 严重影响患者预后<sup>[3,4]</sup>。肺保护性 OLV 是指以低气道压、小潮气量、低呼气末正压等为主要内容的通气方式, 近年来有研究发现, 该通气方式可以用于治疗呼吸窘迫综合征<sup>[5,6]</sup>。因此, 本研究通过探讨肺保护性通气对 OLV 患者呼吸动力学、炎症因子及认知功能的影响, 以期临床 OLV 方式的选择提供参考, 现作如下报道。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2017 年 7 月~2018 年 5 月期间我院收治的择期行肺部手术的患者 215 例为研究对象。纳入标准: (1) 所有患者均符合手术指征; (2) 美国麻醉医师协会 (American Association of Anesthesiologists, ASA) I-II 级者; (3) 术前未进行过放化疗、免疫治疗者; (4) 术前无肺部感染性疾病者; (5) 患者及其家属知情本研究并签署了同意书。排除标准: (1) 合并心肝肾等脏器严重障碍者; (2) 近期有哮喘发热以及咳血者; (3) 术前合并胸部手术史及外伤史者; (4) 伴有精神疾病不能配合本次研究者。根据 OLV 方式的不同将患者分为传统 OLV 组 ( $n=107$ ) 和保护性 OLV 组 ( $n=108$ ), 其中传统 OLV 组男 49 例, 女 58 例, 年龄 27~56 岁, 平均  $(39.28 \pm 3.27)$  岁; ASA 分级: I 级 56 例, II 级 51 例; OLV 时间 81~120 min, 平均  $(103.74 \pm 3.20)$  min。保护性 OLV 组男 47 例, 女 61 例, 年龄 28~59 岁, 平均  $(40.36 \pm 4.28)$  岁; ASA 分级: I 级 53 例, II 级 55 例; OLV 时间 85~124 min, 平均  $(102.35 \pm 4.39)$  min。两组纳入患者一般资料比较差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 组间可比。研究获得本院伦理学委员会批准进行。

### 1.2 方法

**1.2.1 麻醉方式** 所有患者术前禁食 12 h, 入室后, 建立静脉通路, 于麻醉前 0.5 h 肌注阿托品 0.01 mg/kg、安定 0.2 mg/kg, 常规监测心率、平均动脉压、脉搏血氧饱和度等。麻醉诱导: 经静脉通路依次注入舒芬太尼 0.4  $\mu$ g/kg、咪达唑仑 0.1 mg/kg、顺苯磺酸阿曲库铵 0.6 mg/kg、丙泊酚 1.0 mg/kg, 插入双腔支气管导管, 采用纤支镜确定导管、套囊位置并固定。麻醉维持: 经静

脉通路依次注入丙泊酚 4 mg/kg·h、瑞芬太尼 0.15  $\mu$ g/kg·min, 间断静注顺苯磺酸阿曲库铵 15~20 mg, 持续吸入 2% 的七氟醚。手术所用麻醉机为德尔格 fabius-plus, 气体检测为德尔格自带气体检测仪。

**1.2.2 通气方式** 传统 OLV 组采用容量控制模式通气, 呼吸频率 10~14 次/min, 呼吸比为 1:2, 潮气量 8~10 mL/kg, 气道压  $<4$  kPa。保护性 OLV 组采用保护性模式通气, 呼吸频率 14~16 次/min, 呼吸比为 1:2, 潮气量 6~8 mL/kg, 气道压  $<2.5$  kPa, 低呼气末正压 0.8~1.0 kPa。

### 1.3 观察指标

**1.3.1 呼吸动力学** 于 OLV0.5h (T1)、OLV1h (T2) 时间点记录两组患者胸肺顺应性 (Compliance of chest and lung, CT)、气道阻力 (Airway resistance, Raw)、气道峰压 (Peak airway pressure, Ppeak) 等指标情况。

**1.3.2 炎症因子** 于 T1、T2、拔管后 2 h (T3) 时间点采集患者静脉血 2 mL, 以 3000 r/min 的速率离心 8 min, 离心半径为 12 cm, 取上清液, 置于  $-30^{\circ}\text{C}$  冰箱中待测。采用酶联免疫吸附试验检测白介素 -6 (Interleukin-6, IL-6)、白介素 -8 (Interleukin-8, IL-8) 水平, 试剂盒购自博士德生物科技有限公司, 严格依照试剂盒说明书进行操作。

**1.3.3 肺功能** 于术前、术后 10d 采用日本杰斯特公司生产的便携式肺功能仪检测患者第一秒用力呼气容积 (Forced expiratory volume in one second, FEV1)、一氧化碳弥散量 (Diffusion capacity of carbon monoxide, DLCO)、25% 用力呼气流量 (25% forced expiratory volume, FEF25)。

**1.3.4 认知功能** 于术前、术后 10 d、术后 1 个月采用简易精神状态量表 (Mini Mental State Scale, MMSE)<sup>[7]</sup> 对患者认知功能进行评估, MMSE 共 30 个评条, 总分 0~30 分, 答对一个评条记 1 分, 答错或不答记为 0 分, MMSE 总分  $\geq 27$  分为正常,  $\leq 26$  分表示有认知功能障碍。记录两组患者术后认知功能障碍发生率。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS23.0 统计学软件对研究数据进行处理。计量资料以  $(\bar{x} \pm s)$  表示, 行  $t$  检验, 计数资料以  $[n(\%)]$  表示, 行  $\chi^2$  检验,  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者呼吸动力学比较

两组患者 T1 时间点 CT、Raw、Peak 比较差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ); 两组患者 T2 时间点 CT 较 T1 时间点下降, 但保护性 OLV 组高于传统 OLV 组 ( $P<0.05$ ), 两组患者 T2 时间点 Raw、Peak 较 T1 时间点升高, 但保护性 OLV 组低于传统 OLV 组 ( $P<0.05$ )。如表 1。

### 2.2 两组患者炎症因子比较

两组患者 T1 时间点 IL-6、IL-8 比较差异无统计学意义

( $P>0.05$ ); 两组患者 T2、T3 时间点 IL-6、IL-8 均较 T1 时间点 T2、T3 时间点均低于传统 OLV 组( $P<0.05$ )。如表 2。  
升高,且 T3 时间点高于 T2 时间点( $P<0.05$ );保护性 OLV 组

表 1 两组患者呼吸动力学比较( $\bar{x} \pm s$ )Table 1 Comparison of respiratory dynamics between two groups of patients( $\bar{x} \pm s$ )

| Groups                        | CT (mL/cmH <sub>2</sub> O) |               | Raw (cmH <sub>2</sub> O/L·S) |              | Peak (cmH <sub>2</sub> O) |              |
|-------------------------------|----------------------------|---------------|------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|
|                               | T1                         | T2            | T1                           | T2           | T1                        | T2           |
| Traditional OLV group (n=107) | 61.24± 9.42                | 32.88± 9.78*  | 14.34± 2.54                  | 29.18± 7.95* | 15.57± 4.33               | 29.96± 5.26* |
| Protective OLV group (n=108)  | 61.53± 10.33               | 43.24± 11.66* | 14.28± 2.23                  | 21.35± 5.73* | 15.16± 4.01               | 22.64± 4.13* |
| t                             | 0.215                      | 7.055         | 0.184                        | 8.290        | 0.720                     | 11.355       |
| P                             | 0.830                      | 0.000         | 0.854                        | 0.000        | 0.472                     | 0.000        |

Note: compared with T1 time point, \* $P<0.05$ .

表 2 两组患者炎症因子比较( $\bar{x} \pm s$ )Table 2 Comparison of inflammatory factors in two groups of patients( $\bar{x} \pm s$ )

| Groups                        | IL-6 (ng/L) |                |                 | IL-8 (ng/L) |                |                 |
|-------------------------------|-------------|----------------|-----------------|-------------|----------------|-----------------|
|                               | T1          | T2             | T3              | T1          | T2             | T3              |
| Traditional OLV group (n=107) | 20.12± 3.06 | 259.14± 36.26* | 327.62± 27.63** | 16.64± 2.01 | 167.61± 21.18* | 226.64± 26.25** |
| Protective OLV group (n=108)  | 19.36± 4.11 | 185.86± 29.48* | 246.64± 32.81** | 16.81± 3.29 | 104.92± 17.73* | 167.57± 17.11** |
| t                             | 1.537       | 16.266         | 19.566          | 0.457       | 23.451         | 19.564          |
| P                             | 0.126       | 0.000          | 0.000           | 0.648       | 0.000          | 0.000           |

Note: compared with T1 time point, \* $P<0.05$ ; compared with T2 time point, \*\* $P<0.05$ .

### 2.3 两组患者肺功能比较

两组患者术前 FEV1、DLCO、FEF25 比较差异无统计学意义( $P>0.05$ );传统 OLV 组术后 10 d FEV1、DLCO、FEF25 与术

前比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ),保护性 OLV 组术后 10 d FEV1、DLCO、FEF25 水平均较术前升高,且高于传统 OLV 组( $P<0.05$ )。如表 3。

表 3 两组患者肺功能比较( $\bar{x} \pm s$ )Table 3 Comparison of lung function in two groups of patients( $\bar{x} \pm s$ )

| Groups                        | FEV1 (%)         |                      | DLCO (mmol/min·kPa) |                      | FEF25 (L/S)      |                      |
|-------------------------------|------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|----------------------|
|                               | Before operation | 10 d after operation | Before operation    | 10 d after operation | Before operation | 10 d after operation |
| Traditional OLV group (n=107) | 75.86± 3.89      | 76.24± 4.23          | 5.72± 1.65          | 5.83± 1.12           | 0.59± 0.08       | 0.60± 0.06           |
| Protective OLV group (n=108)  | 76.02± 4.64      | 81.62± 5.78*         | 5.87± 1.14          | 8.67± 1.87*          | 0.56± 0.14       | 0.87± 0.11*          |
| t                             | 0.274            | 6.336                | 0.776               | 12.068               | 1.927            | 15.996               |
| P                             | 0.784            | 0.000                | 0.439               | 0.000                | 0.055            | 0.000                |

Note: compared with before operation, \* $P<0.05$ .

### 2.4 两组患者认知功能比较

两组患者术前、术后 1 个月 MMSE 评分比较差异无统计学意义( $P>0.05$ );传统 OLV 组术后 1 个月 MMSE 评分与术前比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ),保护性 OLV 组术前、术后 10 d、术后 1 个月 MMSE 评分比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ );传统 OLV 组术后 10d MMSE 评分较术前、术后 1 个月降低,且保护性 OLV 组术后 10d MMSE 评分高于传统 OLV 组( $P<0.05$ );

保护性 OLV 组术后认知功能障碍发生率显著低于传统 OLV 组( $P<0.05$ )。如表 4。

## 3 讨论

在麻醉学方面,机械通气可导致肺部产生大量细胞因子、白细胞趋化,继而引起肺损伤。OLV 肺损伤过程中机体需经历复杂的生理病理过程,其具体的损伤包括以下几个方面:首先

表 4 两组患者认知功能比较

Table 4 Comparison of cognitive function between two groups of patients

| Groups                         | MMSE score (scores) |                      |                          | Incidence of postoperative cognitive dysfunction(n,%) |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                | Before operation    | 10 d after operation | 1 months after operation |                                                       |
| Traditional OLV group( n=107 ) | 27.64± 0.83@        | 26.04± 1.62          | 27.49± 1.51@             | 38(35.51 )                                            |
| Protective OLV group( n=108 )  | 27.62± 1.24         | 27.36± 1.11          | 27.47± 1.46              | 12(11.11 )                                            |
| t                              | 0.139               | 6.975                | 0.099                    | 17.934                                                |
| P                              | 0.890               | 0.000                | 0.921                    | 0.000                                                 |

Note: compared with 10d after operation, @P<0.05.

是由机械通气、单双肺通气等模式转换致使肺泡萎缩、肺组织牵张以及手术操作引发的机械损伤<sup>[8]</sup>;其次是 OLV 时非通气侧肺引起的缺血、缺氧性损伤<sup>[9]</sup>;第三是 OLV 结束后恢复双肺通气引起的缺血再灌注以及氧化应激刺激损伤<sup>[10]</sup>。而这些损伤均可诱发并激活患者炎症反应,导致炎症反应呈级联放大效果,最终患者将进展为严重的肺组织损伤,其临床通常表现为肺内分流异常增加、肺组织顺应性程度下降、通气/血流比例失调等<sup>[11,12]</sup>。另外,OLV 过程中易引发低氧血症,尽管麻醉下脑氧耗降低,但仍会给患者带来一定程度的脑功能损伤,从而将引起患者术后发生认知功能障碍<sup>[13]</sup>。李孝建等人研究结果表明,肺保护性通气策略联合肺复张可以明显改善严重烧伤并发急性呼吸窘迫综合征患者的氧合<sup>[14]</sup>。由此笔者推测,肺保护性通气策略应用于麻醉过程中 OLV 患者也可获得较好的效果。

本次研究中,两组患者 CT、Raw、Ppeak 具有一定波动,但保护性 OLV 组波动幅度低于传统 OLV 组,提示肺保护性通气对患者呼吸动力学指标影响较小。分析其原因为潮气量的大小可引起机体气道压以及肺容积的改变,手术中每分钟的通气量为潮气量与呼吸频率的乘积,而肺保护性通气采用的小潮气量,可减少由大潮气量所带来的容积伤;同时肺保护性通气增加呼吸频率,亦是增加每分钟通气量的有效措施,加之肺保护性通气同时可以维持呼吸道保持一定正压,避免肺泡早期闭合,利于二氧化碳排出,改善肺残气量,相比传统 OLV 可有效改善呼吸动力学指标<sup>[15,16]</sup>。在炎症因子比较方面,两组患者 T2、T3 时间点 IL-6、IL-8 均较治疗前升高,且 T3 时间点高于 T2 时间点,但保护性 OLV 组低于传统 OLV 组,提示肺保护性 OLV 可有效减轻机体炎症反应。IL-6 是一种具有多种生物学功能的前炎症性因子,其水平持续过高易对组织和细胞造成损害<sup>[17,18]</sup>。IL-8 是一种低分子量的细胞因子,是引发中性粒细胞募集的主要细胞因子之一,而肺组织则是体内中性粒细胞的聚集地,说明 IL-8 在机体肺损伤的发生、发展过程中发挥重要作用<sup>[19-21]</sup>。肺保护性通气可有效减轻 OLV 诱发的炎症反应,这可能是因为肺保护性通气可防止正常区域的肺泡过度扩张;同时通过对呼气末肺泡的正压作用,复张塌陷肺泡,一方面可以防止肺泡反复塌陷所形成的剪切力,另一方面还可减少肺组织分泌炎症因子,从而使得释放入血的炎症因子水平也相应减轻,进而减少机体组织损伤<sup>[22-24]</sup>。本次研究结果还显示,保护性 OLV 组术后 10 d FEV1、DLCO、FEF25 指标水平均较术前升高,且高于传统 OLV 组,提示肺保护性通气可有效改善患者肺功能。这主要是由于肺保护性通气采用的是低气道压、小潮气量、低呼气

末正压进行通气,其可减少通气侧肺组织血管的压迫和肺组织内分流情况,降低胸内压,恢复静脉血管内血液回流过程,保证组织或者脏器氧供状态,从而减少肺损伤<sup>[25-27]</sup>。本次研究结果还表明肺保护性通气对患者术后认知功能影响较轻,这主要是由于肺保护性通气可有效改善氧合状态,维持术中全脑氧供需平衡状态,减轻继发性脑组织损伤,从而减少了患者术后认知功能障碍的发生<sup>[28-30]</sup>。

综上所述,OLV 患者采用肺保护性方式进行通气可以稳定患者呼吸动力学,改善肺功能以及认知功能,同时还可以减轻机体炎症反应。但是,长时间的小潮气量会导致肺不张和肺泡进行性萎缩,临床可根据患者具体情况选择合适的通气方式。

#### 参考文献(References)

- [1] Zheng X, Lv Z, Yin K, et al. Effects of epidural anesthesia combined with inhalation anesthesia or intravenous anesthesia on intrapulmonary shunt and oxygenation in patients undergoing long term single lung ventilation[J]. Pak J Med Sci, 2018, 34(4): 799-803
- [2] Kidane B, Choi S, Fortin D, et al. Use of lung-protective strategies during one-lung ventilation surgery: a multi-institutional survey [J]. Ann Transl Med, 2018, 6(13): 269
- [3] 王瑛,郭春燕,陈冬梅,等.右美托咪定对开胸手术单肺通气患者术中血流动力学和炎症因子的影响 [J]. 现代生物医学进展, 2016, 16(35): 6891-6893, 6986
- [4] Wang W, Xu MY, Wu JX, et al. Influence of tidal volume on ventilation distribution and oxygenation during one-lung ventilation [J]. Kaohsiung J Med Sci, 2018, 34(7): 420-421
- [5] Futier E, Jaber S. Lung-protective ventilation in abdominal surgery[J]. Curr Opin Crit Care, 2014, 20(4): 426-430
- [6] Brassard CL, Lohser J, Donati F, et al. Step-by-step clinical management of one-lung ventilation: continuing professional development[J]. Can J Anaesth, 2014, 61(12): 1103-1121
- [7] de Melo DM, Barbosa AJ. Use of the Mini-Mental State Examination in research on the elderly in Brazil: a systematic review[J]. Cien Saude Colet, 2015, 20(12): 3865-3876
- [8] Liu W, Huang Q, Lin D, et al. Effect of lung protective ventilation on coronary heart disease patients undergoing lung cancer resection[J]. J Thorac Dis, 2018, 10(5): 2760-2770
- [9] Moritz A, Irouschek A, Birkholz T, et al. The EZ-blocker for one-lung ventilation in patients undergoing thoracic surgery: clinical applications and experience in 100 cases in a routine clinical setting [J]. J Cardiothorac Surg, 2018, 13(1): 77
- [10] Zhang W, Zhang S, Li B, et al. Paravertebral dexmedetomidine as an

- adjuvant to ropivacaine protects against independent lung injury during one-lung ventilation: a preliminary randomized clinical trial[J]. BMC Anesthesiol, 2018, 18(1): 67
- [11] Hentze B, Muders T, Luepschen H, et al. Regional lung ventilation and perfusion by electrical impedance tomography compared to single-photon emission computed tomography [J]. Physiol Meas, 2018, 39(6): 065004
- [12] Lin M, Shen Y, Wang H, et al. A comparison between two lung ventilation with CO<sub>2</sub> artificial pneumothorax and one lung ventilation during thoracic phase of minimally invasive esophagectomy [J]. J Thorac Dis, 2018, 10(3): 1912-1918
- [13] Fiorelli S, Defraia V, Cipolla F, et al. Short-term one-lung ventilation does not influence local inflammatory cytokine response after lung resection[J]. J Thorac Dis, 2018, 10(3): 1864-1874
- [14] 李孝建,钟晓旻,邓忠远,等.肺保护性通气策略联合肺复张对严重烧伤并发急性呼吸窘迫综合征患者的疗效 [J]. 中华烧伤杂志, 2014, 30(4): 305-309
- [15] Kim HJ, Kim E, Baek SH, et al. Sevoflurane did not show better protective effect on endothelial glycocalyx layer compared to propofol during lung resection surgery with one lung ventilation [J]. J Thorac Dis, 2018, 10(3): 1468-1475
- [16] Godai K, Hasegawa-Moriyama M, Matsunaga A, et al. Phenylephrine does not improve oxygenation during one-lung ventilation: A randomized, double-blind, cross-over study [J]. PLoS One, 2018, 13(4): e0195576
- [17] Schmidt M, Jaber S, Zogheib E, et al. Feasibility and safety of low-flow extracorporeal CO<sub>2</sub> removal managed with a renal replacement platform to enhance lung-protective ventilation of patients with mild-to-moderate ARDS[J]. Crit Care, 2018, 22(1): 122
- [18] Lu Y, Chen RG, Wei SZ, et al. Effect of omega 3 fatty acids on C-reactive protein and interleukin-6 in patients with advanced nonsmall cell lung cancer[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(37): e11971
- [19] Schmidt J, Wenzel C, Mahn M, et al. Improved lung recruitment and oxygenation during mandatory ventilation with a new expiratory ventilation assistance device: A controlled interventional trial in healthy pigs[J]. Eur J Anaesthesiol, 2018, 35(10): 736-744
- [20] Allen TC, Kurdowska A. Interleukin 8 and acute lung injury[J]. Arch Pathol Lab Med, 2014, 138(2): 266-269
- [21] Lamb JG, Romero EG, Lu Z, et al. Activation of Human Transient Receptor Potential Melastatin-8 (TRPM8) by Calcium-Rich Particulate Materials and Effects on Human Lung Cells [J]. Mol Pharmacol, 2017, 92(6): 653-664
- [22] Parekh M, Abrams D, Brodie D, et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation for ARDS: Optimization of Lung Protective Ventilation [J]. Respir Care, 2018, 63(9): 1180-1188
- [23] Solidoro P, Schreiber A, Boffini M, et al. Improving donor lung suitability: from protective strategies to ex-vivo reconditioning[J]. Minerva Med, 2016, 107(1): 7-11
- [24] Santos A, Gomez-Peñalver E, Monge-Garcia MI, et al. Effects on Pulmonary Vascular Mechanics of Two Different Lung-Protective Ventilation Strategies in an Experimental Model of Acute Respiratory Distress Syndrome[J]. Crit Care Med, 2017, 45(11): e1157-e1164
- [25] Ward SL, Quinn CM, Valentine SL, et al. Poor Adherence to Lung-Protective Mechanical Ventilation in Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome[J]. Pediatr Crit Care Med, 2016, 17(10): 917-923
- [26] Josephs SA, Lemmink GA, Strong JA, et al. Improving Adherence to Intraoperative Lung-Protective Ventilation Strategies at a University Medical Center[J]. Anesth Analg, 2018, 126(1): 150-160
- [27] 冯丹丹,郝静,许华晔,等.麻醉诱导期开始采用肺保护性通气策略对妇科腔镜手术患者氧合及预后的影响 [J]. 临床麻醉学杂志, 2016, 32(8): 748-752
- [28] Camilo LM, Motta-Ribeiro GC, de Ávila MB, et al. Variable Ventilation Associated With Recruitment Maneuver Minimizes Tissue Damage and Pulmonary Inflammation in Anesthetized Lung-Healthy Rats [J]. Anesth Analg, 2018, 127(3): 784-791
- [29] Spieth PM, Güldner A, Uhlig C, et al. Variable versus conventional lung protective mechanical ventilation during open abdominal surgery (PROVAR): a randomised controlled trial[J]. Br J Anaesth, 2018, 120(3): 581-591
- [30] Zhang L, Xiong W, Peng Y, et al. The effect of an intraoperative, lung-protective ventilation strategy in neurosurgical patients undergoing craniotomy: study protocol for a randomized controlled trial [J]. Trials, 2018, 19(1): 85