

DOI: 10.12235/E20210059

文章编号: 1007-1989 (2021) 09-0037-07

论著

## 肺内压力监测联合开胸前肺萎陷技术用于胸腔镜手术的效果\*

赵栋, 熊畅, 张宇帆, 乐新会, 许多嘉, 蓝志坚

[浙江大学医学院附属金华医院(金华市中心医院) 麻醉科, 浙江 金华 321000]

**摘要: 目的** 评价肺内压力监测(IPM)联合开胸前肺萎陷技术(PTLCT)用于胸腔镜手术的效果。  
**方法** 选择择期行胸腔镜左肺叶楔形切除术的患者96例,性别不限,年龄30~79岁,体重指数(BMI) < 30 kg/m<sup>2</sup>,美国麻醉医师协会分级(ASA)为I级或II级,采用随机数表法分为4组(n=24): PTLCT组(C组)、-5~5 mmHg IPM联合PTLCT组(P<sub>1</sub>组)、-15~-6 mmHg IPM联合PTLCT组(P<sub>2</sub>组)、< -15 mmHg IPM联合PTLCT组(P<sub>3</sub>组)。PTLCT采用双肺纯氧通气并在侧卧位前封堵术侧支气管,单肺通气10 min后打开胸膜并胸腔镜进胸。P<sub>1</sub>组、P<sub>2</sub>组、P<sub>3</sub>组分别在PTLCT的基础上,在IPM达到相应压力段时打开胸膜并胸腔镜进胸。记录每组侧卧位即时(T<sub>0</sub>)和打开胸膜前(T<sub>1</sub>)的心率(HR)、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、经皮动脉血氧饱和度(SpO<sub>2</sub>)、动脉血氧分压(PaO<sub>2</sub>)和动脉血二氧化碳分压(PaCO<sub>2</sub>),并且到时间点后立即进胸,胸腔镜直视下观察肺萎陷情况。**结果** P<sub>1</sub>组有8例患者在达到肺内压力段时未能完成进胸前准备;P<sub>2</sub>组有2例患者未能达到所需肺内压力段;P<sub>3</sub>组有1例患者在进胸前的单肺通气期间发生低氧血症(SpO<sub>2</sub> < 90%),2例患者未能达到所需肺内压力段。与C组比较,P<sub>1</sub>组患者肺萎陷评分(LCS)下降(P < 0.05),P<sub>2</sub>组、P<sub>3</sub>组患者LCS差异无统计学意义(P > 0.05)。在T<sub>1</sub>时,与P<sub>1</sub>组比较,P<sub>3</sub>组SpO<sub>2</sub>降低(P < 0.05);与C组比较,P<sub>1</sub>组PaO<sub>2</sub>升高(P < 0.05);与P<sub>1</sub>组比较,P<sub>2</sub>组、P<sub>3</sub>组PaO<sub>2</sub>降低(P < 0.05);与P<sub>2</sub>组比较,P<sub>3</sub>组PaO<sub>2</sub>降低(P < 0.05)。**结论** IPM联合PTLCT可以避免肺组织损伤;在-15~-6 mmHg肺内压力段时进胸,既可以达到良好的开胸前肺萎陷效果,又可以保持良好的SpO<sub>2</sub>,适合作为胸腔镜进胸时机。

**关键词:** 肺内压;肺萎陷;胸腔镜手术;支气管封堵器;单肺通气

**中图分类号:** R614

## Effect of intrapulmonary pressure monitoring combined with the pre-thoracotomy lung collapse technique in thoracoscopic surgery\*

Dong Zhao, Chang Xiong, Yu-fan Zhang, Xin-hui Le, Duo-jia Xu, Zhi-jian Lan

(Department of Anesthesiology, Jinhua Central Hospital, Jinhua Hospital affiliated to Zhejiang University School of Medicine, Jinhua, Zhejiang 321000, China)

**Abstract: Objective** To evaluate the effect of intrapulmonary pressure monitoring (IPM) combined with the pre-thoracotomy lung collapse technique (PTLCT) in thoracoscopic surgery. **Methods** 96 American Society of Anesthesiologists physical status I or II patients, aged 30~79 yr, BMI < 30 kg/m<sup>2</sup>, underwent elective

收稿日期: 2021-02-01

\*基金项目: 浙江省科技厅公益技术应用研究项目(No: LGF19H010008); 浙江省医药卫生科技计划项目(No: 2019RC301); 金华市科技局重点项目(No: 2018-3-005)

\*专利: 实用新型专利(ZL 201820336679.5)

thoroscopic left lung surgery, were randomized into 4 groups ( $n = 24$ ): PTLCT group (C group),  $-5 \sim 5$  mmHg IPM combined with PTLCT group ( $P_1$  group),  $-15 \sim -6$  mmHg IPM combined with PTLCT group ( $P_2$  group),  $< -15$  mmHg IPM combined with PTLCT group ( $P_3$  group). PTLCT was treated by using the double lung ventilation with  $FiO_2 = 1.0$  and the operative bronchus was blocked before the patients' change into the lateral position. And after 10 min of one lung ventilation (OLV), the pleura was opened and thoracoscope was put into the chest.  $P_1$  group,  $P_2$  group, and  $P_3$  group were treated by opening the pleura when intrapulmonary pressure was  $-5 \sim 5$  mmHg,  $-15 \sim -6$  mmHg,  $< -15$  mmHg based on PTLCT. HR, SBP, DBP,  $SpO_2$ , and  $PaO_2$ ,  $PaCO_2$  were recorded in each group at the time point of after changing position ( $T_0$ ) and before opening the pleura ( $T_1$ ). The operated lung was evaluated using lung collapse score (LCS) immediately after opening the pleura. **Results** 8 patients in  $P_1$  group were failed to complete the preparation of opening the pleura before reaching intrapulmonary pressure; 2 patients in  $P_2$  group failed to achieve the required intrapulmonary pressure; 1 patient in  $P_3$  group happened hypoxemia ( $SpO_2 < 90\%$ ) during OLV, 2 patients failed to reach the required intrapulmonary pressure. Compared with C group, the LCS of  $P_1$  group was significantly decreased ( $P < 0.05$ ), and no significant change was found in LCS in  $P_2$  group and  $P_3$  group ( $P > 0.05$ ). At  $T_1$ , compared with  $P_1$  group, the  $SpO_2$  of  $P_3$  group was significantly decreased ( $P < 0.05$ ); Compared with C group, the  $PaO_2$  of  $P_1$  group was significantly increased ( $P < 0.05$ ); Compared with  $P_1$  group, the  $PaO_2$  was significantly decreased in  $P_2$  and  $P_3$  group ( $P < 0.05$ ); Compared with  $P_2$  group, the  $PaO_2$  of  $P_3$  group was significantly decreased ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** IPM combined with PTLCT can avoid lung tissue injury; Opening the pleura at  $-15 \sim -6$  mmHg of intrapulmonary pressure section can not only achieve a good effect of lung collapse, but also maintain good  $SpO_2$ , which is suitable time for opening the pleura in thoracoscopic surgery.

**Keywords:** intrapulmonary pressure; lung collapse; thoracoscopic surgery; bronchial blocker; one-lung ventilation

胸腔镜手术需要单肺通气和肺叶隔离。支气管封堵器可通过前端气囊充气封堵支气管来完成手术侧肺的隔离和萎陷。其有插管和定位容易、心血管反应轻、呼吸道损伤小的优点<sup>[1-3]</sup>, 现已逐渐应用于临床。术侧肺的快速萎陷有利于手术顺利进行。虽然相关研究中描述了几种辅助支气管封堵器管来促进肺萎陷的方法, 包括  $FiO_2 = 1.0$  吸氧去氮法<sup>[4]</sup>、50% 笑气充肺法<sup>[4-5]</sup>、脱机法<sup>[6-8]</sup>以及抽吸法<sup>[9]</sup>, 但是对于手术医师来说, 他们更感兴趣地是能否在打开胸膜的一刻就能完成肺萎陷。本团队在前期研究<sup>[10]</sup>中应用开胸前肺萎陷技术 (pre-thoracotomy lung collapse technique, PTLCT), 可以达到良好的开胸前肺萎陷效果, 其中两个重要的技术点是纯氧通气后封堵和侧卧位前封堵。但是, 该研究不能准确地预估个体的肺萎陷程度, 从而不能完全避免电刀切开胸膜和 Trocar 进胸时对肺的损伤。鉴于此, 本团队进一步设计了“可监测肺内压的支气管封堵器”(实用新型专利: ZL201820336679.5), 通过肺内压监测 (intrapulmonary pressure monitoring, IPM) 预估开胸前肺萎陷程度, 指导胸腔镜进胸。研究胸腔镜

手术时单肺通气和肺叶隔离的管理技术具有重要的临床价值, 本研究拟在胸腔镜手术中应用不同肺内压力段联合 PTLCT 来评价开胸前肺萎陷的效果, 探求胸腔镜进胸的适宜肺内压力段, 为临床提供参考依据。

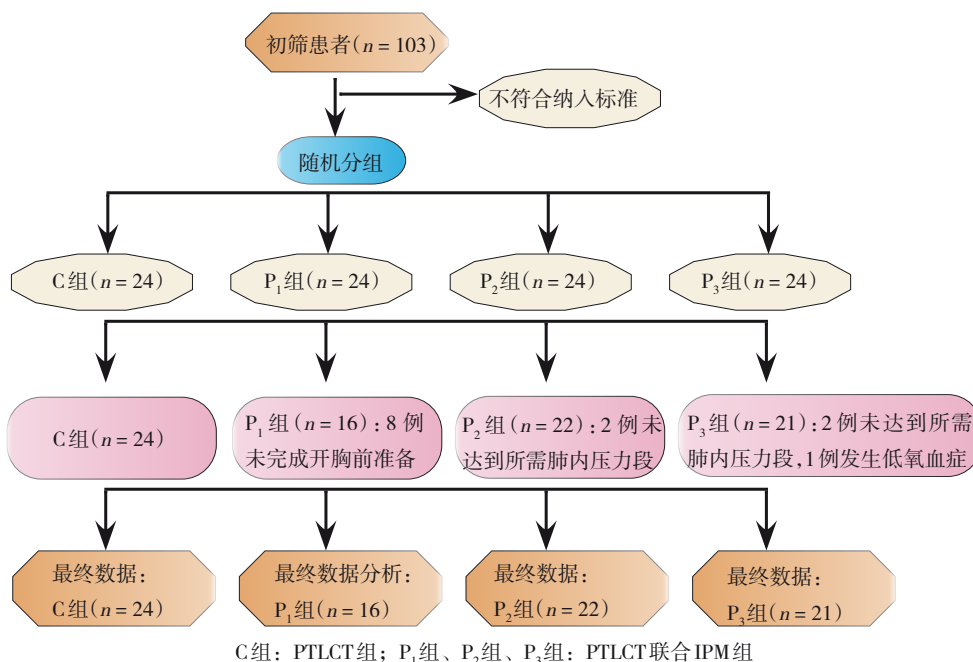
## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

**1.1.1 患者筛选** 本研究已经在中国临床试验注册中心注册 (注册号: ChiCTR1900023647), 已获金华市中心医院医学伦理委员会批准 (审批编号: 2018-046-001), 患者或被授权家属均签署知情同意书。选择 2019 年 1 月—2019 年 8 月在我院择期行胸腔镜左肺叶楔形切除术的患者 96 例, 年龄  $30 \sim 79$  岁, 性别不限, 体重指数 (body mass index, BMI)  $< 30$  kg/m<sup>2</sup>, 美国麻醉医师协会 (American Society of Anesthesiologists, ASA) 分级为 I 级或 II 级。所有患者已排除如下情况: 预期的困难气管插管、严重的慢性阻塞性肺疾病史、胸膜和/或间质性疾病史、胸腔放疗史以及肺功能第 1 秒用力呼气容积 (forced expiratory volume

in one second,  $FEV_1$ ) < 50% 预测值。根据前期研究成果, 采用随机数表法将患者分为4组 ( $n=24$ ): 对照组 (C组) 和不同肺内压力段监测组 ( $P_1$ 组、 $P_2$ 组、 $P_3$ 组)。  $P_1$ 组有8例患者在达到肺内压力段时未能完成进胸前准备, 予以剔除;  $P_2$ 组有2例患者未能达到

所需肺内压力段, 予以剔除;  $P_3$ 组有1例患者在进胸前的单肺通气期间发生低氧血症, 2例患者未能达到所需肺内压力段, 皆予以剔除。最终本研究共纳入患者83例, 其中C组24例,  $P_1$ 组16例,  $P_2$ 组22例,  $P_3$ 组21例。见图1。



C组: PTLCT组;  $P_1$ 组、 $P_2$ 组、 $P_3$ 组: PTLCT联合IPM组

图1 研究对象筛选流程图

Fig.1 Flow chart of subject selection

1.1.2 患者一般情况和术前肺功能情况比较 4组患者一般情况 (性别、年龄、BMI) 比较, 差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。术前血红蛋白和肺功能指标: 4组患者用力肺活量 (forced vital capacity, FVC) 占预计值百分比 ( $FVC_{ex}\%$ )、 $FEV_1$ 占预计值

百分比 ( $FEV_1\%$ )、一秒率占预计值百分比 ( $FEV_1/FVC_{ex}\%$ )、肺一氧化碳弥散量 (diffusion capacity for carbon monoxide of lung, DLCO) 占预计值百分比 ( $DLCO\%$ ) 比较, 差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表1。

表1 4组患者一般情况和术前肺功能指标比较

Table 1 Comparison of baseline characteristics and preoperative pulmonary function indicators of four groups

组别	年龄/岁	性别(男/女)/例	BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	$FEV_1\%$	$FVC_{ex}\%$	( $FEV_1/FVC_{ex}$ )/%	DLCO/%	Hb/(g/L)
C组 ( $n=24$ )	57.0±13.5	10/14	21.6±2.6	98.5±19.2	94.9±12.7	102.6±6.1	92.8±14.3	128.2±11.6
$P_1$ 组 ( $n=16$ )	48.6±10.3	7/9	22.0±3.0	90.3±6.4	92.0±12.2	100.8±10.2	89.2±18.2	125.9±13.1
$P_2$ 组 ( $n=22$ )	53.3±10.9	8/14	22.7±2.9	92.3±9.7	92.7±7.8	98.2±5.8	88.9±11.3	123.6±15.7
$P_3$ 组 ( $n=21$ )	54.7±9.6	9/12	21.6±1.9	90.5±14.0	93.1±13.0	102.1±6.6	84.8±12.6	119.4±17.0
$F/\chi^2$ 值	1.84	0.71 <sup>†</sup>	1.04	1.74	0.22	1.70	1.24	1.46
P值	0.147	0.593	0.378	0.165	0.878	0.174	0.300	0.233

注: †为 $\chi^2$ 值

## 1.2 剔除标准

①在胸膜打开前经皮动脉血氧饱和度 (percutaneous arterial oxygen saturation, SpO<sub>2</sub>) < 90% 者被剔除, 并改换成双肺通气; ②支气管封堵后 30 min 内未达到肺内压力段者被剔除, 并改换成脱机法实施肺萎陷; ③当到达肺内压力段时仍未做好进胸前准备者。

## 1.3 麻醉方法

入室后监测无创血压、SpO<sub>2</sub>、心率 (heart rate, HR) 和脑电双频指数 (bispectral index, BIS)。局麻下行桡动脉穿刺置管术, 用于监测有创动脉压和间断采血行血气分析。麻醉诱导: 静脉注射咪达唑仑 0.05 mg/kg、舒芬太尼 0.5 ~ 1.0 μg/kg、依托咪酯脂肪乳 0.20 mg/kg、顺苯磺阿曲库铵 0.20 mg/kg。肌肉松弛后, 先后置入内径为 8 mm 的单腔气管导管和 Coopdech 支气管封堵器 (杭州坦帕医疗科技有限公司), 距离隆突 3 cm 放置封堵器球囊。4 组患者都在纤维支气管镜确认位置后连接麻醉机行双肺间歇正压通气, 新鲜气体流量 2.0 L/min, 吸入氧浓度 100%, 潮气量 (tidal volume, V<sub>T</sub>) 8.0 mL/kg, 呼吸频率 (respiratory rate, RR) 10 ~ 12 次/min, 吸呼比 (I : E) 为 1 : 2, 维持呼气末二氧化碳分压 (partial pressure of end-tidal carbon dioxide, PetCO<sub>2</sub>) 在 35 ~ 45 mmHg。麻醉维持: 持续静脉输注丙泊酚 4 ~ 8 mg / (kg·h) 和瑞芬太尼 0.1 ~ 0.3 μg / (kg·min), 术中根据需要间断静脉注射顺苯磺阿曲库铵 0.10 mg/kg, 维持 BIS 值在 40 ~ 60。在胸膜打开胸腔镜进胸后, 根据患者状态调整麻醉机设置, 下调吸入氧浓度至 50% ~ 70%, V<sub>T</sub> 6.0 ~ 7.0 mL/kg, 以使峰值压力保持在 25 cmH<sub>2</sub>O 以下, 根据 PetCO<sub>2</sub> 调整 RR。所有手术都由同一组外科医生完成, 并选择三孔胸腔镜手术方式。

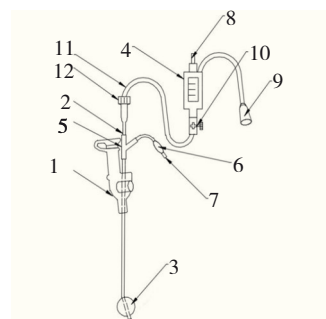
## 1.4 肺萎陷方法

1.4.1 C 组患者采用 PTLCT 双肺纯氧通气, 纤维支气管镜完成支气管封堵器管前端气囊定位, 在右侧卧位前即刻气囊充气行左支气管封堵, 并行单肺通气。其中两个重要的技术点是纯氧通气后封堵和侧卧位前封堵。方案中 C 组的设定封堵时间是 10 min。

1.4.2 IPM 放置支气管封堵器管后, P<sub>1</sub>组、P<sub>2</sub>组、P<sub>3</sub>组在支气管封堵器管吸引管的末端连接压力传感器 (ICU Medical, Inc.), 以备监测肺内压。见图 2。动

态监测从支气管封堵到胸膜开放整个开胸前肺萎陷过程的肺内压变化。

1.4.3 打开胸膜时机 4 组患者侧卧位后均再次用纤维支气管镜确认气囊位置, 在胸膜打开前的单肺通气期间呼吸参数不变。C 组单肺通气 10 min 后打开胸膜并置入 Trocar 和胸腔镜进胸, P<sub>1</sub>组在 -5 ~ 5 mmHg 肺内压力段时打开胸膜, P<sub>2</sub>组在 -15 ~ -6 mmHg 肺内压力段时打开胸膜, P<sub>3</sub>组在 < -15 mmHg 肺内压力段时打开胸膜。



1: 连接器; 2: 吸引管; 3: 封堵气囊; 4: 压力传感器; 5: Y 形接头; 6: 充气气囊; 7: 止逆阀; 8: 静脉输液连接口; 9: 监护仪连接口; 10: 三通阀排气阀; 11: 测压连接管; 12: 鲁尔接头

图 2 肺内压监测型支气管封堵器

Fig.2 Bronchial blocker with intrapulmonary pressure monitoring

## 1.5 记录变量

1.5.1 血流动力学 记录每一组侧卧位即时 (T<sub>0</sub>) 和胸膜开放前 (T<sub>1</sub>) 的 HR、收缩压 (systolic blood pressure, SBP)、舒张压 (diastolic blood pressure, DBP) 和 SpO<sub>2</sub>; 记录两个时间点动脉血气中的动脉血氧分压 (arterial partial pressure of oxygen, PaO<sub>2</sub>) 和动脉血二氧化碳分压 (partial pressure of carbon dioxide in arterial blood, PaCO<sub>2</sub>)。

1.5.2 肺萎陷的质量 封堵到各时间点时嘱手术医师打开腔镜观察孔放置 Trocar, 并且在胸腔镜进胸后不同角度拍摄三张照片, 于术后由第三方同一位外科医师使用非参数性语言评价量表评估肺萎陷评分 (lung collapse score, LCS): 从 0 分 (对应无肺萎陷) 到 10 分 (对应最大肺萎陷) [11]。

## 1.6 统计学方法

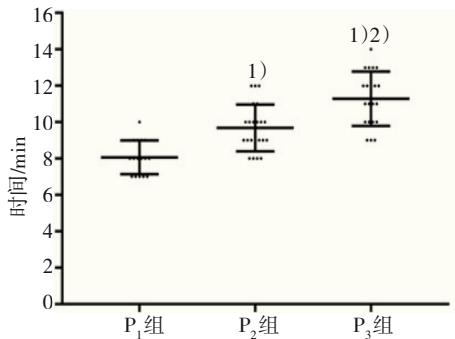
采用 SPSS 25.0 软件进行数据分析, 正态分布的计量资料以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 组间比较采用单因素方差分析, 计数资料以例表示, 比较采用  $\chi^2$

检验; 非正态分布的计量资料用中位数(最小值, 最大值) [M (min, max)] 表示, 采用秩和检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 3组IPM患者单肺通气达到预定肺内压力段所需时间比较

3组IPM患者单肺通气达到预定肺内压力段所需时间分别为:  $P_1$ 组 ( $8.1 \pm 0.9$ ) min、 $P_2$ 组 ( $9.7 \pm 1.3$ ) min、 $P_3$ 组为 ( $11.3 \pm 1.5$ ) min, 3组患者比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见图3。



1) 与 $P_1$ 组比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 2) 与 $P_2$ 组比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )

图3 3组IPM患者单肺通气达到预定肺内压力段所需时间比较

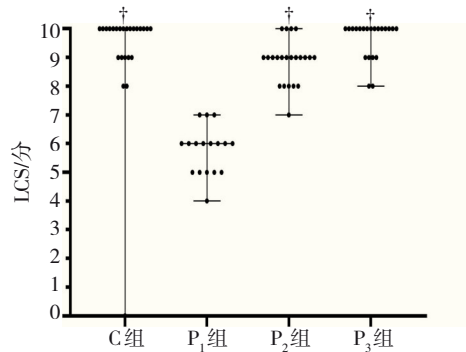
Fig.3 Comparison of the time required for one lung ventilation to reach the predetermined intrapulmonary pressure in three groups of IPM patients

### 2.2 4组患者开胸前LCS比较

$T_1$ 时, 4组患者LCS使用中位数(最小值, 最大值)表示分别为: C组10 (0, 10)分,  $P_1$ 组6 (4, 7)分,  $P_2$ 组9 (7, 10)分,  $P_3$ 组10 (8, 10)分。与 $P_1$ 组比较, C组、 $P_2$ 组和 $P_3$ 组LCS均明显升高 ( $P < 0.05$ );  $P_2$ 组和 $P_3$ 组LCS比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见图4。

### 2.3 4组患者 $SpO_2$ 、 $PaO_2$ 和 $PaCO_2$ 比较

在 $T_0$ 时, 4组患者 $SpO_2$ 、 $PaO_2$ 、 $PaCO_2$ 比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。在 $T_1$ 时, 与 $P_1$ 组比较,  $P_3$ 组 $SpO_2$ 降低 ( $P < 0.05$ ); 与C组比较,  $P_1$ 组、 $P_2$ 组 $PaO_2$ 升高 ( $P < 0.05$ ); 与 $P_1$ 组比较,  $P_2$ 组、 $P_3$ 组 $PaO_2$ 降低 ( $P < 0.05$ ); 与 $P_2$ 组比较,  $P_3$ 组 $PaO_2$ 降低 ( $P < 0.05$ )。见表2。



†与 $P_1$ 组比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )

图4 4组患者在 $T_1$ 时LCS比较

Fig.4 Comparison of lung collapse scores at  $T_1$  time point of four groups

表2 4组患者不同时间点 $SpO_2$ 、 $PaO_2$ 和 $PaCO_2$ 比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Comparison of  $SpO_2$ 、 $PaO_2$ 、 $PaCO_2$  at different time points of four groups ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	$T_0$	$T_1$
C组 (n = 24)		
$SpO_2/\%$	$99.6 \pm 0.2$	$98.9 \pm 1.9$
$PaO_2/\text{mmHg}$	$485.7 \pm 34.0$	$129.7 \pm 43.2$
$PaCO_2/\text{mmHg}$	$39.4 \pm 4.3$	$36.5 \pm 3.9$
$P_1$ 组 (n = 16)		
$SpO_2/\%$	$99.9 \pm 0.3$	$99.8 \pm 0.3$
$PaO_2/\text{mmHg}$	$500.5 \pm 36.6$	$242.3 \pm 76.5^{1)}$
$PaCO_2/\text{mmHg}$	$36.8 \pm 3.9$	$35.6 \pm 4.8$
$P_2$ 组 (n = 22)		
$SpO_2/\%$	$99.9 \pm 0.2$	$98.6 \pm 2.5$
$PaO_2/\text{mmHg}$	$493.5 \pm 41.2$	$157.0 \pm 56.1^{1)2)}$
$PaCO_2/\text{mmHg}$	$37.8 \pm 5.0$	$36.8 \pm 4.5$
$P_3$ 组 (n = 21)		
$SpO_2/\%$	$100.0 \pm 0.0$	$97.2 \pm 3.4^{2)}$
$PaO_2/\text{mmHg}$	$486.3 \pm 42.8$	$131.2 \pm 75.0^{2)3)}$
$PaCO_2/\text{mmHg}$	$39.5 \pm 4.0$	$36.8 \pm 4.1$

注: 1) 与C组比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 2) 与 $P_1$ 组比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 3) 与 $P_2$ 组比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )

### 2.4 4组患者血流动力学比较

在 $T_0$ 时及 $T_1$ 时, 4组患者SBP、DBP和HR组间比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 与 $T_0$ 时比较, 4组患者 $T_1$ 时SBP、DBP和HR均降低 ( $P < 0.05$ )。见表3。

表 3 4 组患者不同时间点血流动力学指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )  
Table 3 Comparison of hemodynamic indexes of four groups at different time points ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>
C 组 (n = 24)		
SBP/mmHg	138.7 ± 16.4	117.4 ± 20.5 <sup>†</sup>
DBP/mmHg	77.0 ± 11.5	64.8 ± 13.9 <sup>†</sup>
HR/(次/min)	79.5 ± 9.5	70.3 ± 10.0 <sup>†</sup>
P <sub>1</sub> 组 (n = 16)		
SBP/mmHg	144.6 ± 15.9	119.2 ± 21.9 <sup>†</sup>
DBP/mmHg	82.1 ± 13.8	69.3 ± 17.5 <sup>†</sup>
HR/(次/min)	85.4 ± 11.5	67.3 ± 8.3 <sup>†</sup>
P <sub>2</sub> 组 (n = 22)		
SBP/mmHg	131.1 ± 15.6	115.1 ± 13.2 <sup>†</sup>
DBP/mmHg	70.0 ± 13.4	61.3 ± 10.1 <sup>†</sup>
HR/(次/min)	82.0 ± 10.5	66.7 ± 8.0 <sup>†</sup>
P <sub>3</sub> 组 (n = 21)		
SBP/mmHg	137.5 ± 16.2	110.7 ± 14.5 <sup>†</sup>
DBP/mmHg	71.0 ± 9.2	63.5 ± 13.4 <sup>†</sup>
HR/(次/min)	80.7 ± 8.4	73.3 ± 11.8 <sup>†</sup>

注:†与 T<sub>0</sub> 时比较,差异有统计学意义 (P < 0.05)

### 3 讨论

肺内压是指肺泡内的压力,可随胸腔体积变化产生一系列肺内压力变化。人们于自主呼吸状态下,呼吸肌参与产生呼吸动作时,在肺内外压力差的驱动下吸入空气或者呼出肺内气体。在全身麻醉双肺间歇正压通气期间,吸气时气体被压入肺内,肺内压比大气压高,至吸气末肺内压达最高值;呼气时肺内压逐渐下降,至呼气末肺内压降至零。在使用支气管封堵器管的单肺通气状态下,封堵侧肺处于没有呼吸并且密闭的环境,肺内压受呼吸运动的影响较小,主要受封堵侧肺泡萎陷程度的影响。因此,本研究组设计了肺内压监测装置。

术侧肺封堵后形成弥散呼吸,即无呼吸运动,形成只能摄氧而不能排出二氧化碳的呼吸状态<sup>[12]</sup>。理论上,当一个肺单位的通气停止时,血液从该肺单位吸收气体的速率决定了吸收性肺不张发展的速率。氧的弥散量为 15 ~ 20 mL/mmHg,肺毛细血管血流通过肺泡的时间为 0.75 s,而正常情况下氧弥散的时间只需

0.30 s。此时肺泡内的氧迅速弥散使肺泡萎缩,肺容积从吸气末的最大容积逐渐减小,胸膜腔负压逐渐增大,同时伴随肺内压从吸气末的最大正压逐渐下降。本研究中,笔者选择在吸气末平台期将支气管封堵器管末端气囊充气,封堵左支气管,并监测左肺的肺内压。

开胸前肺萎陷的整个过程中,肺内压力变化有一定的规律,根据前期研究<sup>[10]</sup>结果,笔者拟定肺内压力变化的 3 个阶段作为进胸时机: -5 ~ 5 mmHg、-15 ~ -6 mmHg、< -15 mmHg,上述肺内压力段也作为本研究的分组依据。肺萎陷过程伴随肺内压力下降,肺内压力的情况也可以反映开胸前肺萎陷的程度。本研究显示,与 P<sub>1</sub> 组比较, P<sub>2</sub> 组和 P<sub>3</sub> 组 LCS 均明显升高;与 P<sub>2</sub> 组比较, P<sub>3</sub> 组 LCS 无明显差异,并且两组患者肺萎陷均达到优良等级,提示肺内压在 -5 mmHg 以下的情况时,可以达到良好的开胸前肺萎陷效果,说明肺内压可以较为精准地预估开胸前肺萎陷的程度。

本研究显示,虽然与 C 组比较, P<sub>2</sub> 组和 P<sub>3</sub> 组 LCS 均无差异,但与 P<sub>2</sub> 组和 P<sub>3</sub> 组不同的是, C 组中出现 1 例 LCS 为 0 分的患者,即肺完全没有萎陷,原因考虑为:封堵气囊充气压力不足,导致吸气时气体被压入封堵侧肺内。值得一提的是,该例患者的肺组织表面留下了电刀灼伤痕迹,提示:在单独应用 PTLCT 时,并不能保证所有患者肺萎陷的有效性,在吸气时切开胸膜和放置 Trocar,易发生肺组织损伤。本研究中, P<sub>2</sub> 组、P<sub>3</sub> 组各有 2 例未达到所要求的肺内压力段而被剔除,其原因考虑为:一种可能是与 C 组未萎陷病例原因一样,为封堵气囊压力相对不足而使气体进入封堵侧肺,进而影响肺萎陷,剔除此类病例可以有效避免类似肺损伤的发生;另一种可能是肺在此之前已得到完全萎陷,肺内压继续下降已无多大空间。因此,根据 IPM 来引导进胸,为胸腔镜手术提供了较为精准的进胸时机,但由于本研究中部分患者被剔除,更大样本量的研究亦有必要。

单肺通气时发生低氧血症是比较常见的,据报道发生率在 3% ~ 28% 之间<sup>[13-15]</sup>。本研究显示,在 T<sub>1</sub> 时, P<sub>1</sub> 组 PaO<sub>2</sub> 明显高于 P<sub>2</sub> 组,而 P<sub>2</sub> 组高于 C 组和 P<sub>3</sub> 组,并且 C 组和 P<sub>3</sub> 组 PaO<sub>2</sub> 差异无统计学意义。笔者认为,造成上述差异最主要的原因是肺内压和相应开胸前封堵时间不同所造成的,随着开胸前封堵时间的延长,肺

内压不断下降,肺内血分流进入封堵侧肺的量增加,导致静脉血中掺杂的肺内血增加,PaO<sub>2</sub>会呈现不同程度下降。本研究中,各组达到T<sub>1</sub>时刻所经历的平均封堵时间为P<sub>1</sub>组<P<sub>2</sub>组<C组<P<sub>3</sub>组,此结果与PaO<sub>2</sub>的变化趋势基本一致。根据氧离曲线,PaO<sub>2</sub>的下降会伴随SpO<sub>2</sub>不同程度地下降,本研究显示,在T<sub>1</sub>时,与P<sub>1</sub>组比较,P<sub>3</sub>组SpO<sub>2</sub>降低( $P<0.05$ ),另外,P<sub>3</sub>组1例患者因出现SpO<sub>2</sub><90%而被剔除,提示在<-15 mmHg肺内压力段时,存在偶发低氧血症的可能<sup>[16]</sup>。

综上所述,IPM联合PTLCT可以避免肺组织的损伤;在-15~-6 mmHg肺内压力段时进胸,既可以达到良好的开胸前肺萎陷效果,还可以保持良好的SpO<sub>2</sub>,适合作为胸腔镜进胸时机。

#### 参 考 文 献 :

- [1] CLAYTON-SMITH A, BENNETT K, ALASTON R P, et al. A comparison of the efficacy and adverse effects of double-lumen endobronchial tubes and bronchial blockers in thoracic surgery: a systematic review and Meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2015, 29(4): 955-966.
- [2] ZHENG M, NIU Z, CHEN P, et al. Effects of bronchial blockers on one-lung ventilation in general anesthesia: a randomized controlled trial[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(41): e17387.
- [3] KNOLL H, ZIEGELER S, SCHREIBER J U, et al. Airway injuries after one-lung ventilation: a comparison between double-lumen tube and endobronchial blocker: a randomized, prospective, controlled trial[J]. Anesthesiology, 2006, 105(3): 471-477.
- [4] KO R, MCRAE K, DARLING G, et al. The use of air in the inspired gas mixture during 2-lung ventilation delays lung collapse during 1-lung ventilation[J]. Anesth Analg, 2009, 108(4): 1092-1096.
- [5] YOSHIMURA T, UEDA K, KAKINUMA A, et al. Bronchial blocker lung collapse technique: nitrous oxide for facilitating lung collapse during one-lung ventilation with a bronchial blocker[J]. Anesth Analg, 2014, 118(3): 666-670.
- [6] DUMANS-NIZARD V, LIU N, LALOË P A, et al. A comparison of the deflecting-tip bronchial blocker with a wire-guided blocker or left-sided double-lumen tube[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2009, 23(4): 501-505.
- [7] YOO J Y, KIM D H, CHOI H, et al. Disconnection technique with a

bronchial blocker for improving lung deflation: a comparison with a double-lumen tube and bronchial blocker without disconnection[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2014, 28(4): 904-907.

- [8] CAMPOS J H. An update on bronchial blockers during lung separation techniques in adults[J]. Anesth Analg, 2003, 97(5): 1266-1274.
- [9] CAMPOS J H, KERNSTINE K H. A comparison of a left-sided Broncho-Cath with the torque control blocker univent and the wire-guided blocker[J]. Anesth Analg, 2003, 96(1): 283-289.
- [10] 赵栋,吕华燕,刘晴晴,等.开胸前肺萎陷技术在胸腔镜手术中的应用[J].中国现代医生,2020,58(32):59-63.
- [10] ZHAO D, LÜ H Y, LIU Q Q, et al. Application of the technique of pulmonary atrophy before thoracotomy in thoracoscopic surgery[J]. China Modern Doctor, 2020, 58(32): 59-63. Chinese
- [11] CAMPOS J H. Which device should be considered the best for lung isolation: double-lumen endotracheal tube versus bronchial blockers[J]. Curr Opin Anaesthesiol, 2007, 20(1): 27-31.
- [12] 庄心良,曾因明,陈伯銮.现代麻醉学[M].3版.北京:人民卫生出版社,2003:61.
- [12] ZHUANG X L, ZENG Y M, CHEN B L. Modern anesthesiology[M]. 3rd ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2003: 61. Chinese
- [13] KARZAI W, SCHWARZKOPF K. Hypoxemia during one-lung ventilation: prediction, prevention, and treatment[J]. Anesthesiology, 2009, 110(6): 1402-1411.
- [14] INOUE S, NISHIMINE N, KITAGUCHI K, et al. Double lumen tube location predicts tube malposition and hypoxaemia during one lung ventilation[J]. Br J Anaesth, 2004, 92(2): 195-201.
- [15] BRODSKY J B, LEMMENS J M H. Left Double-lumen tubes: clinical experience with 1,170 patients[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2003, 17(3): 289-298.
- [16] VERHAGE R J, BOONE J, RIJKERS G T, et al. Reduced local immune response with continuous positive airway pressure during one-lung ventilation for oesophagectomy[J]. Br J Anaesth, 2014, 112(5): 920-928.

(吴静 编辑)

#### 本文引用格式:

赵栋,熊畅,张宇帆,等.肺内压力监测联合开胸前肺萎陷技术用于胸腔镜手术的效果[J].中国内镜杂志,2021,27(9):37-43.  
ZHAO D, XIONG C, ZHANG Y F, et al. Effect of intrapulmonary pressure monitoring combined with the pre-thoracotomy lung collapse technique in thoracoscopic surgery[J]. China Journal of Endoscopy, 2021, 27(9): 37-43. Chinese