

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2018.15.009

文章编号: 1005-8982 (2018) 15-0041-07

新进展研究·论著

## 不同吸气末停顿及吸呼比对胸科手术 单肺通气患者呼吸功能的影响\*

赵衍硕<sup>1</sup>, 谢丽萍<sup>1</sup>, 殷姜文<sup>1</sup>, 葛明月<sup>1</sup>, 陈平<sup>1</sup>, 王胜<sup>1</sup>, 魏育涛<sup>2</sup>, 代志刚<sup>1</sup>

(石河子大学医学院第一附属医院 1. 麻醉科, 2. 心胸外科, 新疆 石河子 832000)

**摘要:** **目的** 探讨需单肺通气(OLV)的胸科手术中不同吸气末停顿(EIP)及吸呼比对患者呼吸功能的影响。**方法** 选择该院择期行胸科手术OLV患者60例,根据随机数字表法将其分为OLV吸呼比1:2组(A组)和OLV吸呼比1:1组(B组),每组30例。将两组根据吸气末停顿设置的不同分别随机分为2个亚组,即OLV后吸呼比1:2,吸气末停顿0%、10%、20%先后通气30 min组(A<sub>1</sub>组);吸气末停顿0%、20%、10%先后通气30 min组(A<sub>2</sub>组);OLV后吸呼比1:1,吸气末停顿0%、10%、20%先后通气30 min组(B<sub>1</sub>组);吸气末停顿0%、20%、10%先后通气30 min组(B<sub>2</sub>组)。每组15例。分别于OLV前(T<sub>1</sub>)、OLV后30 min(T<sub>2</sub>)、60 min(T<sub>3</sub>)、90 min(T<sub>4</sub>)记录患者血流动力学指标、呼吸力学指标并采集动脉及中心静脉血进行血气分析。**结果** 在A组与B组中,吸气末停顿20%与吸气末停顿0%、10%比较,患者动脉血二氧化碳分压(PaCO<sub>2</sub>)、死腔率降低(P<0.05)。B组在联合吸气末停顿0%、10%、20%时与A组比较,患者气道压峰值、平台压降低,肺顺应性提高(P<0.05)。**结论** 对胸科手术OLV患者,吸气末停顿20%有利于二氧化碳交换,减少死腔率;吸呼比1:1可降低气道压,提高肺动态顺应性。两者对患者血流动力学指标无影响。

**关键词:** 吸呼比;吸气末停顿;单肺通气;肺动态顺应性;死腔率

**中图分类号:** R825.6

**文献标识码:** A

## Effect of different end-inspiratory pause and ratio of inspiration to expiration on respiratory function in patients undergoing thoracic surgery with one-lung ventilation\*

Yan-shuo Zhao<sup>1</sup>, Li-ping Xie<sup>1</sup>, Jiang-wen Yin<sup>1</sup>, Ming-yue Ge<sup>1</sup>, Ping Chen<sup>1</sup>,  
Sheng Wang<sup>1</sup>, Yu-tao Wei<sup>2</sup>, Zhi-gang Dai<sup>1</sup>

(1. Department of Anesthesiology, the First Affiliated Hospital, School of Medicine, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China; 2. Department of Cardiothoracic Surgery, the First Affiliated Hospital, School of Medicine, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

**Abstract: Objective** To investigate the effects of different end-inspiratory pause (EIP) and ratio of inspiration to expiration (I:E) on respiratory function in patients undergoing thoracic surgery with one-lung ventilation (OLV). **Methods** A total of 60 patients undergoing thoracic surgery with one-lung ventilation in our hospital were randomly divided into two groups: patients receiving I:E of 1:2 group (group A), and patients receiving I:E of 1:1 group (group B) (n = 30). Inside each group, patients were randomly divided into 2 subgroups (subgroup A1, A2 and B1, B2) (n = 15). Patients in subgroup A1 were ventilated for 30 min with EIP in order of 0%, 10% and 20%. Patients in subgroup A2 were ventilated for 30 min with EIP in order of 0%, 20% and 10%. Patients in subgroup B1 were

收稿日期: 2017-09-11

\* 基金项目: 石河子大学医学院第一附属医院科技发展项目 (No: YL2015S018)

[通信作者] 代志刚, E-mail: dzg2009@sina.com; Tel: 13677536767

ventilated for 30 min with EIP in order of 0%, 10% and 20%. Patients in subgroup B2 were ventilated for 30 min with EIP in order of 0%, 20% and 10%. Hemodynamics, respiratory parameters and arterial/central venous blood gas were recorded at baseline ( $T_1$ ), 30 min ( $T_2$ ), 60 min ( $T_3$ ), and 90 min ( $T_4$ ). **Results** Patients in both group A and group B with the EIP of 20% experienced downregulated levels of arterial  $\text{CO}_2$  partial pressure and the dead space rate compared with that in groups of the EIP as 0% and 10% ( $P < 0.05$ ).  $P_{\text{peak}}$  and  $P_{\text{plat}}$  were significantly decreased while pulmonary dynamic compliance was increased in group B when compared with group A ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** For patients undergoing thoracic surgery with one-lung ventilation, EIP of 20% and I : E of 1 : 1 is more appropriate for  $\text{CO}_2$  exchange, reduction of dead space rate and airway pressure and improvement of pulmonary dynamic compliance.

**Keywords:** inspiration to expiration ratio; end-inspiratory pause; one-lung ventilation; pulmonary dynamic compliance; dead space rate

随着单肺通气 (one-lung ventilation, OLV) 的广泛应用, 以小潮气量为核心的肺保护性通气策略迅速发展。在小潮气量条件下, 胸科手术 OLV 患者低氧血症及二氧化碳  $\text{CO}_2$  蓄积的发生率时有增高<sup>[1]</sup>。目前, 相应措施有提高呼吸频率或更换过滤器等<sup>[2-3]</sup>。大多数肺保护性通气策略研究忽略一个重要方面, 即在整个呼吸循环中, 吸气过程中提供气体弥散交换的时间也至关重要<sup>[4]</sup>。这个时间就是平均弥散时间 (the mean distribution time, MDT)。影响 MDT 的 2 个主要因素就是吸气时间和吸气末停顿 (end-inspiration pause, EIP)。在机械通气时, 这 2 个因素对应的调节参数即为吸呼比和吸气间隙时间与吸气时间之比 (inspiratory time,  $t_{\text{IP}}$ )。在动物实验、患有急性呼吸窘迫综合征及健康患者的临床试验中, 延长 MDT 有助于减少死腔量, 并在一定程度上促进  $\text{CO}_2$  排出<sup>[5-9]</sup>。本研究将探讨不同 EIP 和吸呼比对胸科手术 OLV 患者呼吸功能的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2016 年 11 月 -2017 年 6 月该院择期行胸科手术需 OLV 患者 60 例。其中, 男性 38 例, 女性 22 例; 年龄 38 ~ 65 岁; 美国麻醉医师协会分级 I、II 级; 体重指数 (body mass index, BMI) 20 ~ 28  $\text{kg}/\text{m}^2$ ; 食管癌患者 8 例, 肺叶切除患者 52 例; 术中左肺通气 44 例, 右肺通气 16 例。随机将患者分为吸呼比为 1 : 2 组 (A 组) 和吸呼比为 1 : 1 组 (B 组), 每组 30 例。将两组根据吸气末停顿设置的不同分别随机分为 2 个亚组, 即 OLV 后吸呼比 1 : 2,  $t_{\text{IP}}/t_{\text{I}}$  为 0%、10%、20% 先后通气 30 min 组 ( $A_1$  组),  $t_{\text{IP}}/t_{\text{I}}$  为 0%、20%、10% 先后通气 30 min 组 ( $A_2$  组); OLV 后吸呼比为 1 : 1,  $t_{\text{IP}}/t_{\text{I}}$  为 0%、10%、20% 先后通气 30 min 组 ( $B_1$  组),  $t_{\text{IP}}/t_{\text{I}}$  为 0%、20%、10% 先后通气 30 min

组 ( $B_2$  组)。排除有阻塞型、限制型通气功能障碍性肺疾病及严重循环系统疾病的患者。本研究经中国临床试验注册中心注册并通过医院伦理委员会批准, 患者术前签署知情同意书。

### 1.2 样本量计算方法

通过进行预实验得到吸呼比为 1 : 2 与 1 : 1 时气道压峰值的均数分别为 23.5、21.5, 总体标准差为 2.0; EIP 为 0% 与 20% 时血二氧化碳分压 (arterial partial pressure of carbon dioxide,  $\text{PaCO}_2$ ) 的均数分别为 40.275、37.663, 总体标准差为 2.720。将上述数据分别带入公式:

$$n_1=n_2=2 \left[ \frac{(u_\alpha+u_\beta)}{\delta/\sigma} \right]^2 + \frac{1}{4}u_\alpha^2$$

式中  $n_1$  和  $n_2$  分别为两样本所需含量, 为两总体均数之差值, 是总体标准差 ( $\alpha=0.05$ ,  $\beta=0.10$ )。经计算得出不同吸呼比每组需 22 例, 共 44 例; 不同 EIP 每组需 24 例, 共 48 例。故本实验最低样本量为 48 例, 结合医院手术量、实验设计及尽可能增加样本量提高试验结果可信度, 最后将样本量定为 60 例。

### 1.3 麻醉方法

所有患者麻醉前常规禁食 8 h, 禁饮 4 h。入室后, 行基本生命体征监测, 选择右颈内静脉穿刺置管监测中心静脉压和非手术侧桡动脉穿刺置管监测有创动脉压。两组均采用全凭静脉麻醉, 术前给予盐酸戊乙奎醚 0.01  $\text{mg}/\text{kg}$ 。麻醉诱导方案: 静脉注射咪达唑仑 0.05  $\text{mg}/\text{kg}$ , 枸橼酸舒芬太尼 0.6  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 苯磺酸顺式阿曲库铵 0.2  $\text{mg}/\text{kg}$ , 丙泊酚 1.5 ~ 2.0  $\text{mg}/\text{kg}$ 。麻醉维持方案: 静脉以丙泊酚 4 ~ 12  $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 、盐酸瑞芬太尼 12 ~ 30  $\mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$  以及苯磺酸顺式阿曲库铵 0.1 ~ 0.2  $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$  持续泵入。根据患者性别及身高选择 35 ~ 39 F 双腔支气管导管, 经口明视下行双腔支气管插管。随后听诊双肺呼吸音判断左右肺分隔好, 纤维支气管镜检查双腔管位置, 确定对位良

好后固定导管。接麻醉机行容量控制模式控制通气。两组双肺通气时呼吸参数均为潮气量 (tidal volume,  $V_T$ ) 8 ml/kg、呼吸频率 (respiratory rate, RR) 10 ~ 12 次/min, 吸呼比为 1 : 2, 吸入氧浓度 (fraction of inspire oxygen,  $FiO_2$ ) 为 100%, 氧流量 2 L/min, 控制呼气末二氧化碳分压 (end tidal carbon dioxide tension,  $PETCO_2$ ) 30~40 mmHg。侧卧位后再次应用纤支镜定位双腔支气管导管的位置, 然后进行 OLV, 将  $V_T$  调至 6 ml/kg, RR 调至 12 ~ 14 次/min。A 组维持吸呼比为 1 : 2, B 组调整吸呼比为 1 : 1。其中 A<sub>1</sub> 组先后将  $t_{IP}/t_I$  调整为 0%、10%、20% 各通气 30 min, A<sub>2</sub> 组先后将  $t_{IP}/t_I$  调整为 0%、20%、10% 各通气 30 min; B<sub>1</sub> 组  $t_{IP}/t_I$  同 A<sub>1</sub> 组, B<sub>2</sub> 组同 A<sub>2</sub> 组, 余参数不变。若患者发生需患侧肺使用持续正压通气或双肺通气纠正的低氧血症 ( $PaO_2 < 60$  mmHg,  $SpO_2 < 90\%$ ), 则排除该病例。

#### 1.4 观察指标

分别观察记录患者 OLV 前 ( $T_1$ ), OLV 后 30 min ( $T_2$ )、60 min ( $T_3$ )、90 min ( $T_4$ ) 记录患者血流动力学指标、呼吸力学指标并采集动脉及中心静脉血进行血气分析, 计算呼吸功能指标。

**1.4.1 血流动力学指标** 包括心率 (heart rate, HR)、收缩压 (systolic blood pressure, SBP)、舒张压 (diastole pressure, DBP)、平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP) 及中心静脉压 (central venous pressure, CVP)。

**1.4.2 呼吸力学指标** 包括气道峰压 ( $P_{peak}$ )、气道平台压 ( $P_{plat}$ ) 及呼气末正压 (positive end-expiratory pressure, PEEP)。

**1.4.3 血气分析指标** 包括血氧分压 (partial pressure of oxygen,  $PO_2$ )、 $PaCO_2$ 、血氧饱和度 (saturation oxygen,  $SO_2$ ) 及血红蛋白含量 (hemoglobin, Hb)。

**1.4.4 呼吸功能指标** 包括通气功能和换气功能监测指标 [ $PETCO_2$ 、肺动态肺顺应性 (pulmonary dynamic compliance,  $C_{dyn}$ )、死腔率 ( $V_D/V_T$ )、氧合指数 ( $PaO_2/FiO_2$ ) 及分流率 ( $Q_s/Q_t$ ) ]。

#### 1.5 统计学方法

数据分析采用 SPSS 22.0 统计软件, 计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 组内比较采用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD- $t$  检验; 组间比较采用两样本  $t$  检验, 计数资料以构成比 (%) 表示, 行  $\chi^2$  检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

通过两组各自亚组间统计分析比较发现,  $t_{IP}/t_I$  的设置顺序对其结果产生的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 说明设置顺序的不同对结果没有影响, 故将各亚组数据合并分析。

### 2.1 两组一般情况比较

两组性别、年龄、BMI、一秒用力呼气容积 (forced expiratory volume in one second, FEV<sub>1</sub>) / 预计值、FEV<sub>1</sub> / 用力肺活量 (forced vital capacity, FVC)、最大通气量 (maximal voluntary ventilation, MVV) 及左右肺通气例数比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 1。

### 2.2 两组血流动力学指标比较

两组 HR、SBP、DBP、MAP 及 CVP 比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

### 2.3 两组血气分析指标比较

两组在联合  $t_{IP}/t_I$  比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。为 20% 时的  $PaCO_2$  较 0%、10% 降低; 与 OLV 前比较, 两组 OLV 时  $PaO_2$ 、 $SaO_2$ 、 $ScvO_2$  降低。见表 3。

### 2.4 两组呼吸动力学指标比较

两组在联合  $t_{IP}/t_I$  比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。为 20% 时的  $P_{peak}$ 、PEEP 较 0%、10% 升高, B 组在联合  $t_{IP}/t_I$  为 10%、20% 时的  $P_{plat}$  均较 A 组降低 ( $t = 4.520$  和  $3.717$ ,  $P = 0.000$  和  $0.001$ ), B 组在联合  $t_{IP}/t_I$  为 0%、10%、20% 时的  $P_{peak}$  均较 A 组降低 ( $t = 4.377$ 、 $4.166$  和  $3.468$ ,  $P = 0.000$ 、 $0.000$  和  $0.001$ ), 而 PEEP

表 1 两组一般情况比较 ( $n = 30$ )

组别	男 / 女 / 例	年龄 / (岁, $\bar{x} \pm s$ )	BMI / ( $kg/m^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	FEV <sub>1</sub> / 预计值 / (% , $\bar{x} \pm s$ )	FEV <sub>1</sub> / FVC / (% , $\bar{x} \pm s$ )	MVV / (L/min, $\bar{x} \pm s$ )	左 / 右肺通气 / 例
A 组	20/10	53.5 $\pm$ 9.2	25.7 $\pm$ 1.8	88.6 $\pm$ 5.8	81.4 $\pm$ 6.7	101.8 $\pm$ 21.1	23/7
B 组	18/12	55.4 $\pm$ 8.4	24.6 $\pm$ 2.3	89.6 $\pm$ 8.3	77.4 $\pm$ 5.3	98.5 $\pm$ 17.9	21/9
$\chi^2/t$ 值	0.287	-0.712	1.832	-0.439	2.112	0.788	0.341
$P$ 值	0.592	0.481	0.075	0.663	0.143	0.436	0.559

增高 ( $t = -6.102$ 、 $-6.042$ 、 $-5.362$ , 均  $P = 0.000$ ); 与 OLV 前比较, 两组 OLV 时  $P_{peak}$ 、PEEP 升高。见表 4。

### 2.5 两组呼吸功能指标比较

**2.5.1 通气功能** 两组通气功能联合  $t_p/t_i$  比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。B 组在联合  $t_p/t_i$  为 0%、10%、20% 时的  $C_{dyn}$  较 A 组增大 ( $t = -2.820$ 、 $-2.718$

和  $-2.417$ ,  $P = 0.008$ 、 $0.010$  和  $0.021$ ); 两组在联合  $t_p/t_i$  为 20% 时的  $V_D/V_T$  较 0%、10% 降低; 与 OLV 前比较, 两组 OLV 时  $V_D/V_T$  增大,  $C_{dyn}$  降低。

**2.5.2 换气功能** 两组  $PaO_2/FiO_2$ 、 $Q_s/Q_t$  比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 与 OLV 前比较, 两组 OLV 时  $PaO_2/FiO_2$  降低,  $Q_s/Q_t$  增大。见表 5。

表 2 两组血流动力学指标比较 ( $n = 30$ ,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	HR/(次/min)	SBP/mmHg	DBP/mmHg	MAP/mmHg	CVP/cmH <sub>2</sub> O
A 组					
OLV 前	70.6 ± 7.8	122.9 ± 15.4	74.1 ± 10.8	90.9 ± 11.0	7.3 ± 1.5
$t_p/t_i$ 0%	75.3 ± 7.5	121.3 ± 16.1	68.9 ± 8.2	86.3 ± 9.0	7.6 ± 1.7
$t_p/t_i$ 10%	71.6 ± 6.3	120.6 ± 14.9	73.0 ± 5.5	87.9 ± 5.4	7.9 ± 1.7
$t_p/t_i$ 20%	73.0 ± 8.4	119.5 ± 13.6	69.5 ± 8.3	86.2 ± 9.0	7.3 ± 1.8
F 值	1.042	0.126	1.339	0.517	0.575
P 值	0.382	0.944	0.272	0.672	0.633
B 组					
OLV 前	68.4 ± 9.6	117.2 ± 12.6	69.3 ± 8.8	85.2 ± 9.7	7.1 ± 1.6
TIP : TI (0%)	74.2 ± 13.6	116.9 ± 11.2	67.4 ± 5.9	83.9 ± 6.6	7.0 ± 1.8
$t_p/t_i$ 10%	71.2 ± 10.9	113.9 ± 12.0	69.3 ± 8.5	84.1 ± 8.8	7.5 ± 1.6
$t_p/t_i$ 20%	70.4 ± 11.5	117.1 ± 10.8	69.9 ± 7.5	85.6 ± 7.6	7.4 ± 1.6
F 值	0.823	0.342	0.379	0.186	0.319
P 值	0.485	0.795	0.768	0.906	0.812

表 3 两组血气分析指标比较 ( $n = 30$ ,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	PaCO <sub>2</sub> /mmHg	PaO <sub>2</sub> /mmHg	SaO <sub>2</sub> %	Hb/(g/dl)	ScvO <sub>2</sub> %
A 组					
OLV 前	40.5 ± 2.7	375.6 ± 42.5	99.9 ± 0.1	11.9 ± 1.2	69.5 ± 3.0
$t_p/t_i$ 0%	40.9 ± 2.5	94.1 ± 19.0 <sup>2)</sup>	96.0 ± 2.3 <sup>2)</sup>	11.5 ± 1.4	64.4 ± 4.0 <sup>2)</sup>
$t_p/t_i$ 10%	40.7 ± 2.4	99.5 ± 25.6 <sup>2)</sup>	96.3 ± 2.3 <sup>2)</sup>	11.3 ± 1.6	63.8 ± 4.5 <sup>2)</sup>
$t_p/t_i$ 20%	38.7 ± 2.8 <sup>1)2)</sup>	105.2 ± 27.9 <sup>2)</sup>	96.8 ± 2.2 <sup>2)</sup>	11.3 ± 1.5	64.5 ± 4.6 <sup>2)</sup>
F 值	3.024	423.278	17.305	0.886	8.594
P 值	0.035	0.000	0.000	0.453	0.000
B 组					
OLV 前	41.6 ± 2.6	383.8 ± 53.1	99.9 ± 0.1	11.5 ± 1.3	68.4 ± 3.6
$t_p/t_i$ 0%	42.3 ± 2.8	103.4 ± 34.9 <sup>2)</sup>	96.4 ± 2.9 <sup>2)</sup>	11.3 ± 1.3	64.2 ± 4.4 <sup>2)</sup>
$t_p/t_i$ 10%	41.7 ± 2.4	107.2 ± 33.5 <sup>2)</sup>	97.0 ± 2.4 <sup>2)</sup>	11.2 ± 1.3	64.4 ± 4.6 <sup>2)</sup>
$t_p/t_i$ 20%	39.0 ± 2.8 <sup>1)2)</sup>	112.3 ± 35.3 <sup>2)</sup>	97.3 ± 2.4 <sup>2)</sup>	11.2 ± 1.3	64.6 ± 4.3 <sup>2)</sup>
F 值	6.041	238.201	10.168	0.334	4.616
P 值	0.001	0.000	0.000	0.801	0.005

注: 1)  $t_p/t_i$  0% 比较,  $P < 0.05$ ; 2) 与 OLV 前比较,  $P < 0.05$

表 4 两组呼吸动力学指标比较 ( $n=30$ ,  $\text{cmH}_2\text{O}$ ,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	$P_{\text{peak}}$	$P_{\text{plat}}$	PEEP	组别	$P_{\text{peak}}$	$P_{\text{plat}}$	PEEP
A 组				B 组			
OLV 前	$13.9 \pm 1.5$	$20.2 \pm 1.3$	$1.9 \pm 0.4$	OLV 前	$13.8 \pm 1.2$		$1.9 \pm 0.3$
$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 0%	$22.9 \pm 1.6^{1)}$	$19.6 \pm 1.1$	$2.1 \pm 0.3^{1)}$	$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 0%	$20.7 \pm 1.6^{1)2)}$		$2.8 \pm 0.4^{1)2)}$
$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 10%	$22.9 \pm 1.5^{1)}$	3.079	$2.2 \pm 0.4^{1)}$	$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 10%	$20.9 \pm 1.5^{1)2)}$	$18.2 \pm 1.5^{2)}$	$2.9 \pm 0.4^{1)2)}$
$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 20%	$23.9 \pm 1.4^{1)3)}$	0.087	$2.5 \pm 0.5^{1)3)}$	$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 20%	$22.0 \pm 1.8^{1)2)3)}$	$18.0 \pm 1.5^{2)}$	$3.4 \pm 0.5^{1)2)3)}$
$F$ 值	190.868		9.154	$F$ 值	117.579	0.102	45.747
$P$ 值	0.000		0.000	$P$ 值	0.000	0.752	0.000

注: 1) 与 OLV 前比较,  $P < 0.05$ ; 2) 与 A 组比较,  $P < 0.05$ ; 3) 与  $t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$  0% 比较,  $P < 0.05$

表 5 两组呼吸功能指标比较 ( $n=30$ ,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	$V_{\text{i}}/V_{\text{T}}/\%$	$C_{\text{dyn}}/(\text{ml}/\text{cmH}_2\text{O})$	$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$	$\text{Qs}/\text{Qt}/\%$
A 组				
OLV 前	$18.2 \pm 1.7$	$39.8 \pm 7.3$	$375.6 \pm 42.5$	$15.3 \pm 1.9$
$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 0%	$22.3 \pm 1.1^{1)}$	$17.2 \pm 3.0^{1)}$	$94.1 \pm 19.0^{1)}$	$26.4 \pm 0.7^{1)}$
$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 10%	$22.2 \pm 1.4^{1)}$	$17.2 \pm 2.9^{1)}$	$99.5 \pm 25.6^{1)}$	$26.2 \pm 0.9^{1)}$
$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 20%	$20.9 \pm 1.5^{1)3)}$	$16.8 \pm 2.9^{1)}$	$105.2 \pm 27.9^{1)}$	$26.1 \pm 1.0^{1)}$
$F$ 值	35.923	130.946	423.278	398.952
$P$ 值	0.000	0.000	0.000	0.000
B 组				
OLV 前	$18.6 \pm 2.6$	$39.7 \pm 5.6$	$383.8 \pm 53.1$	$14.9 \pm 2.5$
$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 0%	$22.0 \pm 1.9^{1)}$	$19.9 \pm 3.0^{1)2)}$	$103.4 \pm 34.9^{1)}$	$26.0 \pm 1.3^{1)}$
$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 10%	$21.8 \pm 1.3^{1)}$	$19.7 \pm 2.9^{1)2)}$	$107.2 \pm 33.5^{1)}$	$25.9 \pm 1.2^{1)}$
$t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$ 20%	$20.6 \pm 1.6^{1)3)}$	$19.2 \pm 3.4^{1)2)}$	$112.3 \pm 35.3^{1)}$	$25.8 \pm 1.3^{1)}$
$F$ 值	13.577	134.812	238.201	224.440
$P$ 值	0.000	0.000	0.000	0.000

注: 1) 与 OLV 前比较,  $P < 0.05$ ; 2) 与 A 组前比较,  $P < 0.05$ ; 3) 与  $t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$  0% 比较,  $P < 0.05$

### 3 讨论

随着胸科手术的快速发展, OLV 不仅应用于肺, 在食管、胸壁及纵隔等胸科手术的应用也越来越普遍。OLV 主要是给手术提供良好的操作环境, 防止患侧肺的污染等<sup>[10]</sup>。由于肺萎陷、缺血缺氧、高气道压力、肺循环血流的重新分布、术中牵拉挤压及麻醉方法等因素的影响, OLV 仍存在较高风险。由于大潮气量是

机械通气性肺损伤的主要因素<sup>[11]</sup>, 以小潮气量为核心的肺保护通气策略在机械通气中应用非常广泛<sup>[12-13]</sup>。在小潮气量背景下, 患者低氧血症、 $\text{CO}_2$  蓄积等发生率时有增高。因此, 优化肺保护性通气策略也越来越重要。

在以往传统的机械通气呼吸参数设置中, 根据人的正常生理情况, 常将吸呼比默认为 1 : 2,  $t_{\text{ip}}/t_{\text{i}}$  默认

为 0%。在单肺通气中,患者的生理状态发生变化,而吸呼比和  $t_{ip}/t_i$  设置的调整并未引起大家重视。本研究通过调节吸呼比和  $t_{ip}/t_i$  来改变患者机械通气的吸气模式,延长 MDT。其中吸呼比是绝对延长吸气时间,而  $t_{ip}/t_i$  是相对延长吸气时间。

EIP 是指呼吸机在吸气相时产生正压,在吸气末和呼气前,压力仍保持在一定水平,然后再行呼气,从而使吸气末压力保持在一定水平的通气功能。调节  $t_{ip}/t_i$  即可调整 EIP 的时间,EIP 期间没有气流继续进入,这个持续的压力会让气体进入不易扩张的肺泡中,减少机械通气期间的  $V_D/V_T$ ,从而有利于气体的分布、弥散及  $CO_2$  的交换,降低患者  $PaCO_2$ <sup>[14-15]</sup>。有研究证实<sup>[16]</sup>, $V_D/V_T$  的临界值在 60%,超过临界值,患者往往会出现严重的肺损伤,病死率增加。由于吸气时间不变,调高  $t_{ip}/t_i$  必然会缩短麻醉机送气时间,气体流速增快,会增大  $P_{peak}$ 。本研究中  $t_{ip}/t_i$  为 10% 时较  $t_{ip}/t_i$  为 0% 时  $P_{peak}$  无变化, $t_{ip}/t_i$  为 20% 时  $P_{peak}$  增加。

通过改变吸呼比,使整个呼吸循环的吸气时间延长,让麻醉机将潮气量在更长的时间内送入肺内,减慢流速,从而使  $P_{peak}$ 、 $P_{plat}$  降低,本研究结果与国外研究一致<sup>[17-18]</sup>,吸气时间延长使气体弥散更加均匀,提高肺的动态顺应性;呼气时间缩短引起患者 PEEP 升高,使部分塌陷的肺泡复张,有利于气体交换,但呼气时间缩短也会影响  $CO_2$  排出,本研究发现吸呼比为 1 : 1 时并未造成  $CO_2$  的蓄积。

本研究吸呼比和  $t_{ip}/t_i$  设置对患者的  $PO_2$ 、 $SO_2$  均无影响。理论上增长吸呼比和  $t_{ip}/t_i$  均有利于患者肺内气体分布,提高氧合。但在单肺通气状态下,无法从根本上解决肺循环血流重新分布的问题,且本研究未继续增大吸呼比、 $t_{ip}/t_i$  的数值,有待继续研究进行证实。本研究通过调节  $t_{ip}/t_i$ ,为降低患者  $PaCO_2$  提供实验依据,进而使之成为纠正患者高碳酸血症可参考的方法之一。其他实际意义可通过结合肺相关炎症因子及患者术后相关并发症发生率进行更多的研究与探讨。

综上所述,对胸科手术单肺通气患者,调整  $t_{ip}/t_i$  为 20% 可减少  $V_D/V_T$ 、有利于  $CO_2$  交换;调整吸呼比为 1 : 1 可降低气道压,提高  $C_{dyn}$ 。这两者联合使用可使患者术中机械通气过程  $P_{peak}$ 、 $P_{plat}$  及  $PaCO_2$  更趋于正常,且对患者血流动力学稳定无影响。

#### 参 考 文 献:

[1] ŞENTÜRK M, SLINGER P, COHEN E. Intraoperative mechanical

ventilation strategies for one-lung ventilation[J]. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 2015, 29(3): 357-369.

- [2] CERPA F, CÁCERES D, ROMERODAPUETO C, et al. Humidification on ventilated patients: heated humidifications or heat and moisture exchangers[J]. *Open Respiratory Medicine Journal*, 2015, 9 (Suppl 2): 104-111.
- [3] DE R E, UTTMAN L, JONSON B. Re-inspiration of  $CO_2$  from ventilator circuit: effects of circuit flushing and aspiration of dead space up to high respiratory rate[J]. *Critical Care*, 2010, 14(2): 1-8.
- [4] BONI E, CHIARI S, TRIGIANI M, et al. Effect of preceding inspiratory speed and end-inspiratory pause on forced expiratory manoeuvre in healthy subjects and chronic obstructive pulmonary disease patients[J]. *Respiration*, 2009, 78(3): 270-277.
- [5] MÜLLERREDETZKY H C, FELTEN M, HELLMIG K, et al. Increasing the inspiratory time and I:E ratio during mechanical ventilation aggravates ventilator-induced lung injury in mice[J]. *Critical Care*, 2015, 19(1): 1-11.
- [6] DEVAQUET J, JONSON B, NIKLASON L, et al. Effects of inspiratory pause on  $CO_2$  elimination and arterial  $PCO_2$  in acute lung injury[J]. *Journal of Applied Physiology*, 2008, 105(6): 1944-1949.
- [7] ABOAB J, NIKLASON L, UTTMAN L, et al. Dead space and  $CO_2$  elimination related to pattern of inspiratory gas delivery in ARDS patients[J]. *Critical Care*, 2012, 16(2): R39.
- [8] ASTRÖM E, UTTMAN L, NIKLASON L, et al. Pattern of inspiratory gas delivery affects  $CO_2$  elimination in health and after acute lung injury[J]. *Intensive Care Medicine*, 2008, 34(2): 377-384.
- [9] STURESSON L W, MALMKVIST G, ALLVIN S, et al. An appropriate inspiratory flow pattern can enhance  $CO_2$  exchange, facilitating protective ventilation of healthy lungs[J]. *British Journal of Anaesthesia*, 2016, 117(2): 243-249.
- [10] MCGRATH B, TENNUCI C, LEE G. The history of one-lung anesthesia and the double-lumen tubes[J]. *Anesth Hist*, 2017, 3(3): 76-86.
- [11] SALMAN D, FINNEY S J, GRIFFITHS M J. Strategies to reduce ventilator-associated lung injury (VALI)[J]. *Burns*, 2013, 39(2): 200-211.
- [12] KILPATRICK B, SLINGER P. Lung protective strategies in anaesthesia[J]. *British Journal of Anaesthesia*, 2010, 105(1): 108-116.
- [13] BLANK R S, COLQUHOUN D A, DURIEUX M E, et al. Management of one-lung ventilation: impact of tidal volume on complications after thoracic surgery[J]. *Anesthesiology: the Journal of the American Society of Anesthesiologists*, 2016, 124(6): 1286-1295.
- [14] ABOAB J, NIKLASON L, UTTMAN L, et al.  $CO_2$  elimination at varying inspiratory pause in acute lung injury[J]. *Clinical Physiology & Functional Imaging*, 2007, 27(1): 2-6.
- [15] AGUIRRE-BERMEJO H, MORÁN I, BOTTIROLI M, et al. End-inspiratory pause prolongation in acute respiratory distress syndrome patients: effects on gas exchange and mechanics[J].

- Ann Intensive Care, 2016, 6(1): 81.
- [16] KALLET R H, ZHUO H, LIU K D, et al. The association between physiologic dead-space fraction and mortality in patients with the acute respiratory distress syndrome enrolled into a prospective multi-centered clinical trial[J]. Respiratory Care, 2013, 59(11): 1611-1618.
- [17] KIM S H, CHOI Y S, LEE J G, et al. Effects of a 1:1 inspiratory to expiratory ratio on respiratory mechanics and oxygenation during one-lung ventilation in the lateral decubitus position[J]. Anaesth Intensive Care, 2012, 40(6): 1016-1022.
- [18] LEE S M, KIM W H, AHN H J, et al. The effects of prolonged inspiratory time during one-lung ventilation: a randomised controlled trial[J]. Anaesthesia, 2013, 68(9): 908-916.
- (唐勇 编辑)

## 欢迎订阅《中国现代医学杂志》

《中国现代医学杂志》创刊于 1991 年, 是一本医学综合性学术期刊。由中华人民共和国教育部主管, 中南大学、中南大学湘雅医院主办。创刊以来始终坚持以服务广大医药卫生科技人员、促进国内外医学学术交流和医学事业发展为宗旨, 密切关注世界医学发展的新趋势, 积极推广国内医药卫生领域的新技术、新成果, 及时交流广大医药卫生人员的医学科学理论和业务技术水平, 成为国内外医学学术交流的重要园地, 已进入国内外多个重要检索系统和大型数据库。如: 中文核心期刊(中文核心期刊要目总览 2008、2011 和 2014 版)、中国科技论文与引文数据库即中国科技论文统计源期刊(CSTPCD)、俄罗斯文摘(AJ)、中国学术期刊综合评价数据库、中国期刊网全文数据库(CNKI)、中文科技期刊数据库、中文生物医学期刊文献数据库(CMCC)、超星“域出版”及中国生物医学期刊光盘版等。

《中国现代医学杂志》辟有基础研究·论著、临床研究·论著、综述、新进展研究·论著、临床报道、学术报告、病例报告等栏目。主要刊登国内外临床医学、基础医学、预防医学以及医学相关学科的新理论、新技术、新成果, 以及医院医疗、教学、科研、管理最新信息、动态等内容。读者为广大医药卫生科技人员。

《中国现代医学杂志》为旬刊, 国际标准开本(A4), 全刊为彩色印刷, 无线胶装。内芯采用 90 g 芬欧汇川雅光纸(880×1 230 mm), 封面采用 200 g 紫鑫特规双面铜版纸(635×965 mm)印刷, 每个月 10、20、30 日出版。定价 25 元/册, 全年 900 元。公开发行, 国内统一刊号: CN 43-1225/R; 国际标准刊号: ISSN 1005-8982; 国内邮发代号: 42-143。欢迎新老用户向当地邮局(所)订阅, 漏订或需增订者也可直接与本刊发行部联系订阅。

联系地址: 湖南省长沙市湘雅路 87 号《中国现代医学杂志》发行部, 邮编: 410008

电话: 0731-84327938; 传真: 0731-89753837; E-mail: journal@zgxddy.com

唯一官网网址: www.zgxddy.com

《中国现代医学杂志》编辑部