

DOI: 10.12235/E20220513

文章编号: 1007-1989 (2023) 08-0007-06

论著

## 反比通气应用于硬质气管镜诊疗的效果观察\*

吕静, 彭建良, 杨娜瑜

(厦门医学院附属第二医院 麻醉科, 福建 厦门 361021)

**摘要: 目的** 观察反比通气 (IRV) 应用于硬质气管镜诊疗的效果。**方法** 选择接受无痛硬质气管镜诊疗的患者50例, 随机分为A组 (IRV组) 和B组 (对照组), 均行常频喷射通气, A组吸呼比2:1, B组吸呼比1:2, 余呼吸参数两组设置相同 (喷射氧浓度100%, 喷射频率20次/min, 驱动压0.05~0.15 MPa)。比较 $T_0$  (麻醉前)、 $T_1$  (操作开始后10 min)、 $T_2$  (操作开始后20 min) 和 $T_3$  (操作开始后30 min) 时点患者的动脉血气 [包括: 酸碱度 (pH)、动脉血氧分压 ( $PaO_2$ )、动脉血二氧化碳分压 ( $PaCO_2$ )]、心率 (HR)、平均动脉压 (MAP) 和达到理想呼吸幅度时的呼吸机驱动压, 以及经皮动脉血氧饱和度 ( $SpO_2$ ) < 95%、术中低氧血症 ( $SpO_2$  < 90%) 和循环不稳定事件的发生率。**结果** A组呼吸机驱动压低于B组,  $SpO_2$  < 95%发生率低于B组, 两组患者 $T_1$ 、 $T_2$ 和 $T_3$ 时点的 $PaO_2$ 高于 $T_0$ 时点, 两组患者 $T_2$ 和 $T_3$ 时点的HR和MAP低于 $T_0$ 时点, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 两组间各时点HR、MAP、 $PaO_2$ 、pH和 $PaCO_2$ 比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。**结论** IRV应用于硬质气管镜诊疗, 可有效降低驱动压, 减少气压伤发生的风险, 同时可改善氧合, 且不会造成 $CO_2$ 蓄积, 患者血流动力学稳定, 在临床上是安全、可行的。

**关键词:** 反比通气; 喷射通气; 硬质气管镜; 诊疗; 应用

**中图分类号:** R614

## Observation on the effect of inverse ratio ventilation in rigid tracheoscopy\*

Lü Jing, Peng Jianliang, Yang Nayu

(Department of Anesthesiology, the Second Affiliated Hospital of Xiamen Medical College, Xiamen, Fujian 361021, China)

**Abstract: Objective** To observe the effect of inverse ratio ventilation (IRV) in the diagnosis and treatment of rigid tracheoscopy. **Methods** 50 patients with painless rigid tracheoscopy were randomly divided into two groups. The ratio of I/E was 2:1 in group A and 1:2 in group B. The other respiratory parameters were set the same in the two groups (100% injection oxygen concentration, 20 time/min, driving pressure 0.05 ~ 0.15 MPa). The arterial blood gas [potential of hydrogen (pH), arterial partial pressure of oxygen ( $PaO_2$ ), partial pressure of carbon dioxide in arterial blood ( $PaCO_2$ )], heart rate (HR) and mean arterial pressure (MAP) were compared at  $T_0$  (before anesthesia),  $T_1$  (10 min after the beginning of operation),  $T_2$  (20 min after the beginning of operation) and  $T_3$  (30 min after the beginning of operation). Ventilator driving pressure when the ideal breathing range was reached, the incidence rate of patients with percutaneous arterial oxygen saturation ( $SpO_2$ ) < 95% and intraoperative hypoxemia ( $SpO_2$  < 90%) and circulatory instability events were compared. **Results** The ventilator driving pressure of group A was lower than that of group B, patients with  $SpO_2$  < 95% was less than that in group B, the  $PaO_2$  of the two groups at  $T_1$ ,  $T_2$  and  $T_3$

收稿日期: 2022-08-20

\* 基金项目: 福建省教育厅项目 (No: JAT190841)

[通信作者] 彭建良, E-mail: 243064309@qq.com

were higher than those at  $T_0$ , the HR and MAP of the two groups at  $T_2$  and  $T_3$  were lower than those at  $T_0$ , the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ); No significant differences were found in HR, MAP,  $PaO_2$ , pH or  $PaCO_2$  at each time point between the two groups ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** The application of IRV in rigid tracheoscopy can effectively reduce the driving pressure, and reduce the risk of barotrauma, improve oxygenation, does not cause  $CO_2$  accumulation, and is hemodynamic stability, which is safe and feasible in clinical practice.

**Keywords:** inverse ratio ventilation; jet ventilation; rigid tracheoscope; diagnosis and treatment; application

硬质气管镜（以下简称硬镜）诊疗的麻醉特殊性在于气道管理<sup>[1]</sup>。喷射通气作为目前硬镜诊疗的主要通气模式之一，与常规控制通气相比，其优势在于：不占用气道，可提供更好的手术视野。同时，其本身属于开放性通气，避免了控制通气中，由于气体外泄而造成的缺氧。但有时喷射通气中过高的驱动压也会增加气压伤发生的风险<sup>[2]</sup>。少数患者在驱动压已经很高的情况下，通气量仍不能达到满意的效果，反而使肺组织和气道产生气流剪切伤等机械通气相关性肺损伤（ventilation-associated lung injury, VALI）<sup>[3]</sup>。近年来，随着人们对肺保护性通气策略（lung protective ventilation strategy, LPVS）的认识，反比通气（inverse ratio ventilation, IRV）作为一种保护性肺通气方法，其既可以降低吸气峰压，又能升高平均气道压，在临床上已广泛应用于急性呼吸窘迫综合征（acute respiratory distress syndrome, ARDS）等疾病的治疗中<sup>[4]</sup>，也有大量用于全身麻醉通气维持的报道<sup>[5-8]</sup>。本研究拟将 IRV 应用于硬镜诊疗的喷射通气中，旨在观察其能否在达到合适通气量的前提下，降低驱动压，进而减少气压伤的发生风险。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选择 2019 年 12 月—2021 年 4 月厦门医学院附属第二医院（厦门市呼吸病医院）行无痛硬镜诊疗的患者 50 例。其中，置入、取出或更换气管支架 31 例，冷冻肺活检 9 例，治疗 5 例，置入食道支架 2 例，置入 T 管 2 例，食道扩张 1 例。采用随机数表法分为 A 组（IRV 组）和 B 组（对照组），每组 25 例。年龄 26~84 岁，男 37 例，女 13 例，体重 45~100 kg，体重指数（body mass index, BMI）15.96~30.86 kg/m<sup>2</sup>，美国麻醉医师协会（American Society of Anesthesiologists, ASA）分级 II 级或 III 级，心功能 I 级或 II 级，无严重慢性阻塞性肺疾病，无严重限制性通气障碍等疾病。术前血常规、生化、凝血功能和心

电图等检查均未见明显异常。两组患者一般资料比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ），具有可比性。见表 1。本研究得到本院医学伦理委员会批准（No: 2019030）。

表 1 两组患者一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between the two groups

组别	性别(男/女)/例	年龄/岁	BMI/(kg/m <sup>2</sup> )
A 组 (n = 25)	19/6	60.44±11.08	21.74±3.26
B 组 (n = 25)	18/7	54.28±13.85	23.36±2.84
t/ $\chi^2$ 值	0.10 <sup>†</sup>	1.74	-1.87
P 值	0.747	0.089	0.068

注：<sup>†</sup>为  $\chi^2$  值。

### 1.2 研究方法

所有患者常规禁食禁饮。入室后行血压、心电图、经皮动脉血氧饱和度（percutaneous arterial oxygen saturation,  $SpO_2$ ）和脑电双频指数（bispectral index, BIS）监测。两组均于术前行利多卡因和地塞米松雾化吸入，在局部麻醉下行桡动脉穿刺置管。麻醉诱导前 15 min 静注地佐辛 0.1 mg/kg。诱导用药：2% 利多卡因 3 mL，依托咪酯 0.3 mg/kg，罗库溴铵 0.6 mg/kg。患者自主呼吸消失后，置入硬镜，接喷射呼吸机行常频通气，将喷针固定于硬镜侧开口处。吸呼比设置为：A 组 2:1，B 组 1:2；余呼吸参数设置两组相同，均为：喷射氧浓度 100%，喷射频率 20 次/min，驱动压 0.05~0.15 MPa（初始驱动压 0.08 MPa，根据患者胸廓起伏度和血气结果进行调整，理想呼吸幅度设定为胸廓起伏度 0.5~1.0 cm，若驱动压 > 0.15 MPa 仍不能达到理想呼吸幅度，则该病例退出试验）。术中麻醉维持方法为持续泵注丙泊酚、右美托咪定和瑞芬太尼，根据患者血压、心率（heart rate, HR）及 BIS 值等调整用量。如术中出现  $SpO_2 < 90%$ ，调整呼吸机参数后，情况未见改善者，则暂停操作，改接麻醉机行正压控制通气，该病例退

出试验。术毕,患者更换喉罩,入麻醉后恢复室观察。

### 1.3 观察指标

记录 $T_0$ (麻醉前)、 $T_1$ (操作开始后10 min)、 $T_2$ (操作开始后20 min)和 $T_3$ (操作开始后30 min)时点的动脉血气指标[酸碱度(pH)、动脉血氧分压(arterial partial pressure of oxygen,  $PaO_2$ )和动脉血二氧化碳分压(partial pressure of carbon dioxide in arterial blood,  $PaCO_2$ ) ]、平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)和HR;达到理想呼吸幅度时的呼吸机驱动压;术中不良事件发生率,如:低氧血症( $SpO_2 < 90%$ )、 $SpO_2 < 95%$ 和循环不稳定事件(MAP和HR波动 $>$ 基础值 $\times 20%$ )。

### 1.4 统计学方法

应用SPSS 22.0统计学软件分析数据。计量资料用均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组内比较采用配对 $t$ 检验,组间比较采用两独立样本 $t$ 检验;计数资料采用 $\chi^2$ 检验比较(若期望值 $< 1$ ,则采用Fisher确切概率法)。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者试验完成情况

两组均完成本试验,无退出患者。

### 2.2 两组患者不同时点血流动力学指标比较

两组患者 $T_2$ 和 $T_3$ 时点MAP和HR明显低于 $T_0$ 时点,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );A组 $T_1$ 时点HR较 $T_0$ 时点明显降低,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );两组患者各时点MAP和HR组间比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表2。

### 2.3 两组患者不同时点血气分析指标比较

两组患者 $T_1$ 、 $T_2$ 和 $T_3$ 时点 $PaO_2$ 较 $T_0$ 时点明显升高,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),A组以上各时点 $PaO_2$ 高于B组,但差异无统计学意义( $P > 0.05$ );两组患者 $T_1$ 、 $T_2$ 和 $T_3$ 时点 $PaCO_2$ 与 $T_0$ 时点比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ );B组 $T_3$ 时点pH较 $T_0$ 时点明显升高,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );两组患者各时点pH和 $PaCO_2$ 组间比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表3。

### 2.4 两组患者呼吸机驱动压及术中不良事件比较

A组呼吸机驱动压明显低于B组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );A组术中无患者出现 $SpO_2 < 90%$ ,B组出现1例 $SpO_2 < 90%$ ,两组患者比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),A组无患者出现 $SpO_2 < 95%$ ,与B组出现6例 $SpO_2 < 95%$ 比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );两组患者循环不稳定事件发生率比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表4。

表2 两组患者不同时点血流动力学指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Comparison of hemodynamic indexes at different time points between the two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$t_1$ 值/ $P_1$ 值	$t_2$ 值/ $P_2$ 值	$t_3$ 值/ $P_3$ 值
MAP/mmHg							
A组( $n = 25$ )	108.16 $\pm$ 17.28	98.56 $\pm$ 20.24	93.20 $\pm$ 14.92	93.64 $\pm$ 14.47	1.71/0.101	4.25/0.000	4.20/0.000
B组( $n = 25$ )	104.44 $\pm$ 17.48	98.16 $\pm$ 13.75	88.72 $\pm$ 11.96	89.68 $\pm$ 12.28	2.02/0.054	5.26/0.000	3.73/0.001
$t$ 值	0.76	0.08	1.17	1.04			
$P$ 值	0.453	0.935	0.247	0.302			
HR/(次/min)							
A组( $n = 25$ )	85.36 $\pm$ 12.35	80.16 $\pm$ 13.96	76.56 $\pm$ 15.74	76.56 $\pm$ 15.41	2.25/0.034	3.52/0.002	3.46/0.002
B组( $n = 25$ )	84.04 $\pm$ 14.32	83.96 $\pm$ 13.77	74.60 $\pm$ 12.66	71.84 $\pm$ 14.94	0.03/0.979	4.08/0.000	4.93/0.000
$t$ 值	0.35	-0.97	0.49	1.10			
$P$ 值	0.729	0.337	0.630	0.277			

注: $t_1$ 值与 $P_1$ 值为 $T_1$ 时点与 $T_0$ 时点比较的统计值; $t_2$ 值与 $P_2$ 值为 $T_2$ 时点与 $T_0$ 时点比较的统计值; $t_3$ 值与 $P_3$ 值为 $T_3$ 时点与 $T_0$ 时点比较的统计值。

表 3 两组患者不同时点血气分析指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Comparison of blood gas analysis indexes at different time points between the two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	t <sub>1</sub> 值/P <sub>1</sub> 值	t <sub>2</sub> 值/P <sub>2</sub> 值	t <sub>3</sub> 值/P <sub>3</sub> 值
<b>pH</b>							
A组(n=25)	7.42±0.04	7.43±0.08	7.44±0.07	7.44±0.06	-0.65/0.523	-1.68/0.107	-2.06/0.051
B组(n=25)	7.41±0.04	7.42±0.07	7.43±0.07	7.44±0.07	-0.89/0.384	-1.56/0.132	-2.24/0.034
t值	0.72	0.27	0.48	0.09			
P值	0.477	0.792	0.637	0.930			
<b>PaO<sub>2</sub>/mmHg</b>							
A组(n=25)	78.60±12.61	274.80±112.09	268.90±131.88	262.36±121.17	-9.36/0.000	-7.52/0.000	-7.89/0.000
B组(n=25)	79.88±10.30	264.92±114.33	232.16±117.98	230.08±124.92	-8.29/0.000	-6.59/0.000	-6.08/0.000
t值	-0.39	0.31	1.04	0.93			
P值	0.695	0.759	0.304	0.358			
<b>PaCO<sub>2</sub>/mmHg</b>							
A组(n=25)	37.49±4.91	38.09±9.42	36.72±7.22	35.94±6.06	-0.33/0.742	0.46/0.647	1.04/0.311
B组(n=25)	37.89±3.81	37.36±8.41	36.56±7.82	35.00±7.21	0.29/0.778	0.79/0.437	1.85/0.077
t值	-0.33	0.29	0.08	0.50			
P值	0.747	0.772	0.940	0.622			

注: t<sub>1</sub>值与P<sub>1</sub>值为T<sub>1</sub>时点与T<sub>0</sub>时点比较的统计值; t<sub>2</sub>值与P<sub>2</sub>值为T<sub>2</sub>时点与T<sub>0</sub>时点比较的统计值; t<sub>3</sub>值与P<sub>3</sub>值为T<sub>3</sub>时点与T<sub>0</sub>时点比较的统计值。

表 4 两组患者呼吸机驱动压和术中不良事件比较

Table 4 Comparison of ventilator driving pressure and intraoperative adverse events between the two groups

组别	驱动压/MPa	不良事件发生率 例(%)		
		循环不稳定	低氧血症	SpO <sub>2</sub> < 95%
A组(n=25)	0.08±0.02	14(56.0)	0(0.0)	0(0.0)
B组(n=25)	0.09±0.02	11(44.0)	1(4.0)	6(24.0)
t/χ <sup>2</sup> 值	-2.55 <sup>1)</sup>	0.72 <sup>2)</sup>		4.74 <sup>2)</sup>
P值	0.014	0.396	1.000 <sup>3)</sup>	0.030

注: 1) 为t值; 2) 为χ<sup>2</sup>值; 3) 为Fisher确切概率法。

### 3 讨论

#### 3.1 硬镜诊疗技术的临床应用

硬镜诊疗是介入治疗大气道内良恶性肿瘤最有效的方法, 主要手术方式包括: 气道狭窄扩张术、支架置入术、腔内冷冻治疗术、热消融术、气道内镜化学烧灼止血术和异物取出术等, 可解除急、慢性气道梗阻<sup>[1]</sup>。虽然硬镜在操作的同时, 可以提供呼吸支持, 但操作和通气共用气道, 且术中器械反复进出造成的占位和刺激效应, 都会引起患者血流动力学较大的波

动, 导致低氧血症的发生。因此, 气道管理在硬镜诊疗中显得尤为重要。目前, 常用的通气模式主要为控制通气和喷射通气。与控制通气相比, 喷射通气由于具有不占用气道、不影响诊疗操作、不存在通气泄漏隐患和可以减少麻醉医师术中频繁调整呼吸参数等优势, 受到呼吸科和麻醉科医师的广泛认可。但喷射通气也存在潜在的气压伤风险。

#### 3.2 IRV的临床应用

LPVS最早应用于重症医学, 特别是ARDS的治疗。近年来, LPVS越来越多地应用到了全身麻醉手

术中。IRV作为肺保护性通气手段,临床上多用于腹腔镜手术和单肺通气的胸外科手术。大量研究<sup>[5-8]</sup>认为,与常规通气相比,IRV可在降低气道峰压(peak airway pressure, Ppeak)和平台压(plateau pressure, Pplat)的前提下,提高平均气道压(mean airway pressure, Pmean)、肺顺应性和PaO<sub>2</sub>,并不增加PaCO<sub>2</sub>,且可以降低肺泡内炎症因子(白细胞介素-6和白细胞介素-8等)的表达<sup>[6-7]</sup>。其机制主要为:由于IRV延长了吸气时间,潮气量得以较低速度入肺,故降低了Ppeak<sup>[9]</sup>;同时延长吸气时间,可使肺膨胀时间延长,Pmean升高,萎陷的肺泡重新开放,更有利于气体交换;而相对缩短的呼气时间,可导致功能残气量的增加和内源性呼气末正压的产生,有助于肺顺应性的提高和氧合功能的改善<sup>[10]</sup>。有研究<sup>[6-7]</sup>显示,IRV可以通过降低通气阻力和Pplat,增加Pmean,减少肺内分流,改善肺顺应性,提高氧合功能,从而减轻机械通气时肺泡受到的刺激,抑制炎症因子的释放。以上机制可有效地减少气压性、肺不张性、容量性及生物性等VALI<sup>[11]</sup>。

### 3.3 IRV的优势

行硬镜诊疗的患者,相对年龄较大,术前已经存在肺部疾病,与一般手术患者相比,其VALI往往也更加严重。喷射通气作为开放性气道,直接测量气道内压力存在一定困难,本研究考虑使用喷射呼吸机工作的驱动压来间接反映气道内压力。临床上一般认为,喷射通气潮气量大小的决定因素主要为驱动压、呼吸频率、吸呼比和喷针深度<sup>[3]</sup>。在本研究中,IRV组的驱动压明显低于对照组,差异有统计学意义,考虑在喷射频率、吸呼比和喷针深度固定的情况下,IRV组与对照组相比,由于吸气时间的延长,在达到相同呼吸幅度,即相同潮气量的情况下,需要的驱动压更低。因此,IRV可以减少高驱动压带来的气压伤风险。

### 3.4 IRV对心排血量的影响

有研究<sup>[12]</sup>认为,IRV时,由于吸气时间的延长和Pmean增高,导致胸腔内压增高,回心血量减少,会影响心排血量。本研究中,两组患者各时点血流动力学指标比较,差异无统计学意义,这一结果与文献<sup>[8]</sup>报道一致。虽然与术前相比,两组患者MAP和HR均有降低,但浮动都在基础值的20%以内,且MAP均未低于65 mmHg,考虑不会影响到重要器官灌注<sup>[13]</sup>,

应与术前禁食禁水、手术时间短、补液量不足和麻醉药物影响有关。也有研究<sup>[14]</sup>证明,只有过分地延长吸气时间,造成Pmean过高,才会影响心排血量,而IVR的最佳吸呼比应为2:1,只有当吸呼比>2:1时,才会出现心排血量的减少<sup>[4]</sup>。

### 3.5 IVR在提高氧合方面的优势

本研究中,两组患者T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>和T<sub>3</sub>时点PaO<sub>2</sub>均高于T<sub>0</sub>时点,且所有患者中,只有对照组出现1例低氧血症(SpO<sub>2</sub><90%),经过调整驱动压后,及时改善,证明:常频喷射通气应用于硬镜诊疗是安全可行的。IRV组T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>和T<sub>3</sub>时点PaO<sub>2</sub>均高于对照组,这与许多研究<sup>[6-8]</sup>中报道的IRV可以提高PaO<sub>2</sub>的结果是一致的,虽然差异无统计学意义,但考虑到样本量有限的问题,有待进一步行更大样本量的试验来证实。IRV组术中无患者出现SpO<sub>2</sub><90%,对照组出现1例SpO<sub>2</sub><90%,两组患者比较,差异无统计学意义(P>0.05),IRV组无患者出现SpO<sub>2</sub><95%,与对照组出现6例SpO<sub>2</sub><95%比较,差异有统计学意义(P<0.05)。进一步证明:IVR在提高氧合方面具有一定优势。理论上讲,IVR可延长吸气时间,缩短呼气时间,有导致CO<sub>2</sub>蓄积的风险。但在本研究中,两组患者各时点PaCO<sub>2</sub>比较,差异均无统计学意义,这与以往研究<sup>[5, 15]</sup>的结果也是一致的。考虑原因是:吸气时间的延长,使萎陷的肺泡开放,减少死腔,有利于CO<sub>2</sub>清除。同时,本研究采用20次/min常频喷射通气,与高频喷射通气相比,其每次喷射时间长,潮气量大,有助于肺复张,有利于气体交换和CO<sub>2</sub>排出,避免了高频喷射时经常发生CO<sub>2</sub>蓄积的弊端。

综上所述,IRV应用于硬镜诊疗,可有效降低驱动压,减少气压伤发生的风险,同时可改善氧合,不造成CO<sub>2</sub>蓄积,且患者血流动力学稳定,在临床上是安全可行的。

### 参 考 文 献 :

- [1] 刘伟乐. 硬质气管镜诊疗的麻醉研究进展[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2017, 31(1): 85-87.
- [1] LIU W L. Progress of anesthesia for rigid tracheoscopy[J]. Journal of Chinese Practical Diagnosis and Therapy, 2017, 31(1): 85-87. Chinese
- [2] BAER G. Complications and technical aspects of jet ventilation for endolaryngeal procedures[J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2000, 44(10): 1273-1274.
- [3] 周洪玲,徐源. 常频喷射通气中喷针深度对呼吸幅度的影响[J].

- 武警医学, 2019, 30(8): 666-668.
- [3] ZHOU H L, XU Y. Effect of needle depth on respiratory amplitude during normal frequency jet ventilation[J]. Medical Journal of the Chinese People's Armed Police Forces, 2019, 30(8): 666-668. Chinese
- [4] NEUMANN P, BERGLUND J E, ANDERSSON L G, et al. Effects of inverse ratio ventilation and positive end-expiratory pressure in oleic acid-induced lung injury[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2000, 161(5): 1537-1545.
- [5] 杨玥, 孔令锁, 陈兰仁. 反比通气对腹腔镜妇科病人气道压及围手术期 PaCO<sub>2</sub> 的影响[J]. 蚌埠医学院学报, 2018, 43(12): 1610-1613.
- [5] YANG Y, KONG L S, CHEN L R. Effect of inverse ratio ventilation on the airway pressure and perioperative PaCO<sub>2</sub> in gynecological patients treated with laparoscopic surgery[J]. Journal of Bengbu Medical College, 2018, 43(12): 1610-1613. Chinese
- [6] 任铭, 张望平, 祝胜美. 反比通气联合 PEEP 对肺叶切除患者单肺通气时肺功能的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2017, 33(3): 218-221.
- [6] REN M, ZHANG W P, ZHU S M. Effect of inverse ratio ventilation combined with PEEP on pulmonary function and inflammatory cytokine in patients during one-lung ventilation[J]. Journal of Clinical Anesthesiology, 2017, 33(3): 218-221. Chinese
- [7] 王南, 黄泽清. 全身麻醉下肺癌根治术中反比通气与常规通气模式对患者肺泡炎症因子及免疫功能影响[J]. 临床军医杂志, 2017, 45(10): 1064-1067.
- [7] WANG N, HUANG Z Q. Contrast effects of inverse ratio ventilation and conventional ventilation on alveolar inflammation factor and immunity during general anesthesia[J]. Clinical Journal of Medical Officers, 2017, 45(10): 1064-1067. Chinese
- [8] 黄威, 叶靖, 秦再生. 压控反比通气对胸腔镜手术患者单肺通气时呼吸功能的影响[J]. 实用医学杂志, 2018, 34(15): 2518-2521.
- [8] HUANG W, YE J, QIN Z S. Effects of pressure-controlled inverse ratio ventilation on pulmonary function during one-lung ventilation in patients undergoing thoracoscopic surgery[J]. The Journal of Practical Medicine, 2018, 34(15): 2518-2521. Chinese
- [9] SCHULTZ M J, HAITSMAN J J, SLUTSKY A S, et al. What tidal volumes should be used in patients without acute lung injury[J]. Anesthesiology, 2007, 106(6): 1226-1231.
- [10] KOZIAN A, SCHILLING T, SCHÜTZE H, et al. Lung computed tomography density distribution in a porcine model of one-lung ventilation[J]. Br J Anaesth, 2009, 102(4): 551-560.
- [11] MICHELET P, ROCH A, BROUSSE D, et al. Effects of PEEP on oxygenation and respiratory mechanics during one-lung ventilation[J]. Br J Anaesth, 2005, 95(2): 267-273.
- [12] 姜宏磊, 韩其政. 反比例机械通气的临床应用及研究进展[J]. 临床肺科杂志, 2011, 16(9): 1427-1428.
- [12] JIANG H L, HAN Q Z. Clinical application and research progress of inverse mechanical ventilation[J]. Journal of Clinical Pulmonary Medicine, 2011, 16(9): 1427-1428. Chinese
- [13] 熊伟, 高进, 陈萍, 等. 全凭静脉麻醉下叠加式高频喷射通气在硬质气管镜诊疗中的应用[J]. 中国内镜杂志, 2021, 27(9): 44-49.
- [13] XIONG W, GAO J, CHEN P, et al. Application of superimposed high-frequency jet ventilation under total intravenous anesthesia in rigid bronchoscopy[J]. China Journal of Endoscopy, 2021, 27(9): 44-49. Chinese
- [14] SARI A, YAMASHITA S, TORIUMI T, et al. The effects of inversed ratio ventilation ( IRV) on arterial oxygenation during mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure[J]. Resuscitation, 1991, 22(1): 93-101.
- [15] 徐云燕, 张立新, 周春燕, 等. 反比通气对妇科腹腔镜手术肥胖患者呼吸力学的影响[J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(2): 414-415.
- [15] XU Y Y, ZHANG L X, ZHOU C Y, et al. Effect of inverse ventilation on respiratory mechanics of obese patients undergoing laparoscopic gynecological surgery[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2018, 38(2): 414-415. Chinese

(彭薇 编辑)

**本文引用格式:**

吕静, 彭建良, 杨娜瑜. 反比通气应用于硬质气管镜诊疗的效果观察[J]. 中国内镜杂志, 2023, 29(8): 7-12.

LÜ J, PENG J L, YANG N Y. Observation on the effect of inverse ratio ventilation in rigid tracheoscopy[J]. China Journal of Endoscopy, 2023, 29(8): 7-12. Chinese