

• 论著 •

PCV+SIMV 模式与 VTPC+SIMV 模式治疗新生儿呼吸窘迫综合征的对比研究^{*}

王成 段玉松 叶盎然 李雪莲 刘怡汐

(绵阳市第三人民医院·四川省精神卫生中心儿科, 四川 绵阳 621000)

【摘要】 目的 分析比较压力控制+同步间歇性指令通气(PCV+SIMV)模式与容量目标压力控制+同步间歇性指令通气(VTPC+SIMV)模式治疗新生儿呼吸窘迫综合征(NRDS)的应用价值。**方法** 回顾性分析我院 2018 年 2 月~2019 年 12 月行机械通气治疗的 86 例 NRDS 患儿临床资料,其中 45 例经 VTPC+SIMV 模式通气(VTPC 组),41 例经 PCV+SIMV 模式通气(PCV 组)。记录两组肺表面活性剂(PS)使用情况及机械通气时间、机械通气后吸氧时间、住院时间;并比较两组机械通气前及通气 6 h 后血气分析指标[动脉血氧分压(PaO_2)、动脉血二氧化碳分压(PaCO_2)],机械通气 6、24 h 呼吸力学指标[肺动态顺应性(Crs)、肺泡动脉氧分压差(PA-aO_2)、呼吸指数(RI)]差异;并分析机械通气 6 h 后血气分析指标与呼吸力学指标的相关性;记录两组并发症发生情况。**结果** VTPC 组 PS 使用次数、机械通气时间、机械通气后吸氧时间、住院时间均低于 PCV 组(均 $P<0.05$)。机械通气 6 h 后,两组 PaO_2 均较通气前升高($P<0.05$),且 VTPC 组高于 PCV 组($P<0.05$); PaCO_2 则较通气前降低($P<0.05$),且 VTPC 组低于 PCV 组($P<0.05$)。机械通气 24 h 后,两组 Crs 均较机械通气 6 h 后升高($P<0.05$), PA-aO_2 、RI 则较机械通气 6 h 后降低($P<0.05$);且机械通气 6、24 h 后, VTPC 组 Crs 高于 PCV 组($P<0.05$), PA-aO_2 、RI 低于 PCV 组($P<0.05$)。经 Pearson 相关性分析,发现机械通气 6 h 后 PaO_2 与 Crs 呈正相关($P<0.05$),与 PA-aO_2 、RI 呈负相关($P<0.05$); PaCO_2 与 Crs 呈负相关($P<0.05$),与 PA-aO_2 、RI 呈正相关($P<0.05$)。VTPC 组并发症总发生率低于 PCV 组($P<0.05$)。**结论** 在 NRDS 治疗中,与 PCV+SIMV 模式相比,VTPC+SIMV 模式具有更高的疗效及安全性,是一种较为理想的肺保护性通气模式。

【关键词】 新生儿呼吸窘迫综合征;同步间歇性指令通气;压力控制;容量目标压力控制;血气分析;呼吸力学

【中图分类号】 R722.1 **【文献标志码】** A **DOI:**10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2022. 04. 022

A comparative study of PCV+SIMV model and VTPC+SIMV model in the treatment of neonatal respiratory distress syndrome

WANG Chen, DUAN Yusong, YE Angran, LI Xuelian, LIU Yixi

(Department of Pediatrics, The Third People's Hospital of Mianyang, Sichuan Mental Health Center, Mianyang 621000, Sichuan, China)

【Abstract】 Objective To analyze and compare the application value of pressure control+synchronized intermittent mandatory ventilation (PCV+SIMV) model, volume target pressure control + synchronized intermittent mandatory ventilation (VTPC+SIMV) model in the treatment of neonatal respiratory distress syndrome (NRDS). **Methods** The clinical data of 86 children patients with NRDS who underwent mechanical ventilation in our hospital were retrospectively analyzed. Among them, 45 cases were ventilated with VTPC+SIMV model (VTPC group) and 41 cases were ventilated with PCV+SIMV model (PCV group). The use of pulmonary surfactant (PS), mechanical ventilation time, oxygen inhalation time after mechanical ventilation and hospital stay were recorded in the two groups, and the blood gas analysis indexes [arterial partial pressure of blood oxygen (PaO_2), arterial partial pressure of carbon dioxide (PaCO_2)] before mechanical ventilation and after 6 h of ventilation and respiratory mechanics indexes [pulmonary dynamic compliance (Crs), alveolar artery partial pressure difference (PA-aO_2), respiratory index (RI)] after 6h and 24h of mechanical ven-

基金项目:四川省卫生和计划生育委员会科研项目(18PJ015)

引用本文:王成,段玉松,叶盎然,等. PCV+SIMV 模式与 VTPC+SIMV 模式治疗新生儿呼吸窘迫综合征的对比研究[J]. 西部医学, 2022, 34 (4):580-584. DOI:10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2022. 04. 022

tilation were compared between the two groups. The correlation between blood gas analysis indexes and respiratory mechanics indexes after 6 h of mechanical ventilation was analyzed, and the occurrence of complications were recorded in the two groups. **Results** The number of PS use, mechanical ventilation time, oxygen inhalation time after mechanical ventilation and hospital stay in VTPC group were lower than those in PCV group ($P < 0.05$). After 6 h of mechanical ventilation, the PaO_2 in the two groups was higher than that before ventilation ($P < 0.05$), and the index in VTPC group was higher than that in PCV group ($P < 0.05$). The PaCO_2 was lower than that before ventilation ($P < 0.05$), and the index in VTPC group was lower than that in PCV group ($P < 0.05$). After 24 h of mechanical ventilation, the Crs in the two groups was higher than that after 6 h of mechanical ventilation ($P < 0.05$) while the PA-aO_2 and RI were lower than those after 6 h of mechanical ventilation ($P < 0.05$). After 6h and 24h of mechanical ventilation, the Crs in VTPC group was higher than that in PCV group ($P < 0.05$) while the PA-aO_2 and RI were lower than those in PCV group ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis showed that PaO_2 after 6 h of mechanical ventilation was significantly positively correlated with Crs ($P < 0.05$), and was significantly negatively correlated with PA-aO_2 and RI ($P < 0.05$). PaCO_2 was significantly negatively correlated with Crs ($P < 0.05$), and was significantly positively correlated with PA-aO_2 and RI ($P < 0.05$). The total incidence rate of complications in VTPC group was lower than that in PCV group ($P < 0.05$).

Conclusion In NRDS treatment, compared with PCV + SIMV model, VTPC + SIMV model has higher efficacy and safety, and is an ideal lung protective ventilation model.

【Key words】 Neonatal respiratory distress syndrome; SIMV; PCV; VTPC; Blood gas analysis; Respiratory mechanics

新生儿呼吸窘迫综合征 (Neonatal respiratory distress syndrome, NRDS) 是早产儿常见合并症, 发病与肺表面活性剂 (Pulmonary surfactant, PS) 缺乏及肺发育不成熟相关, 外源性 PS 联合机械通气为目前主要治疗方案, 能在一定程度上改善患儿通气、纠正低氧血症及高碳酸血症^[1]。压力控制 + 同步间歇性指令通气 (Pressure control + Synchronized intermittent mandatory ventilation, PCV + SIMV) 为目前临床常用于 NRDS 治疗的机械通气模式, 但正压机械通气的气压损伤也能引起患儿肺损伤, 影响疗效^[2]。容量目标压力控制 + 同步间歇性指令通气 (Volume target pressure control + Synchronized intermittent mandatory ventilation, VTPC + SIMV) 则结合 PCV、容量控制及 SIMV 通气, 呼吸机可自动连续监测胸廓/肺顺应性和容积/压力关系, 以反馈调节下次通气的压力水平, 尽可能降低气道压力, 减轻气压损伤^[3]。有报道^[4]称, VTPC + SIMV 机械通气模式对 NRDS 治疗效果较好, 但国内报道不多。基于此, 本研究回顾性分析我院行机械通气治疗的 86 例 NRDS 患儿临床资料, 旨在评估 VTPC + SIMV 应用的优势, 现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2018 年 2 月 ~ 2019 年 12 月我院行机械通气治疗的 86 例 NRDS 患儿临床资料, 其中 45 例经 VTPC + SIMV 模式通气治疗 (VTPC 组), 41 例经 PCV + SIMV 模式通气治疗 (PCV 组)。纳入标准: 符合《新生儿呼吸窘迫综合征的管理——欧洲共识指南 2010 版》^[5] 中 NRDS 诊断

标准; 出生后 24 h 内发病; 临床资料完整。排除标准: 人为因素不配合诊疗; 合并先天性呼吸道畸形、复杂先天性心脏病; 伴宫内感染性肺炎、胎粪吸入综合征、湿肺。

1.2 方法 两组患儿均在出生后 4 h 内入院行经口气管插管机械通气, 呼吸机采用英国 SLE 公司生产的婴幼儿呼吸机 (型号: SLE5000)。VTPC 组经 VTPC + SIMV 模式通气: 设置参数潮气量 5 ~ 8 mL/kg, 呼气末压力 (PEEP) 5 ~ 8 cmH₂O, 吸气时间 0.30 ~ 0.35 s, 呼吸频率 40 ~ 55 次/min, 吸入氧体积分数 (FiO_2) 25% ~ 80%, 压力限制为 2.94 cmH₂O。PCV 组则予以 PCV + SIMV 模式通气: FiO_2 25% ~ 80%, 气道峰压 (PIP) 15 ~ 25 cmH₂O, PEEP 5 ~ 8 cmH₂O, 吸气时间 0.35 ~ 0.45 s。两组按照上述参数随时调整呼吸机参数, 保证血氧分压为 50 ~ 70 mmHg, 二氧化碳分压为 40 ~ 60 mmHg, 血氧饱和度 > 85%, 血气 pH 值 > 7.25。PS 使用方法: 在出生后 4 h 内气管插管给予猪肺磷脂注射液 (生产企业: 意大利凯西制药, 规格: 240 mg/3 mL, 批准文号: H20140849) 120 mg/kg, 经气管插管注入, 必要时间隔 6 ~ 12 h 重复给药 1 次, 给药总剂量 ≤ 300 ~ 400 mg/kg。撤机标准: 在 $\text{FiO}_2 \leq 40\%$ 、PIP ≤ 15 ~ 20 cmH₂O、PEEP ≤ 2 cmH₂O 且动脉血气指标正常时撤机, 改为鼻导管吸氧, 撤机 48 h 无需重新插管为脱机成功。

1.3 观察指标 ① PS 使用情况及机械通气时间、机械通气后吸氧时间、住院时间。② 机械通气前及通气 6 h 后血气分析指标: 采用全自动血气分析仪 (丹麦雷

杜公司,型号:ABL90 FLEX)监测动脉血氧分压(Arterial partial pressure of blood oxygen, PaO_2)、动脉血二氧化碳分压(Arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO_2)。③机械通气 6、24 h 后呼吸力学指标:在行机械通气时,利用婴幼儿呼吸机监测肺动态顺应性(Pulmonary dynamic compliance, Crs)、肺泡动脉氧分压差(Alveolar artery partial pressure difference, PA-aO_2)、呼吸指数(Respiratory index, RI)。④机械通气 6 h 后血气分析指标与呼吸力学指标的相关性。⑤并发症发生情况:观察呼吸机相关性肺炎、脑室出血、脑室周围白质软化、支气管肺发育不良及气胸、肺气肿等并发症发生情况,支气管肺发育不良在纠正胎龄 36 周时经肺部 X 线诊断,脑室周围白质软化在纠正胎龄 40 周时经头颅磁共振诊断。所有患儿随访至治疗后 6 个月。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 19.0 软件进行数据分析,符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比

较采用独立样本 t 检验,组内治疗前后比较采用配对 t 检验;计数资料以例(%)表示,比较采用 χ^2 检验或为 Fisher 精确概率法;相关性采用 Pearson 相关性分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 VTPC 组男性 28 例,女性 17 例;胎龄(31.69 ± 1.86)周;出生体重(1.70 ± 0.52) kg;胸部 X 线 RDS 分级 II 级 2 例,III 级 29 例,IV 级 14 例。PCV 组男性 23 例,女性 18 例;胎龄(31.96 ± 1.82)周;出生体重(1.81 ± 0.54) kg;胸部 X 线 RDS 分级 II 级 4 例,III 级 27 例,IV 级 10 例。两组患儿一般资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2.2 两组 PS 使用情况及机械通气时间、机械通气后吸氧时间、住院时间比较 VTPC 组 PS 使用次数、机械通气时间、机械通气后吸氧时间、住院时间均低于 PCV 组($P < 0.05$),见表 1。

表 1 两组 PS 使用情况及机械通气时间、机械通气后吸氧时间、住院时间比较($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of PS usage, mechanical ventilation time, oxygen inhalation time and hospitalization time between the two groups

组别	<i>n</i>	PS 使用次数(次)	机械通气时间(h)	吸氧时间(d)	住院时间(d)
VTPC 组	45	1.58 ± 0.43	79.18 ± 11.43	7.25 ± 1.39	16.41 ± 3.56
PCV 组	41	1.91 ± 0.54	92.24 ± 12.36	8.22 ± 1.44	18.92 ± 4.25
<i>t</i>		3.148	5.091	3.177	2.978
<i>P</i>		0.002	< 0.001	0.002	0.004

2.3 机械通气前后血气分析指标 机械通气 6 h 后,两组 PaO_2 较通气前升高,且 VTPC 组高于 PCV 组(均

$P < 0.05$); PaCO_2 则较通气前降低,且 VTPC 组低于 PCV 组(均 $P < 0.05$),见表 2。

表 2 两组机械通气前后 PaO_2 、 PaCO_2 比较($\bar{x} \pm s$, mmHg)

Table 2 Comparison of PaO_2 and PaCO_2 before and after mechanical ventilation

组别	<i>n</i>	PaO_2		PaCO_2	
		机械通气前	机械通气 6 h 后	机械通气前	机械通气 6 h 后
VTPC 组	45	43.56 ± 6.15	61.92 ± 7.39^{①}	55.29 ± 5.93	42.18 ± 5.33^{①}
PCV 组	41	44.91 ± 6.04	58.15 ± 7.21^{①}	54.47 ± 6.14	44.85 ± 5.86^{①}
<i>t</i>		1.025	2.390	0.630	2.213
<i>P</i>		0.308	0.019	0.531	0.030

注:与本组机械通气前比较,① $P < 0.05$

2.4 两组机械通气后呼吸力学指标比较 机械通气 24 h 后,两组 Crs 较机械通气 6 h 后升高, PA-aO_2 、 RI 则较机械通气 6 h 后降低(均 $P < 0.05$);且机械通气

6、24 h 后,VTPC 组 Crs 高于 PCV 组, PA-aO_2 、 RI 低于 PCV 组(均 $P < 0.05$),见表 3。

表 3 两组机械通气后 Crs 、 PA-aO_2 、 RI 比较($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of CRS , PA-aO_2 and RI between the two groups after mechanical ventilation

组别	<i>n</i>	$\text{Crs}[\text{mL}/(\text{cmH}_2\text{O} \cdot \text{kg})]$		$\text{PA-aO}_2(\text{kPa})$		RI	
		通气 6 h 后	通气 24 h 后	通气 6 h 后	通气 24 h 后	通气 6 h 后	通气 24 h 后
VTPC 组	45	0.28 ± 0.05	0.34 ± 0.06^{①}	37.85 ± 6.15	23.08 ± 5.12^{①}	5.07 ± 0.98	3.18 ± 0.69^{①}
PCV 组	41	0.25 ± 0.04	0.30 ± 0.05^{①}	41.25 ± 7.22	26.44 ± 6.07^{①}	5.85 ± 1.15	3.85 ± 0.79^{①}
<i>t</i>		3.053	3.340	2.357	2.783	3.394	4.198
<i>P</i>		0.003	0.001	0.021	0.007	0.001	< 0.001

注:与本组机械通气 6 h 后比较,① $P < 0.05$

2.5 机械通气 6 h 后血气分析指标与呼吸力学指标的相关性分析 经 Pearson 相关性分析,发现机械通气 6 h 后 PaO_2 与 Crs 呈正相关($P < 0.05$),与 PA-aO_2 、RI 呈负相关($P < 0.05$); PaCO_2 与 Crs 呈负相关($P < 0.05$),与 PA-aO_2 、RI 呈正相关($P < 0.05$),见表 4。

2.6 两组并发症发生情况比较 VTPC 组并发症总

表 4 机械通气 6 h 后 PaO_2 、 PaCO_2 与 Crs、 PA-aO_2 、RI 的相关性分析

Table 4 Correlation Analysis of PaO_2 , PaCO_2 and CRS, PA-aO_2 and RI after 6 hours of mechanical ventilation

指标	Crs	PA-aO_2	RI
PaO_2	0.398 ^①	-0.351 ^①	-0.447 ^①
PaCO_2	-0.405 ^①	0.366 ^①	0.457 ^①

注:① $P < 0.01$

发生率低于 PCV 组($P < 0.05$),见表 5。

表 5 两组并发症发生情况比较 [$n(\times 10^{-2})$]

Table 5 Comparison of the occurrence of complications between the two groups

组别	<i>n</i>	呼吸机相关性肺炎	脑室出血	脑室周围白质软化	支气管肺发育不良	气胸	肺气肿	合计
VTPC 组	45	3(6.67)	0(0.00)	1(2.22)	1(2.22)	0(0.00)	1(2.22)	6(13.33)
PCV 组	41	6(14.63)	1(2.44)	2(4.88)	3(7.32)	3(7.32)	0(0.00)	15(36.59)
χ^2		0.728	—	0.007	0.370	—	—	6.285
<i>P</i>		0.394	0.477	0.935	0.543	0.104	0.523	0.012

注:“—”为 Fisher 精确概率法

3 讨论

SIMV 通气时呼吸机通过在短时间内感知患儿自主呼吸产生的压力及气流变化而提供通气气流,但在 PCV 模式下为获得理想的潮气量,需频繁调整吸气压力,易造成气压损伤^[6]。VTPC 模式则能通过呼吸机监测胸廓/肺顺应性和容积/压力,并利用智能控制系统自动调节吸气压力水平,为患儿提供稳定潮气量的同时,减小气压损伤^[7]。Bahattin 等^[8]也指出,VTPC 模式下自主呼吸与机械通气协调性较好,潮气量稳定,可保证呼吸驱动力不稳定的患儿安全通气。本研究也发现,两组机械通气后血气分析指标(PaO_2 、 PaCO_2)均较通气前改善,且 VTPC 组改善幅度大于 PCV 组($P < 0.05$)。说明 VTPC+SIMV 模式下可为患儿提供更有效的机械通气疗效,与上述报道结果一致。

PS 不足导致广泛性肺泡萎陷、肺顺应性降低,引起肺气体交换功能障碍,为 NRDS 发病的重要机制^[9]。因此,检测机械通气过程中肺顺应性等呼吸力学指标,对评估患儿病情亦非常重要^[10]。本研究中,两组机械通气 24 h 后 Crs 均较通气 6 h 后升高,且 VTPC 组机械通气 6、24 h 后 Crs 均高于 PCV 组,提示 VTPC+SIMV 模式对 NRDS 患儿肺顺应性改善效果更佳。究其原因可能与 VTPC+SIMV 模式利用智能系统可根据患儿自主呼吸肺顺应性设置合适的支持压力,避免 PCV+SIMV 模式下较大气压引起的呼吸肌扩张抑制和肺损伤,而促进患儿肺顺应性转归有关^[11]。 PA-aO_2 反映肺内气体交换效能,在肺泡通气/血流失调及解剖分流、弥散障碍增加时, PA-aO_2 可显著升高^[12];RI 则能反映患儿客观、实际的氧合状态,不受呼吸状态及 FiO_2 影响,RI 值越大提示肺通气及气体交换功能障碍越严重,临床常以 $\text{RI} > 2$ 作为

插管机械通气治疗的指征之一^[13]。VTPC 组机械通气 6、24 h 后 PA-aO_2 、RI 低于 PCV 组,也说明 VTPC 组机械通气后患儿肺通气、气体交换功能得到有效改善。考虑该结果与 VTPC+SIMV 模式下呼吸机能自动连续监测胸廓、肺顺应性及容积、压力关系,反馈合适的吸气压力水平,达到肺保护性通气目的,而促进 NRDS 患儿自主呼吸能力转归有关^[14-15]。本研究结果还显示,机械通气 6 h 后血气分析指标与呼吸力学指标具有相关性。说明机械通气后患儿血气分析的改变与呼吸力学的变化密切相关,可能原因是患儿肺通气、气体交换功能的改善与低氧血症、碳酸血症的减轻相互影响^[16]。本研究中,VTPC 组机械通气后血气分析指标与呼吸力学指标改善幅度均大于 PCV 组,也表明 VTPC+SIMV 模式的机械通气效果更好。

据文献^[17]报道,PS 给药期间可造成患儿短暂脑血管自主调节功能损害,加重脑血管负荷。因此,尽快纠正 NRDS 患儿肺功能,减少 PS 重复给药次数,也是临床治疗的目标。本研究中,VTPC 组 PS 使用次数、机械通气时间、机械通气后吸氧时间、住院时间均低于 PCV 组,说明 VTPC+SIMV 模式可发挥良好机械通气疗效,使患儿尽快脱机,并减少 PS 重复给药次数,降低机械通气相关并发症发生风险。对此,本研究还发现,VTPC 组并发症总发生率低于 PCV 组,提示 VTPC+SIMV 模式能通过降低气压损伤、减少 PS 重复给药次数等方式,提高机械通气安全性。然而,VTPC+SIMV 模式作为新型机械通气模式,相关报道不多,机械通气效果结论不一。有研究^[18]指出,VTPC+SIMV 模式并不能缩短机械通气时间,仅能减少碳酸血症的发生率,对并发症也无明显影响。Kim 等^[19]研究发现,VTPC+SIMV 模式可改善患儿

肺部超声评分,对患儿肺部发育更有利。本研究仅发现 VTPC 组支气管肺发育不良发生率略低于 PCV 组,组间差异无统计学意义,未能得到上述结论,可能是受单中心小样本研究的影响,导致检验效能偏低。另外,外国学者^[20-21]提出,在理论上 VTPC+SIMV 模式更通过减少 PS 重复给药次数而减轻患儿脑血管损伤,对患儿中枢神经发育更有利。然而,目前尚未得到临床实践证实,还需长时间随访的前瞻性研究的论证。故 VTPC+SIMV 模式还需临床实践的持续观察,以得到全面、综合的疗效及安全性评估。

4 结论

VTPC+SIMV 模式能为 NRDS 患儿提供高效的肺保护性通气,对尽早脱机成功,减少 PS 重复给药有利,在 NRDS 病情转归中发挥重要作用。

【参考文献】

- [1] 易智婷,李琴.手动通气和机械通气对 ARDS 早产儿肺表面活性物质给药过程中脑氧代谢的影响[J].国际呼吸杂志,2018,38(4):266-269.
- [2] 柯华,李占魁,郭金珍,等.神经调节辅助通气和同步间歇指令通气改善早产儿呼吸功能的比较研究[J].中国小儿急救医学,2018,25(2):116-120.
- [3] 莫国欢,谢逸民,林雪霞,等.SIMV+PSV+TTV 模式对新生儿呼吸窘迫综合征血气指标的影响及与 HMGB1 相关性分析[J].儿科药学杂志,2018,24(9):8-12.
- [4] LEE J M, LEE S K, KIM K M, *et al.* Comparison of volume-controlled ventilation mode and pressure-controlled ventilation with volume-guaranteed mode in the prone position during lumbar spine surgery[J]. BMC Anesthesiology, 2019, 19(1):133-139.
- [5] SWEET D G, CARNIELLI V, GREISEN G, *et al.* 新生儿呼吸窘迫综合征的管理—欧洲共识指南 2010 版[J].中国新生儿科杂志,2010,25(6):378-380.
- [6] TIEN N D, HUU P P, SHOJI K, *et al.* Tuberculous pneumonia-induced severe ARDS complicated with DIC in a female child: a case of successful treatment[J]. BMC Infectious Diseases, 2018, 18(1):294-299.
- [7] KIM M S, SOH S, KIM S Y, *et al.* Comparisons of Pressure-controlled Ventilation with Volume Guarantee and Volume-controlled 1:1 Equal Ratio Ventilation on Oxygenation and Respiratory Mechanics during Robot-assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy: a Randomized-controlled Trial[J]. International Journal of Medical Sciences, 2018, 15(13):1522-1529.
- [8] BAHATTIN T, BROL V, ZEYNEOGLU P. Effects of volume-controlled equal ratio ventilation with recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure in laparoscopic sleeve gastrectomy: a prospective, randomized, controlled trial [J]. Turkish Journal of Medical Sciences, 2018, 48(4):768-776.
- [9] ELKABANY Z A, EL-FARRASH R A, SHINKAR D M, *et al.* Oxidative stress markers in neonatal respiratory distress syndrome: advanced oxidation protein products and 8-hydroxy-2-deoxyguanosine in relation to disease severity [J]. Pediatric Research, 2019, 87(1):74-80.
- [10] 瞿尔力,陈清,邓秀睿,等.比例辅助通气和同步间歇指令通气在早产儿呼吸窘迫综合征的应用比较[J].武汉大学学报(医学版),2019,40(3):435-439.
- [11] SOLBERG M T, SOLEVÅG A L, CLARKE S. Optimal Conventional Mechanical Ventilation in Full-Term Newborns: A Systematic Review[J]. Advances in Neonatal Care, 2018, 18(6):451-461.
- [12] 秦海倩,卢悦淳,孙健,等.PCV-VG 对 Trendelenburg 体位腹腔镜手术老年患者的肺保护作用[J].中华麻醉学杂志,2020,40(2):151-155.
- [13] 郑茂,张玉凤,张晓芳,等.呼吸指数及氧合指数在儿童 ARDS 中的临床意义[J].中国妇幼健康研究,2019,30(9):1144-1147.
- [14] YAGUI A C, MENESES J, ZóLIO B A, *et al.* Nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) or noninvasive neurally adjusted ventilatory assist (NIV-AVA) for preterm infants with respiratory distress after birth: A randomized controlled trial [J]. Pediatric Pulmonology, 2019, 54(11):1704-1711.
- [15] YONG S, MARJANNA D, WENDY L, *et al.* Vitamin A Protects the Preterm Lamb Diaphragm Against Adverse Effects of Mechanical Ventilation[J]. Frontiers in Physiology, 2018, 9(8):1119-1131.
- [16] MCARDLE N. Volume-targeted pressure support and automatic EPAP for chronic hypoventilation syndromes: An advance in-home ventilation or just more noise? [J]. Respirology, 2018, 24(10):944-951.
- [17] TABACARU C R, JR M R, KHOURY J, *et al.* NAVA—synchronized compared to nonsynchronized noninvasive ventilation for apnea, bradycardia, and desaturation events in VLBW infants [J]. Pediatric Pulmonology, 2019, 54(11):1742-1746.
- [18] CHOWDHURY O, PATEL D S, HANNAM S, *et al.* Randomised trial of volume-targeted ventilation versus pressure-limited ventilation in acute respiratory failure in prematurely born infants [J]. Neonatology, 2013, 104(4):290-294.
- [19] KIM Y S, WON Y J, LEE D K, *et al.* Lung ultrasound score-based perioperative assessment of pressure-controlled ventilation-volume guaranteed or volume-controlled ventilation in geriatrics: a prospective randomized controlled trial [J]. Clin Interv Aging, 2019, 14(7):1319-1329.
- [20] DIBLASI R M, KEARNEY C N, HOTZ J C, *et al.* Physiologic Effects of 3 Different Neonatal Volume-Targeted Ventilation Modes in Surfactant-Deficient Juvenile Rabbits [J]. Res care, 2019, 64(4):361-371.
- [21] OTTAVIANI V, VENERONI C, DELL'ORTO V, *et al.* Accuracy of volume and pressure delivery by mechanical ventilators in use in neonatal intensive care units: A quality control study [J]. Pediatr Pulmonol, 2020, 55(8):1955-1962.

(收稿日期:2020-12-10;修回日期:2021-02-01;编辑:黎仕娟)