

· COPD 专题研究 ·

神经调节辅助通气对慢性阻塞性肺疾病急性加重期患者呼吸力学指标、肺顺应性及机械通气触发延迟时间的影响



扫描二维码
查看原文

牟志芳¹, 张趁英², 康秀文¹, 李勇¹, 沈叶菊¹, 董跃福³

【摘要】 目的 探讨神经调节辅助通气 (NAVA) 对慢性阻塞性肺疾病急性加重期 (AECOPD) 患者肺通气、肺顺应性及机械通气触发延迟时间的影响。方法 选取2016年5月至2021年2月连云港市第一人民医院收治的72例AECOPD患者作为研究对象, 采用随机数字表法将其分为对照组和观察组, 各36例。所有患者经口气管插管, 连接呼吸机, 对照组患者予以传统压力支持通气 (PSV) 模式, 观察组患者予以NAVA模式, 待患者自主呼吸试验通过后尝试撤机, 撤机后转为无创辅助通气, 若失败则继续有创机械通气。比较两组患者通气前及通气24 h后呼吸力学指标 (吸气压力、气道峰压、平台压) 及通气过程中呼吸力学指标 [分钟通气量 (VE)、吸入潮气量 (VTi)、呼吸频率、膈肌电活动 (EAdi) 峰值], 通气前及通气24 h后肺顺应性, 机械通气时间及机械通气触发延迟时间 (包括吸气触发延迟时间和吸呼气切换延迟时间), 并发症发生率。结果 通气24 h后, 两组患者吸气压力、气道峰压、平台压分别低于本组通气前, 且观察组低于对照组 ($P < 0.05$); 观察组患者通气过程中VE、VTi及EAdi峰值均低于对照组 ($P < 0.05$)。通气24 h后, 两组患者肺顺应性分别低于本组通气前, 且观察组低于对照组 ($P < 0.05$)。观察组患者机械通气时间、吸气触发延迟时间及吸呼气切换延迟时间均短于对照组 ($P < 0.05$)。对照组患者并发症发生率为11.1% (4/36), 与观察组患者的8.3% (3/36) 比较, 差异无统计学意义 ($\chi^2 = 0.158, P = 0.691$)。结论 相较于PSV模式, NAVA模式能更有效地改善AECOPD患者呼吸力学指标, 提高肺顺应性, 缩短机械通气触发延迟时间, 且安全性良好, 临床应用前景较好。

【关键词】 慢性阻塞性肺疾病; 急性加重; 神经调节辅助通气; 压力支持通气; 肺顺应性; 机械通气触发

【中图分类号】 R 563.9 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2022.00.143

牟志芳, 张趁英, 康秀文, 等. 神经调节辅助通气对慢性阻塞性肺疾病急性加重期患者呼吸力学指标、肺顺应性及机械通气触发延迟时间的影响 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2022, 30 (6): 24-28. [www.syxnf.net]

MOU Z F, ZHANG C Y, KANG X W, et al. Effects of neuromodulation assisted ventilation on respiratory mechanics indexes, lung impedance compliance and delay time of mechanical ventilation trigger in patients with AECOPD [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30 (6): 24-28.

Effects of Neuromodulation Assisted Ventilation on Respiratory Mechanics Indexes, Lung Impedance Compliance and Delay Time of Mechanical Ventilation Trigger in Patients with AECOPD MOU Zhifang¹, ZHANG Chenying², KANG Xiuwen¹, LI Yong¹, SHEN Yeju¹, DONG Yuefu³

1. Department of Critical Medicine, Lianyungang First People's Hospital, Lianyungang 222000, China

2. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Lianyungang First People's Hospital, Lianyungang 222000, China

3. Department of Joint Surgery, Lianyungang First People's Hospital, Lianyungang 222000, China

Corresponding author: ZHANG Chenying, E-mail: sijiananjing@163.com

【Abstract】 Objective To explore the effects of neuromodulation assisted ventilation (NAVA) on respiratory mechanics indexes, lung impedance compliance and delay time of mechanical ventilation trigger in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (AECOPD). **Methods** A total of 72 patients with AECOPD who were admitted to Lianyungang First People's Hospital from May 2016 to February 2021 were screened as the research subjects, they were divided into control group and observation group using random number table method, with 36 cases in each group. All patients were intubated through

基金项目: 连云港市卫生计生科技项目 (201812)

1.222000江苏省连云港市第一人民医院重症医学科 2.222000江苏省连云港市第一人民医院呼吸与危重症医学科

3.222000江苏省连云港市第一人民医院关节外科

通信作者: 张趁英, E-mail: sijiananjing@163.com

the mouth and connected to the ventilator. The patients in the control group were given the traditional pressure support ventilation (PSV) mode, and the patients in the observation group were given the NAVA mode. After the patients passed the spontaneous breathing test, they tried to withdraw the ventilator, and then switched to non-invasive auxiliary ventilation. If they failed, they continued to have invasive mechanical ventilation. The respiratory mechanical indexes (inspiratory pressure, peak airway pressure and plateau pressure) before ventilation and 24 hours after ventilation and respiratory mechanical indexes [minute ventilation (VE), inhalation tidal volume (VTi), respiratory rate, electrical activity of the diaphragm (EAdi) peak value] during ventilation, lung impedance compliance before ventilation and 24 hours after ventilation, mechanical ventilation time and delay time of mechanical ventilation trigger (including inspiratory trigger delay time and inspiratory expiratory switching delay time), and the incidence of complications were compared between the two groups. **Results** At 24 hours after ventilation, the inspiratory pressure, peak airway pressure and plateau pressure in the two groups were lower than those before ventilation, respectively, and those in the observation group were lower than those in the control group ($P < 0.05$). The VE, VTi and EAdi peak value in the observation group were lower than those in the control group ($P < 0.05$). At 24 hours after ventilation, the lung impedance compliance in the two groups was lower than that before ventilation, respectively, and that in the observation group was lower than that in the control group ($P < 0.05$). The mechanical ventilation time, inspiratory trigger delay time and inspiratory expiratory switching delay time in the observation group were shorter than those in the control group ($P < 0.05$). There was no significant difference in the incidence of complications between the control group and the observation group [11.1% (4/36) vs 8.3% (3/36); $\chi^2=0.158, P=0.691$]. **Conclusion** Compared with PSV model, NAVA model can more effectively improve the respiratory mechanical indexes of AECOPD patients, improve lung compliance, and shorten the delay time of mechanical ventilation trigger. It has good safety and good clinical application prospect.

【Key words】 Chronic obstructive pulmonary disease; Acute exacerbation; Neuromodulation assisted ventilation; Pressure support ventilation; Lung compliance; Mechanical ventilation trigger

慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 是一种具有气流受限特征的呼吸系统疾病, 其病情反复发作且病程迁延, 严重影响患者的呼吸功能^[1]。慢性阻塞性肺疾病急性加重期 (acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease, AECOPD) 指患者在原有疾病基础上, 肺部受到外界刺激或感染导致病情短期内加重的征象, 严重时可能导致患者出现呼吸衰竭或休克, 进而威胁患者的生命安全^[2]。目前, 临床上缺乏治疗AECOPD的特效药物, 常以血管活性药物联合抗感染药物作为基础治疗, 同时辅以机械通气, 以改善患者的临床症状^[3]。压力支持通气 (pressure support ventilation, PSV) 是一种传统的有创机械通气模式, 其可在一定程度上改善患者的呼吸困难症状, 在临床上应用较为广泛^[4]。研究发现, PSV模式下呼吸衰竭患者存在不同程度的吸气触发延迟及吸呼气切换延迟, 从而增加呼吸机相关气道反应及呼吸机依赖性^[5]。神经调节辅助通气 (neuromodulation assisted ventilation, NAVA) 可通过膈肌电活动 (electrical activity of the diaphragm, EAdi) 而触发吸气及吸呼气切换, 理论上可有效缩短或避免吸呼气延迟或吸气触发延迟, 继而降低呼吸机相关并发症发生率^[6-7], 但目前相关临床研究有限, 尚未达成共识或制定指南, 仍处于探索阶段。基于此, 本研究旨在探讨NAVA对AECOPD患者呼吸力学指标、肺顺应性及机械通气触发延迟时间的影响, 以期期为NAVA在AECOPD中的应用提供证据。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取2016年5月至2021年2月连云港市第一人民医院收治的72例AECOPD患者作为研究对象, 采用随机数字表法将其分为对照组和观察组, 各36例。对照组中

男20例, 女16例; 年龄44~72岁, 平均 (61.0 ± 4.7) 岁; 平均序贯器官衰竭评分 (8.69 ± 2.43) 分; 吸烟史14例; 合并症: 高血压12例, 糖尿病3例。观察组中男17例, 女19例; 年龄45~72岁, 平均 (61.2 ± 4.9) 岁; 平均序贯器官衰竭评分 (8.71 ± 2.47) 分; 吸烟史11例; 合并症: 高血压13例, 糖尿病4例。两组患者性别 ($\chi^2=0.500, P=0.479$)、年龄 ($t=0.186, P=0.853$)、序贯器官衰竭评分 ($t=0.035, P=0.972$)、吸烟史 ($\chi^2=0.551, P=0.458$)、高血压发生率 ($\chi^2=0.061, P=0.804$)、糖尿病发生率 ($\chi^2=0.158, P=0.691$) 比较, 差异无统计学意义。本研究经连云港市第一人民医院医学伦理委员会审批通过 (KY-20160418001), 所有患者家属签署知情同意书。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准: (1) 符合《慢性阻塞性肺疾病诊治指南 (2013年修订版)》^[8] 中AECOPD的临床诊断; (2) 经无创辅助通气等治疗后患者呼吸衰竭症状仍无法减轻, 呼吸中枢过度通气 (呼吸频率 ≥ 40次/min) 或抑制 (呼吸频率 < 8次/min), 符合有创机械通气的临床指征; (3) 年龄 ≥ 18岁; (4) 内源性呼气末正压 (endogenous positive end expiratory pressure, PEEP) ≥ 3 cm H₂O (1 cm H₂O = 0.098 kPa)。排除标准: (1) 合并肺部或其他器官、组织恶性病变者; (2) 合并消化性溃疡出血、肠穿孔等急性消化道疾病者; (3) 合并心、脑血管疾病者; (4) 伴有凝血功能障碍或自身免疫性疾病者; (5) 合并中枢神经病变、精神病或严重意识障碍者; (6) 合并肝肾功能障碍者; (7) 死亡者。

1.3 治疗方法 所有患者行经口气管插管, 连接呼吸机 (迈柯唯MAQUET SERVO-s), 设定通气模式。通气前, 将EAdi导管用0.9%氯化钠溶液浸润后, 在呼吸机EAdi模块检测下经

鼻腔置入, 检测信号显示无P波、QRS复合波振幅衰减时, 表明接近胃部, 准确安放电极。通气过程中结合患者实际血气分析情况微调吸氧浓度, 待自主呼吸试验通过后尝试撤机, 撤机后转为无创辅助通气, 若失败则继续行有创机械通气。自主呼吸试验评估标准^[9]: 无或小剂量血管活性药物(如去甲肾上腺素 $<0.1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)即可维持血流动力学稳定; 在PEEP $\leq 5 \text{ cm H}_2\text{O}$ 且吸入氧浓度(fraction of inspire O_2 , FiO_2) $\leq 50\%$ 时, pH值 >7.3 、氧合指数 $>150 \text{ mm Hg}$ ($1 \text{ mm Hg}=0.133 \text{ kPa}$), 动脉血二氧化碳分压(arterial carbon dioxide partial pressure, PaCO_2)达到缓解期; 意识状态良好, 自主呼吸能力和咳嗽能力明显好转。

1.3.1 对照组 对照组患者通气模式为PSV模式: 呼吸机调整至PSV模式, PEEP自 $0 \text{ cm H}_2\text{O}$ 开始, 间隔 180 s 上调 $2 \text{ cm H}_2\text{O}$, 待达到一定程度后, 潮气量由增加转为减少, 将PEEP调整至潮气量减少前的上一次数值, 潮气量以 6 ml/kg 左右作为上调支持压力的标准, PEEP较为适宜。

1.3.2 观察组 观察组患者通气模式为NAVA模式: 呼吸机调整至NAVA模式, PEEP自 $10 \text{ cm H}_2\text{O}$ 开始, 间隔 180 s 下调 $2 \text{ cm H}_2\text{O}$, EAdi模式检测EAdi明显升高后, 将PEEP调整至EAdi升高前水平。NAVA参数设定: 自开始上调NAVA水平, 同期检测气道压力变化, 待气道压力由增加转为平稳后, 作为NAVA适宜水准, 相关参数 FiO_2 为 50% 、EAdi触发敏感度为 $0.5 \mu\text{V}$ 、吸呼气转换时机调整为EAdi信号强度峰值的 0.7 倍。

1.4 观察指标

1.4.1 呼吸力学指标 通过迈柯唯MAQUET SERVO-s呼吸机记录两组患者通气前及通气 24 h 后吸气压力(参考范围: $\leq 20 \text{ cm H}_2\text{O}$)、气道峰压(参考范围: $10\sim 40 \text{ cm H}_2\text{O}$)、平台压(参考范围: $5\sim 13 \text{ cm H}_2\text{O}$)。呼吸机持续检测两组患者通气过程中分钟通气量(ventilation, VE, 其参考范围: $6\sim 9 \text{ L/min}$)、吸入潮气量(inhalation tidal volume, VTi, 其参考范围: $0.30\sim 0.42 \text{ L}$)、呼吸频率(参考范围: $12\sim 20$ 次/min)及EAdi峰值。

1.4.2 肺顺应性 通过呼吸机记录两组患者通气前及通气 24 h 后肺顺应性(参考范围: $816\sim 1428 \text{ ml/kPa}$)。

1.4.3 机械通气时间及机械通气触发延迟时间 记录两组患者机械通气时间及机械通气 24 h 机械通气触发延迟时间[包括吸气触发延迟时间(吸气触发延迟时间=EAdi起始时间-呼气流速起始点时间)和吸呼气切换延迟时间(吸呼气切换延迟时间=EAdi峰值降至 70% 时的时间-呼气流速起始点时

间)]。

1.4.4 并发症 记录两组患者撤机后 48 h 内胸腔积气、纵隔积气、低血压、肺部感染及气道痉挛或气管黏膜损伤等并发症发生情况。

1.5 统计学方法 应用SPSS 23.0统计学软件进行数据处理。计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示, 组间比较采用成组 t 检验, 组内比较采用配对 t 检验; 计数资料以相对数表示, 组间比较采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 呼吸力学指标 通气前, 两组患者吸气压力、气道峰压、平台压比较, 差异无统计学意义($P>0.05$); 通气 24 h 后, 两组患者吸气压力、气道峰压、平台压分别低于本组通气前, 且观察组低于对照组, 差异有统计学意义($P<0.05$), 见表1。两组患者通气过程中呼吸频率比较, 差异无统计学意义($P>0.05$); 观察组患者通气过程中VE、VTi及EAdi峰值低于对照组, 差异有统计学意义($P<0.05$), 见表2。

表2 两组患者通气过程中呼吸力学指标比较($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of respiratory mechanics indexes between the two groups during ventilation

组别	例数	VE (L/min)	VTi (L)	呼吸频率(次/min)	EAdi峰值(μV)
对照组	36	8.46 ± 1.53	0.44 ± 0.11	18.76 ± 3.71	15.29 ± 3.14
观察组	36	7.65 ± 1.15	0.38 ± 0.09	19.83 ± 3.54	11.90 ± 2.01
t 值		2.539	2.533	1.252	5.456
P 值		0.013	0.013	0.215	<0.001

注: VE=分钟通气量, VTi=吸入潮气量, EAdi=膈肌电活动

2.2 肺顺应性 对照组患者通气前肺顺应性为(534.6 ± 69.8) ml/kPa, 通气 24 h 后为(817.5 ± 92.4) ml/kPa; 观察组患者通气前肺顺应性为(539.5 ± 74.0) ml/kPa, 通气 24 h 后为(746.4 ± 80.5) ml/kPa。通气前, 两组患者肺顺应性比较, 差异无统计学意义($t=0.289$, $P=0.773$); 通气 24 h 后, 两组患者肺顺应性分别低于本组通气前($t_{\text{配对}}$ 值分别为 14.654 、 11.349), 且观察组低于对照组($t=3.481$), 差异有统计学意义(P 值均 <0.001)。

2.3 机械通气时间及机械通气触发延迟时间 观察组患者机械通气时间、吸气触发延迟时间及吸呼气切换延迟时间均短于对照组, 差异有统计学意义($P<0.05$), 见表3。

表1 两组患者通气前和通气 24 h 后呼吸力学指标比较($\bar{x} \pm s$, $\text{cm H}_2\text{O}$)

Table 1 Comparison of respiratory mechanics indexes between the two groups before ventilation and 24 hours after ventilation

组别	例数	吸气压力		气道峰压		平台压	
		通气前	通气 24 h 后	通气前	通气 24 h 后	通气前	通气 24 h 后
对照组	36	27.05 ± 3.84	19.06 ± 1.15^a	31.89 ± 4.54	28.76 ± 2.36^a	16.89 ± 1.94	12.23 ± 2.54^a
观察组	36	26.91 ± 2.73	17.58 ± 1.46^a	32.64 ± 4.12	24.77 ± 2.41^a	17.15 ± 2.01	9.43 ± 1.15^a
t 值		0.178	4.778	0.734	7.097	0.558	6.025
P 值		0.859	<0.001	0.465	<0.001	0.578	<0.001

注: ^a表示与本组通气前比较, $P<0.05$

表3 两组患者机械通气时间及机械通气触发延迟时间比较 ($\bar{x} \pm s$)
Table 3 Comparison of mechanical ventilation time and trigger delay time of mechanical ventilation between the two groups

组别	例数	机械通气时间 (d)	吸气触发延迟时间 (ms)	吸呼气切换延迟时间 (ms)
对照组	36	8.71 ± 1.13	107.96 ± 29.63	101.34 ± 8.74
观察组	36	8.09 ± 1.02	63.51 ± 7.89	49.71 ± 6.25
t值		2.444	8.698	28.831
P值		0.017	<0.001	<0.001

2.4 并发症发生率 对照组患者并发症发生率为11.1% (4/36), 与观察组患者的8.3% (3/36) 比较, 差异无统计学意义 ($\chi^2=0.158, P=0.691$), 见表4。

表4 两组患者并发症发生情况 [n (%)]
Table 4 Complications of the two groups

组别	例数	胸腔积气	纵隔积气	低血压	肺部感染	气道痉挛或气管黏膜损伤
对照组	36	1 (2.8)	0	1 (2.8)	1 (2.8)	1 (2.8)
观察组	36	1 (2.8)	1 (2.8)	1 (2.8)	0	0

3 讨论

AECOPD作为临床常见的急危重症, 在临床治疗中常建立人工气道以部分或全部替代呼吸肌功能, 进而缓解患者的呼吸困难症状, 在保证安全的前提下, 帮助患者渡过危险期^[10-11]。PSV是一种传统的机械通气模式, 其可通过预设呼吸机参数而控制呼吸和吸气过程, 从而缓解患者的呼吸困难症状^[12]。但近年随着研究不断深入, 发现传统PSV模式存在一定弊端, 如患者吸气时首先要克服内源性PEEP, 待肺泡压力低于大气压力后才可保证通气顺畅^[13]。而随着通气压力水平增加, 通气潮气量随之增加, 继而诱发中枢反馈调节机制, 迫使吸气驱动降低以减少潮气量, 从而导致吸气触发延迟, 进而增加呼吸机依赖发生风险^[14-15]。徐晓婷等^[16]研究亦证实, PSV模式下随着压力支持水平增加, 吸气触发延迟时间随之延长。因此, 寻找新的机械通气模式以改变吸气触发反应机制, 缩短或避免吸气触发延迟, 提高人机交互性, 已成为临床学者不断探索的难点。

本研究结果显示, 通气24 h后, 两组患者吸气压力、气道峰压、平台压分别低于本组通气前, 且观察组低于对照组; 观察组患者通气过程中VE、VTi及EAdi峰值均低于对照组, 提示相较于PSV模式, NAVA模式更有利于改善AECOPD患者呼吸力学指标。王奎等^[17]研究表明, NAVA模式在调节重症呼吸器系统疾病患者呼吸力学指标方面具有明显优势。分析其原因可能与NAVA模式是通过呼吸中枢反馈调节机制自主调节EAdi水平有关, 进而有效避免了VE、VTi过大^[18]。

本研究结果显示, 观察组患者机械通气时间、吸气触发延迟时间及吸呼气切换延迟时间均短于对照组, 提示相较于PSV模式, NAVA模式能更有效地缩短AECOPD患者机械通气触发延迟时间。分析其原因可能为: NAVA模式通过作用于EAdi信号传导通路, 可调节吸气或吸呼气切换的机械通气模式^[19]。在呼吸周期初始阶段, 呼吸中枢可通过作用神经冲动而诱导呼吸机收缩耦联机制, 进而增加胸腔内负压, 保证

通气顺畅^[20]; 同期, 可介导膈肌神经信号向呼吸机送气的机械动作转化。此外, NAVA模式由NAVA水平和EAdi共同介导, 呼吸中枢可根据呼吸负荷的微变化而及时调整EAdi信号强度, 从而有助于缩短吸气触发延迟时间, 提高人机交互性^[21]。再者, PSV模式下吸气触发延迟时间随着患者内源性PEEP增加而延长^[22]。刘智达等^[23]研究提出, NAVA模式理论上依赖EAdi信号通路即可完成呼吸机送气和吸呼气切换转化, 不受内源性PEEP的影响, 故更有助于缩短吸气触发延迟时间, 本研究结果与之基本一致。

本研究结果显示, 通气24 h后, 两组患者肺顺应性分别低于本组通气前, 且观察组低于对照组, 提示相较于PSV模式, NAVA模式能更有效地提高AECOPD患者肺顺应性。分析其机制可能为: NAVA模式下AECOPD患者吸呼气切换时间缩短, 吸呼气切换时气流在呼吸中枢由吸气向呼气转化的瞬间仍未停止, 此时呼吸机仍处于送气状态, 待气流流速下降至0时可直接转化为呼气动作^[24]。而PSV模式下, 管道内吸气流速降至一定程度后即刻结束送气, 而相关参数通过呼气时间常数计算得出, 但患者存在个体差异, 从而导致预设流速常无法及时匹配中枢神经活动, 增加了肺顺应性^[25]。本研究结果还显示, 两组患者并发症发生率比较差异无统计学意义, 提示NAVA模式用于AECOPD患者中的安全性良好。

综上所述, 相较于PSV模式, NAVA模式能更有效地改善AECOPD患者呼吸力学指标, 提高肺顺应性, 缩短机械通气触发延迟时间, 且安全性良好, 临床应用前景较好。

作者贡献: 牟志芳进行文章的构思与设计, 负责撰写、修订论文; 董跃福进行研究的实施与可行性分析; 康秀文进行数据收集、整理、分析; 李勇、沈叶菊进行结果分析与解释; 张趁英负责文章的质量控制及审校, 对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] HALPIN D M G, CRINER G J, PAPI A, et al. Global initiative for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive lung disease. the 2020 GOLD science committee report on COVID-19 and chronic obstructive pulmonary disease [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2021, 203 (1): 24-36. DOI: 10.1164/rccm.202009-3533SO.
- [2] RITCHIE A I, WEDZICHA J A. Definition, causes, pathogenesis, and consequences of chronic obstructive pulmonary disease exacerbations [J]. Clin Chest Med, 2020, 41 (3): 421-438. DOI: 10.1016/j.ccm.2020.06.007.

- [3] MATHIOUDAKIS A G, JANSSENS W, SIVAPALAN P, et al. Acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: in search of diagnostic biomarkers and treatable traits [J]. *Thorax*, 2020, 75 (6): 520-527. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2019-214484.
- [4] 吴海红, 张维维. 低水平PSV和T-piece自主呼吸试验在预撤机COPD患者中的应用价值 [J]. *临床肺科杂志*, 2020, 25 (12): 1808-1812. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6663.2020.12.007.
- [5] BOLLMEIER S G, HARTMANN A P. Management of chronic obstructive pulmonary disease: a review focusing on exacerbations [J]. *Am J Health Syst Pharm*, 2020, 77 (4): 259-268. DOI: 10.1093/ajhp/zxz306.
- [6] 张静, 刘晓姝, 滕鸿, 等. 应用电阻抗断层成像技术评价神经调节辅助通气和压力支持通气模式对慢性阻塞性肺疾病急性加重患者的影响 [J]. *上海医学*, 2020, 43 (5): 299-301. DOI: 10.19842/j.cnki.issn.0253-9934.2020.05.011.
- [7] 陈琳, 杨磊, 杨阳, 等. COPD患者使用NAVA或ASV通气模式的对比研究 [J]. *中国地方病防治杂志*, 2017, 32 (5): 557-558.
- [8] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南 (2013年修订版) [J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2013, 36 (4): 255-264. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2013.04.007.
- [9] MACDONELL R, WOODS O, WHELAN S, et al. Interventions to standardise hospital care at presentation, admission or discharge or to reduce unnecessary admissions or readmissions for patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: a scoping review [J]. *BMJ Open Respir Res*, 2020, 7 (1): e000733. DOI: 10.1136/bmjresp-2020-000733.
- [10] CHAN H P, LIM T K. Procalcitonin and antibiotics in moderate-severe acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: to use or not to use [J]. *Curr Opin Pulm Med*, 2019, 25 (2): 150-157. DOI: 10.1097/MCP.0000000000000548.
- [11] MARTÍ J D, MCWILLIAMS D, GIMENO-SANTOS E. Physical therapy and rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease patients admitted to the intensive care unit [J]. *Semin Respir Crit Care Med*, 2020, 41 (6): 886-898. DOI: 10.1055/s-0040-1709139.
- [12] CHAN S M H, SELEMIDIS S, BOZINOVSKI S, et al. Pathobiological mechanisms underlying metabolic syndrome (MetS) in chronic obstructive pulmonary disease (COPD): clinical significance and therapeutic strategies [J]. *Pharmacol Ther*, 2019, 198: 160-188. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2019.02.013.
- [13] 申丽旻, 何聪, 任珊, 等. 体外膈肌起搏对慢性阻塞性肺疾病机械通气患者的治疗效果评价 [J]. *河北医药*, 2019, 41 (19): 2898-2901. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7386.2019.19.004.
- [14] 魏捷, 吴森, 杜贤进. 无创通气模式和急诊常见疾病的参数设置 [J]. *中国急救医学*, 2018, 38 (3): 195-196. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2018.03.003.
- [15] 孙建, 代文静, 马春兰, 等. 适应性支持通气在慢性阻塞性肺疾病呼吸衰竭治疗中的应用分析 [J]. *国际呼吸杂志*, 2018, 38 (9): 667-671. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-436X.2018.09.007.
- [16] 徐晓婷, 孙骏, 谢剑锋, 等. 神经调节辅助通气对存在内源性呼气末正压的慢性阻塞性肺疾病急性加重患者机械通气触发的影响 [J]. *中华内科杂志*, 2019, 58 (1): 43-48. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2019.01.008.
- [17] 王奎, 王丽华, 汤云, 等. 神经调节辅助通气在重症神经系统疾病气管切开患者中的人机协调性研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2020, 32 (5): 575-580. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200427-00341.
- [18] ELBEHAIRY A F, FAISAL A, MCISAAC H, et al. Mechanisms of orthopnoea in patients with advanced COPD [J]. *Eur Respir J*, 2021, 57 (3): 2000754. DOI: 10.1183/13993003.00754-2020.
- [19] 王文杰, 樊清波, 李敏, 等. 无创神经调节辅助通气对慢性阻塞性肺疾病急性加重并肺性脑病撤机困难的机械通气患者的影响 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24 (2): 125-130. DOI: 10.12083/SYSJ.2021.17.008.
- [20] 王运. 神经调节辅助通气对急性呼吸窘迫综合征患者呼吸机相关膈肌功能障碍的影响 [J]. *新乡医学院学报*, 2019, 36 (4): 392-396. DOI: 10.7683/xxyxyxb.2019.04.023.
- [21] 黄其昌. 无创神经调节辅助通气在慢性阻塞性肺疾病伴呼吸衰竭患者治疗中的应用 [J]. *中国药物与临床*, 2019, 19 (4): 550-552. DOI: 10.11655/zgywylc.2019.04.007.
- [22] 孙慧男, 韩志海, 陈旭昕. 神经调节辅助通气在慢性阻塞性肺疾病急性加重患者中的应用 [J]. *国际呼吸杂志*, 2018, 38 (2): 101-108. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-436X.2018.02.005.
- [23] 刘智达, 王凯, 王学林, 等. 神经调节辅助通气对慢性阻塞性肺疾病患者人机协调性的影响 [J]. *医药论坛杂志*, 2018, 39 (5): 24-25, 30.
- [24] 黄飞. NIV-PSV和NIV-NAVA对AECOPD伴呼吸衰竭ICU病人脱机率及肺功能的影响比较 [J]. *实用老年医学*, 2021, 35 (8): 820-824. DOI: 10.3969/j.issn.1003-9198.2021.08.008.
- [25] 罗祖金, 马迎民, 曹志新, 等. 无创正压通气中智能化通气模式的研究进展 [J]. *中国急救医学*, 2018, 38 (3): 200-203. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2018.03.005.

(收稿日期: 2022-02-28; 修回日期: 2022-04-30)

(本文编辑: 谢武英)