

· 临床研究 ·

神经电活动辅助通气模式和压力支持通气模式对急性呼吸窘迫综合征患者肺内气体分布影响的比较

管双仙 于明 袁冬 王珍 刘松桥 李国民

【摘要】 目的 比较神经电活动辅助通气(NAVA)模式和压力支持通气(PSV)模式对急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者肺内气体分布的影响。**方法** 本研究纳入 18 例符合标准的 ARDS 机械通气患者,男 11 例,女 7 例,采用单盲随机自对照的研究方法,同一患者以随机先后顺序应用 NAVA 和 PSV 模式分别通气 30 min,在通气 0、30 min 时观察气体交换、血流动力学指标,对呼吸参数、人机同步性以及电阻抗断层摄影监测的肺气体分布均进行持续监测分析。**结果** 与 PSV 比较,两种模式下 HR、MAP、PIP 及 PEEP 差异无统计学意义;NAVA 模式改善 ARDS 患者氧合指数($P < 0.05$),减少人机不同步事件的发生($P < 0.05$),增加重力依赖区 ROI 3、4 区通气,减少非重力依赖区 ROI 1、2 区通气($P < 0.05$)。**结论** 与 PSV 比较,NAVA 可以改善 ARDS 患者气体交换和人机同步性,改善肺内气体分布不均一性。

【关键词】 神经电活动辅助通气;ARDS;人机同步性;气体分布;均一性

Effect of neurally adjusted ventilatory assist and pressure support ventilation on regional ventilation distribution in patients with acute respiratory distress syndrome GUAN Shuangxian, YU Ming, YUAN Dong, WANG Zhen, LIU Songqiao, LI Guoming. Department of Anesthesiology and Intensive Care, Jintan Affiliated Hospital of Jiangsu University, Changzhou 213200, China
Corresponding author: Li Guoming, Email: 13862689989@163.com

【Abstract】 Objective To compare the effect of neurally adjusted ventilatory assist (NAVA) and pressure support ventilation (PSV) on the regional ventilation distribution in mechanically ventilated patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS). **Methods** Eighteen patients with ARDS were enrolled in this single centre, randomized cross over study. Patients were mechanically ventilated with NAVA or PSV for half-hour respectively, gas exchange, hemodynamics, respiratory mechanics, patient-ventilator synchrony and distribution of ventilation by electrical impedance tomography (EIT) were obtained. **Results** Hemodynamics and respiratory mechanics did not differ significantly between NAVA and PSV. Oxygenation index ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) was improved in the NAVA group compared with PSV groups ($P < 0.05$). Number of asynchrony events was reduced in NAVA compared to PSV ($P < 0.05$). Distribution of ventilation was increased in the dependent lung region (ROI 3 and 4) during NAVA, and decreased significantly in the nondependent (ROI 1 and 2) ($P < 0.05$). **Conclusion** NAVA ventilation had a beneficial effect on patient-ventilator synchrony and gas exchange, compared to PSV, NAVA was associated with better improved the inhomogeneity distribution of ventilation.

【Key words】 Neurally adjusted ventilatory assist; Acute respiratory distress syndrome; Synchrony; Ventilation distribution; Homogeneity

肺内气体分布的不均一性是急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)重要的病理生理特点,近年研究认为保留轻到中度 ARDS 患者的自主呼吸有利于改善肺通气不均一性。压力支持通气模式(pressure support ventila-

tion, PSV)是目前常用的辅助通气模式,与控制通气相比,PSV 可以改善通气不均一性^[1,2],但 PSV 通气时提供固定的甚至是不合适的支持压力,不利于改善肺功能以及减轻肺损伤^[3,4]。神经电活动辅助通气模式(neurally adjusted ventilatory assist, NAVA)是一种实时检测膈肌电活动(electrical activity of the diaphragm, EAdi)并通过 EAdi 信号促发吸气和吸呼气切换,由 EAdi 的幅度决定通气支持水平的通气模式^[5,6],由于初步实现了机械通气与神经冲动的直接偶联,可通过自身反馈机制改善

基金项目:江苏省常州市金坛区科技计划项目(JT2014058)

作者单位:213200 常州市,江苏大学附属金坛医院 ICU(管双仙、袁冬、王珍、李国民);江苏大学附属医院神经内科(于明);东南大学附属中大医院 ICU(刘松桥)

通信作者:李国民,Email: 13862689989@163.com

人机同步性^[7]。有研究表明,与 PSV 比较,NAVA 模式可能更有助于改善通气/血流比例失调,实现 ARDS 患者的肺保护性通气策略^[8]。本研究将比较 NAVA 与 PSV 两种通气模式应用于 ARDS 患者时对肺内气体分布的影响。

资料与方法

一般资料 该研究为单中心随机自对照研究,通过东南大学附属中大医院伦理医学会的审查。入选的患者均来自于东南大学附属中大医院 ICU,符合以下条件:性别不限,年龄 18~90 岁;符合 ARDS 诊断标准;临床医师判断可以采用 PSV 模式辅助通气的有创机械通气患者。排除标准:胸廓不稳定;恶性疾病或者慢性疾病终末期;气胸、中到大量胸腔积液、支气管胸膜瘘、肺叶切除或肺部其他手术术后;心脏起搏器植入术后;食管梗阻、食管穿孔、上消化道手术等原因不能放置 EAdi 导管。

患者一般资料由 ICU 电子病历资料系统获得,所有患者都留置膈肌电极导管(Maquet 公司,瑞典),并实施电阻抗断层摄影(electrical impedance tomography, EIT)监测(Infinity C500, Drager 公司,德国)及呼吸力学监测。

机械通气 先予患者 PSV 通气 30 min 以达到稳态,然后以随机先后顺序进行 PSV、NAVA 通气 30 min(抽签决定先后),并在两种通气模式转换期间应用 PSV 通气 30 min,试验期间避免镇静药物的调整。如果出现以下任一标准,研究将终止:(1)患者主诉呼吸困难;(2)矛盾腹式呼吸;(3)RR>30 次/分或<6 次/分、动脉血 pH<7.30;(4)精神状态改变;(5)大汗;(6)心率波动超过基础值的 20%,或绝对值<50 次/分或>110 次/分;(7)MAP 波动超过基础值的 20%,或绝对值<70 mm Hg,或>110 mm Hg。PSV 通气模式下压力支持条件通过滴定达到 V_T 为 6 ml/kg(理想体重),PEEP 和 FiO₂ 保持原治疗条件不变,所有患者在 PSV 通气时,流速促发均设置为 2 L/min,呼气促发标准为降至吸气流速峰值的 25%。NAVA 模式支持水平根据 PSV 支持压力及 EAdi 值设置,保证其支持条件与 PSV 支持条件相一致。

监测指标 所有患者均行桡动脉穿刺,PSV、NAVA 通气开始及结束时经桡动脉导管抽血行血气分析,并监测记录 HR、MAP,持续实施呼吸力学、气体分布监测。通过呼吸力学监测仪持续监测获得 PIP、PEEP,结合气道压数据分析得到人机

不同步性指标。将肺区横断面从腹侧到背侧分为四个区,记为肺内分区(regions of interest, ROI)1-4, EIT 通过监测胸腔阻抗的变化反映这四个肺区的气体分布和不均一指数(GI), EIT 数据记录保存在设备中,由 Drager 公司提供的程序进行离线分析。

统计分析 采用 SPSS 16.0 行统计学分析,正态分布计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用成组 *t* 检验,计数资料比较采用 χ^2 检验。

结 果

本研究纳入 ARDS 患者 18 例,男 11 例,女 7 例,研究中未发现患者应用 PSV 和 NAVA 通气时有任何不适表现或不良反应,提示轻中度 ARDS 患者 PSV 及 NAVA 通气是安全可行的。

PSV 和 NAVA 两种模式下通气 0、30 min 时 HR、MAP、PIP、PEEP 差异无统计学意义(表 1)。

表 1 两种模式下通气 0、30 min 血流动力学和 PIP、PEEP 的比较($\bar{x} \pm s$)

指标	模式	例数	0 min	30 min
HR	PSV	18	85.0±9.6	82.7±10.8
(次/分)	NAVA	18	85.8±10.1	84.9±1.6
MAP	PSV	18	85.3±16.6	84.8±13.0
(mm Hg)	NAVA	18	85.2±14.6	84.4±15.1
PIP	PSV	18	16.38±4.10	16.59±4.00
(cm H ₂ O)	NAVA	18	16.71±5.03	17.47±4.53
PEEP	PSV	18	4.74±2.23	5.50±2.95
(cm H ₂ O)	NAVA	18	5.10±2.41	5.52±3.01

两种模式通气下 0、30 min 时发生双触发、无效触发及误触发的不同步事件发生率 PSV 明显多于 NAVA($P<0.05$)(表 2)。

与 PSV 比较,NAVA 通气 30 min 后 PaO₂/FiO₂ 明显增高($P<0.05$),PH、PaCO₂ 和 HCO₃⁻在两种通气模式之间差异无统计学意义;两种通气模式 0、30 min 时 GI 差异无统计学意义(表 3)。

与 PSV 模式比较,NAVA 非重力依赖区 ROI 1、ROI 2 区的气体分布明显减少,重力依赖区 ROI 3、ROI 4 区的气体分布明显增加($P<0.05$)(表 4)。

讨 论

PSV 通气的人机不同步却比较常见,尤其是无

表 2 两种模式通气 0、30 min 不同步事件发生率的比较 (%)

指标	模式	例数	0 min	30 min
双触发	PSV	18	2.76	3.54
	NAVA	18	2.15 ^a	0 ^a
无效触发	PSV	18	3.03	2.66
	NAVA	18	2.70 ^a	0 ^a
误触发	PSV	18	1.59	1.11
	NAVA	18	1.82 ^a	0 ^a

注:与 PSV 比较,^a $P<0.05$ **表 3 两种模式通气 0、30 min 时 pH、HCO₃⁻、PaCO₂、PaO₂/FiO₂ 和 GI 的比较 ($\bar{x} \pm s$)**

指标	模式	例数	0 min	30 min
pH	PSV	18	7.38 $\pm$ 0.05	7.38 $\pm$ 0.05
	NAVA	18	7.38 $\pm$ 0.05	7.39 $\pm$ 0.05
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	PSV	18	19.54 $\pm$ 5.14	21.03 $\pm$ 5.61
	NAVA	18	20.47 $\pm$ 6.04	20.12 $\pm$ 5.62
PaCO ₂ (mm Hg)	PSV	18	32.46 $\pm$ 8.69	35.06 $\pm$ 8.16
	NAVA	18	33.44 $\pm$ 10.17	33.19 $\pm$ 10.20
PaO ₂ / FiO ₂	PSV	18	290.96 $\pm$ 88.01	274.56 $\pm$ 72.07
	NAVA	18	291.34 $\pm$ 78.96	301.52 $\pm$ 77.04 ^a
GI	PSV	18	0.45 $\pm$ 0.11	0.40 $\pm$ 0.05
	NAVA	18	0.48 $\pm$ 0.11	0.41 $\pm$ 0.07

注:与 PSV 比较,^a $P<0.05$ **表 4 两种模式通气 0、30 min 肺内气体分布的比较 (% , $\bar{x} \pm s$)**

指标	模式	例数	0 min	30 min
ROI 1	PSV	18	0.12 $\pm$ 0.04	0.13 $\pm$ 0.05
	NAVA	18	0.11 $\pm$ 0.04	0.11 $\pm$ 0.03 ^a
ROI 2	PSV	18	0.44 $\pm$ 0.11	0.46 $\pm$ 0.12
	NAVA	18	0.43 $\pm$ 0.11	0.43 $\pm$ 0.10 ^a
ROI 3	PSV	18	0.36 $\pm$ 0.13	0.34 $\pm$ 0.12
	NAVA	18	0.37 $\pm$ 0.11	0.38 $\pm$ 0.10 ^a
ROI 4	PSV	18	0.08 $\pm$ 0.06	0.06 $\pm$ 0.05
	NAVA	18	0.08 $\pm$ 0.06	0.09 $\pm$ 0.07 ^a

注:与 PSV 比较,^a $P<0.05$

效触发发生率更高,有研究认为大约 1/3 的 PSV 通

气患者出现^[7],并且指出 PSV 模式通气时支持条件越高越容易出现触发延迟、无效通气触发及吸呼气转换延迟,并且由于肺牵张反射的负反馈调节,导致自主呼吸频率减慢的现象,提示 PSV 可能过度地提供了支持^[9,10]。NAVA 通过监测膈肌电活动,获得患者的实际通气需要的信息,并提供合适的通气支持,从而可以更大程度地保留自主呼吸^[5]。目前认为 NAVA 通气在改善人机同步性方面有明确的优势,尚无研究提示 NAVA 存在人机不同步包括无效触发、双触发、无触发及触发延迟等的现象^[11]。由于 NAVA 更大程度地利用自主呼吸,使神经冲动直接偶联机械通气,EAdi 值相对稳定,并且每一次膈肌产生的 EAdi 都能有效及时地触发通气,因此与 PSV 比较,NAVA 可有效避免人机不同步的发生^[12,13]。

NAVA 通气时重力依赖肺区通气得到改善,非重力依赖肺区过度通气明显降低,提示肺内气体分布不均一性得到改善,这与 Blankman 等^[8]的研究结果相一致。这一现象可以由以下两方面解释:首先由于患者膈肌产生的 EAdi 决定了自身膈肌的力量和呼吸机的支持压力,因此可以决定跨肺压,这正是肺复张的重要因素^[14]。与 PSV 比较,NAVA 通气更充分地利用膈肌功能,表现为 Eadi 信号增强,神经通气效率增大,膈肌活动度增大,尤其是重力依赖区膈肌活动度增大明显,有利于吸入气体向重力依赖区分布,减轻非重力依赖区的过度通气,从而改善肺内气体分布的不均一性^[15]。另一方面相同支持水平下 NAVA 通气时潮气量以及呼吸形态的变异性明显高于 PSV,其原因是 NAVA 呼吸触发及支持条件均由患者膈肌产生的 EAdi 决定,而人类的自主呼吸天然存在变异性,所以增加呼吸变异性是 NAVA 通气的重要特点^[15,16]。虽然目前尚未明确变异性通气改善肺通气的机制,但是有研究发现变异性通气有利于气体交换,可以改善 ARDS 患者呼吸力学及通气不均一性,有利于保护性通气的实施^[17,18],所以 NAVA 通气引起呼吸变异性增加也是 NAVA 改善 ARDS 患者肺内气体分布不均一性的重要因素。

与其他研究不同的是,本研究显示 NAVA 改善了 ARDS 患者气体交换参数。本研究认为 NAVA 在同步性、呼吸形态方面的优越性,以及对 ARDS 肺内气体分布不均一性等方面具有改善作用,因此有利于提高患者肺内气体交换。

总之,本研究观察到 ARDS 患者在应用 NAVA

时由于改善了患者人机同步性,更好地利用了自主呼吸包括膈肌功能、呼吸变异性,使得患者的气体交换、气体分布得到了改善。然而,本研究纳入样本量有限,并且对这两种通气模式只进行了半个小时的观察,要明确这两种通气模式长时间应用对 ARDS 患者肺内气体分布的影响,需要更大样本更长时间的研究。

参 考 文 献

- [1] Yoshida T, Uchiyama A, Matsuura N, et al. The comparison of spontaneous breathing and muscle paralysis in two different severities of experimental lung injury. *Crit Care Med*, 2013, 41(2): 536-545.
- [2] Henzler D, Pelosi P, Bensberg R, et al. Effects of partial ventilatory support modalities on respiratory function in severe hypoxemic lung injury. *Crit Care Med*, 2006, 34(6): 1738-1745.
- [3] 罗科, 徐军美, 高巨. 机械通气肺生物性损伤机制及防治. *临床麻醉学杂志*, 2016, 32(5): 514-517.
- [4] Spieth PM, Carvalho AR, Pelosi P, et al. Variable tidal volumes improve lung protective ventilation strategies in experimental lung injury. *Am J Respir Crit Care Med*, 2009, 179(8): 684-693.
- [5] Sinderby C, Navalesi P, Beck J, et al. Neural control of mechanical ventilation in respiratory failure. *Nat Med*, 1999, 5(12): 1433-1436.
- [6] Navalesi P, Costa R. New modes of mechanical ventilation: proportional assist ventilation, neurally adjusted ventilatory assist, and fractal ventilation. *Curr Opin Crit Care*, 2003, 9(1): 51-58.
- [7] Colombo D, Cammarota G, Bergamaschi V, et al. Physiologic response to varying levels of pressure support and neurally adjusted ventilatory assist in patients with acute respiratory failure. *Intensive Care Med*, 2008, 34(11): 2010-2018.
- [8] Blankman P, Hasan D, Van Mourik MS, et al. Ventilation distribution measured with EIT at varying levels of pressure support and neurally adjusted ventilatory assist in patients with ALI. *Intensive Care Med*, 2013, 39(6): 1057-1062.
- [9] Hill LL, Pearl RG. Flow triggering, pressure triggering, and autotriggering during mechanical ventilation. *Crit Care Med*, 2000, 28(2): 579-581.
- [10] Sinderby C, Beck J, Spahija J, et al. Inspiratory muscle unloading by neurally adjusted ventilatory assist during maximal inspiratory efforts in healthy subjects. *Chest*, 2007, 131(3): 711-717.
- [11] Yonis H, Crognier L, Conil JM, et al. Patient-ventilator synchrony in Neurally Adjusted Ventilatory Assist (NAVA) and Pressure Support Ventilation (PSV): a prospective observational study. *BMC Anesthesiol*, 2015, 15: 117.
- [12] Kondili, Prinianakis G, Anastasaki M, et al. Acute effects of ventilator settings on respiratory motor output in patients with acute lung injury. *Intensive Care Med*, 2001, 27(7): 1147-1157.
- [13] Beck J, Tucci M, Emeriaud G, et al. Prolonged neural expiratory time induced by mechanical ventilation in infants. *Pediatr Res*, 2004, 55(5): 747-754.
- [14] Beck J, Sinderby C, Lindstrom L, et al. Effects of lung volume on diaphragm EMG signal strength during voluntary contractions. *J Appl Physiol* (1985), 1998, 85(3): 1123-1134.
- [15] Di Mussi R, Spadaro S, Mirabella L, et al. Impact of prolonged assisted ventilation on diaphragmatic efficiency: NAVA versus PSV. *Crit Care*, 2016, 20(1): 1.
- [16] Tobin MJ, Mador MJ, Guenther SM, et al. Variability of resting respiratory drive and timing in healthy subjects. *J Appl Physiol* (1985), 1988, 65(1): 309-317.
- [17] Spieth PM, Carvalho AR, Guldner A, et al. Pressure support improves oxygenation and lung protection compared to pressure-controlled ventilation and is further improved by random variation of pressure support. *Crit Care Med*, 2011, 39(4): 746-755.
- [18] Spieth PM, Guldner A, Beda A, et al. Comparative effects of proportional assist and variable pressure support ventilation on lung function and damage in experimental lung injury. *Crit Care Med*, 2012, 40(9): 2654-2661.

(收稿日期: 2016-05-16)