

· 综 述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2019.22.029

网络首发 <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20190730.1903.016.html>(2019-07-31)

无创正压通气人机对抗的识别及防治进展*

范 真 综述, 王晓龙 审校[△]

(重庆医科大学附属第二医院急救部 400010)

[摘要] 无创正压通气(NPPV)现已广泛应用于慢性阻塞性肺疾病急性加重期、急性心源性肺水肿、急性呼吸窘迫综合征等疾病引起的急性呼吸衰竭,并有显著的治疗效果。但在 NPPV 治疗过程中,常常会出现患者、呼吸机不同步,即人机对抗,致治疗效果欠佳甚至治疗失败。由于人机对抗与 NPPV 治疗失败相关,因此,在 NPPV 治疗期间识别和管理人机对抗被认为是重要的临床课题。该文综述了人机对抗的识别、量化及相关的处理措施。

[关键词] 无创正压通气;人机同步;人机对抗;经食管膈肌电活动

[中图法分类号] R459.7 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2019)22-3902-04

Advances in non-invasive positive pressure ventilation man-machine confrontation recognition as well as treatment and prevention*

FAN Zhen, WANG Xiaolong[△]

(Department of Emergency, Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

[Abstract] The non-invasive positive pressure ventilation (NPPV) has been widely used in acute respiratory failure caused by acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease, acute cardiogenic pulmonary edema, acute respiratory distress syndrome, etc., and has significant treatment effect. However, during the course of NPPV treatment, the patient-ventilator out of synch commonly appears, that is, the man-machine confrontation, which resulting in poor therapeutic effect or even treatment failure. Since the human-machine confrontation is correlated with NPPV treatment failure, therefore identifying and managing the man-machine confrontation during NPPV treatment has been considered as an important clinical issue. This paper reviews the identification, quantification and related treatment measures of the human-machine confrontation.

[Key words] noninvasive positive pressure ventilation; patient-ventilator interaction; patient-ventilator asynchrony; esophageal pressure or diaphragm electrical activity

无创正压通气(NPPV)是指仅使用面罩或鼻罩而无须气管切开或气管插管便可实施正压机械通气的一种通气模式。越来越多的研究表明 NPPV 适用于多种原因引起的轻至中度呼吸衰竭,多用于可自主排痰,呼吸急促(频率大于每分钟 25 次),需辅助呼吸肌辅助通气的清醒患者。而血流动力学不稳定、意识障碍、上呼吸道梗阻、面部畸形、无法配合 NPPV 治疗的患者则不宜使用。对于慢性阻塞性肺疾病急性加重期、急性心源性肺水肿、急性呼吸窘迫综合征等疾病引起的急性呼吸衰竭有良好的治疗效果。

但在部分 NPPV 治疗时会出现患者、呼吸机不同

步,即人机对抗。由于漏气、呼吸机参数设置不恰当等原因,严重的人机对抗比例高达 43%^[1]。人机对抗除影响氧合、增加呼吸做功及引发患者不适外,还会导致跨肺压升高而增加通气相关肺损伤^[2]。临床对人机对抗与患者预后不良影响的研究已有 20 余年,CHAO 等^[3]首先观察到人机对抗的高发生率会增加撤机失败的发生。后来,其他关于 NPPV 治疗的研究表明,与不发生或很少发生人机对抗的患者相比,人机对抗的呼吸次数超过总呼吸数 10% 的患者机械通气时间更长^[4-5],气管插管及切开率更高^[4]。最近,BLANCH 等^[6]研究表明,人机对抗发生率高的患者

* 基金项目:重庆市科委社会事业与民生保障科技创新专项(cstc2017shmsA0074)。 作者简介:范真(1993-),硕士,主要从事呼吸危重症相关研究。 [△] 通信作者, E-mail: xiaolongwang126@126.com。

往往入住重症监护病房(ICU)时间和总住院时间更长,同时机械通气持续时间更长,病死率更高。

尽管目前仍不清楚人机对抗和不良预后之间的关系,人机对抗是造成结果恶化的原因,还是人机对抗是危重患者病情严重程度的标志,但识别和纠正人机对抗的确是一个至关重要的问题。

1 定义及分类

人机对抗即患者自主呼吸和无创呼吸机辅助通气在吸气、呼气时相上不同步,主要原因有呼吸机参数设置不恰当、患者选择不合适、患者配合不佳^[7]。

根据呼吸周期的不同阶段,不同形式的人机对抗可分为:(1)吸气触发阶段的不同步(无效触发,误触发和双触发);(2)吸呼切换阶段不同步(切换过早,切换延迟)^[8]。

根据人机对抗的严重程度不同,可将其分为:(1)主要(无效触发,误触发和双触发);(2)轻微(切换过早,切换延迟,触发延迟)^[9]。

无效触发是最常见的人机对抗形式^[10],主要表现为呼吸机无法辅助的吸气做功。一般发生在吸气初始阶段,有多种机制参与,例如呼吸中枢驱动不足,呼吸肌无力,过高的内源性呼气末正压,触发灵敏度设置过低^[4,11-12]。

当呼吸机提供与患者自主呼吸无关的辅助通气时,即为误触发。呼吸机对气道压力过高、漏气流量、心脏震动的变化错误感知,就会产生误触发^[4,13]。因此,误触发的发生主要取决于触发类型和敏感性。流速触发较压力触发敏感性更高,也更易发生误触发。同时,管路积水、气道内痰液形成,也会增加触发敏感性,形成误触发。在 NPPV 期间,还取决于呼吸机补偿漏气的能力^[14]。

双触发的主要原因是吸气流速设置过低、吸气潮气量过小、患者自身呼气切换过早。肺顺应性低的患者接受压力支持通气时,通常会发生双触发^[15];过高的呼吸驱动压易导致人机对抗的形成^[4]。

切换过早即呼吸机设置的吸气时间小于患者实际吸气时间,过早地结束了患者的吸气过程,呼气时出现两个呼气流速波形。而相反,切换延迟表示机械辅助吸气时间超过患者自身吸气时间并延长到患者自身呼气过程。切换过早常见于肺顺应性低的患者,如急性呼吸窘迫综合征患者^[16],也可能导致双触发^[15]。而慢性阻塞性肺疾病患者则易发生切换延迟,其肺顺应性正常或升高^[17]。在 NPPV 期间,由于漏气而致吸气流量阈值失效、呼气切换关闭等情况,也会导致切换延迟。当呼吸机配备有用于漏气补偿的专用软件时,切换延迟会减少或消失^[18]。触发延迟表

明患者自主呼吸开始与呼吸机支持通气开始之间的时间有延迟^[19]。但是,目前还没有定义触发延迟的阈值。

2 人机对抗的临床评估

评估人机对抗的常见方式有床旁呼吸波形监测和经食管膈肌电活动监测^[2]。LONGHINI 等^[9]研究发现,通过监测呼吸机显示的波形来识别人机对抗是困难的,该方式常常受临床医生知识和经验的限制,且不能明确人机对抗的具体类型和原因。而 EAdi 能反映呼吸中枢对膈肌的驱动,通过 EAdi 与流速或压力波形时相的对比,让任何形式的人机对抗均无处遁形^[20]。

3 人机对抗的量化

人机对抗发生率通过对抗指数(AI%)来测量,即产生人机对抗的呼吸数除以总呼吸计数,总呼吸计数即呼吸机辅助通气和患者自主呼吸的总和,以百分比表示^[3]。AI% ≥ 10% 的特征是机械通气时间延长^[4,6],撤机失败率增加^[3],气管切开率更高^[4],ICU 和住院病死率更高^[6]。但检测人机对抗的方式可能会显著影响 AI% 值。如果缺乏直接评估患者呼吸驱动的其他信号,如 EAdi 监测,实际的人机对抗发生率可能被低估^[21]。

4 管理及解决方案

NPPV 治疗取决于若干因素,包括急性呼吸衰竭的类型和严重程度、基础疾病、血流动力学稳定性、人机同步性。特别是人机对抗显著增加呼吸肌做功,并引起不适。一项问卷调查显示:NPPV 治疗失败原因主要有患者配合度差,呼吸机参数设置不恰当,连接装置贴合不佳^[22]。目前,临床上用于减少人机对抗的方法有以下几种。

4.1 患者教育 上机前告知相关注意事项,消除患者恐惧,提高舒适感及安全性。具体内容如下:(1) NPPV 治疗作用和目的,给予呼吸支持、缓解呼吸困难症状、帮助肺功能恢复;(2) 简单的面罩连接和拆除方法,提高治疗安全性;(3) 可能出现的问题及相应措施,如幽闭感、面部压迫损伤、胃胀气、误吸等。选择合适面罩并及时调整固定带压力,指导患者有规律地放松呼吸、尽量闭口呼吸,减少胃胀气。咳痰、呕吐等紧急情况,及时拆除连接,避免误吸。同时嘱咐患者(或家人)出现不适及时通知医务人员。

4.2 减少管路漏气量 在 NPPV 中,管路漏气是人机对抗的主要来源^[18]。合适的面罩选择,检测和补偿漏气软件的开发都极大地改善了 NPPV 治疗人机同步性,降低了误触发、无效触发和切换延迟的发生^[23]。面罩的选择方式如下:NPPV 人机连接方式有鼻罩、

口鼻罩、全面罩等,以鼻罩和口鼻罩最常用。根据患者脸型及病情需求,轻症患者可先试用鼻罩,急性呼吸衰竭患者口鼻罩通气较适宜,全面罩可用于老年或无牙齿及面部消瘦患者。鼻罩可减少幽闭感及误吸风险,口鼻罩通气效果及减少漏气量效果较好,全面罩有效减轻面部压迫。但口鼻罩及面罩患者幽闭感、胃胀气及误吸风险较高。目前临床口鼻罩适用范围最广^[24]。

4.3 合理设置呼吸机参数,避免过度的呼吸支持

(1) 吸气触发阈值设置是人机同步的关键因素。NPPV 触发方式分为流速触发和压力触发两种,流速触发较压力触发敏感性更高,过低的流速触发阈值可能导致误触发,由于心脏震动导致的小流量和压力变化足以触发呼吸机启动吸气支持。而过高的吸气触发阈值会导致无效触发。(2) 适度减少吸气压力、增加患者呼吸驱动从而降低无效触发的发生。常用的 NPPV 模式有持续气道正压(CPAP)、双水平气道正压(BIPAP)两种,具体参数调整如下:CPAP 常用于急性心源性肺水肿,通常从 4~5 cm H₂O 开始,根据需要可调整到 10 cm H₂O 左右。BIPAP 多用于慢性阻塞性肺疾病及急性呼吸窘迫综合征,从吸气压 8~10 cm H₂O、呼气压 4~5 cm H₂O 开始,经过 2~20 min 逐渐增加到合适的治疗水平,建议压力支持 10 cm H₂O 以上^[25]。(3) 降低内在呼气末正压,适当应用外源性呼气末正压,从而减少潮气量和分钟通气量改善人机同步性,特别是在气道阻塞患者中,这是降低无效触发的另一个决定因素。

4.4 呼吸机辅助通气与患者通气需求相匹配 神经调节通气辅助(NAVA),比例辅助通气,这两种无创正压通气模式均有效地避免了辅助通气过度的风险。NAVA 为新型的通气模式,利用经食管膈肌电活动(EAdi)为呼吸机触发的始动参数,减少触发延迟及切换延迟,可根据患者自身生理需求实时调节支持力度,有效改善人机同步性与协调性^[26-28]。多项研究表明,EAdi 优化的无创比例辅助通气能够改善机体氧供需平衡,更好地实现人机同步,从而促进肺功能恢复,缩短呼吸机治疗时间及住院时间,提高临床救治成功率^[29-30]。但 EAdi 为有创操作,需留置胃管及电极;其信号易受多种因素影响;费用相对昂贵,因此临床中尚未大范围应用^[26]。

4.5 避免镇静过度 人机对抗时镇静、镇痛药物的使用会影响临床医生对人机对抗原因的判断,而镇静、镇痛药物也会通过改变呼吸驱动和时间,从而影响患者与呼吸机的相互作用,并可能导致人机对抗。虽然这些影响是药物依赖性和剂量依赖性的,但应注

意避免镇静过度。只有在排除发生人机对抗致命性原因的情况下,如经适当处置,呼吸仍不同步,再考虑使用镇静药物提高通气效率。

5 小 结

综上所述,人机对抗是患者自主呼吸和呼吸机辅助通气在吸呼气时相上的不同步。高达 43% 接受 NPPV 治疗的患者会出现人机对抗。对抗指数等于或高于 10% 与患者预后恶化有关。通过床旁监护及呼吸机波形观察来检测人机对抗往往受临床医生知识和经验的限制,而自动检测对抗或辅助信号的专用软件的使用(例如 EAdi 监测),有助于人机对抗的及时发现。通过选择适当的通气模式,调整呼吸机参数的设置,谨慎使用镇静镇痛药,可以有效改善患者与呼吸机的同步性。

参考文献

- [1] THILLE A W, CABELLO B, GALIA F, et al. Reduction of patient-ventilator asynchrony by reducing tidal volume during pressure-support ventilation[J]. *Intens Care Med*, 2008, 34(8):1477-1486.
- [2] 邱海波, 刘玲. 人机同步的临床评估与改进对策[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2011, 34(11):803-804.
- [3] CHAO D C, SCHEINHORN D J, STEARN-HASSEN-PFLUG M. Patient-ventilator trigger asynchrony in prolonged mechanical ventilation[J]. *Chest*, 1997, 112(6):1592-1599.
- [4] THILLE A W, RODRIGUEZ P, CABELLO B, et al. Patient-ventilator asynchrony during assisted mechanical ventilation[J]. *Intens Care Med*, 2006, 32(10):1515-1522.
- [5] DE WIT M, MILLER K B, GREEN D A, et al. Ineffective triggering predicts increased duration of mechanical ventilation[J]. *Crit Care Med*, 2009, 37(10):2740-2745.
- [6] BLANCH L, VILLAGRA A, SALES B, et al. Asynchronies during mechanical ventilation are associated with mortality[J]. *Intens Care Med*, 2015, 41(4):633-641.
- [7] 袁靖, 徐盼, 郭伟. 北京市部分三级医院急诊科无创机械通气应用现况调查[J]. *中国临床医生杂志*, 2017, 45(8):24-26.
- [8] GEORGOPOULOS D, PRINIANKIS G, KONDILI E. Bedside waveforms interpretation as a tool to identify patient-ventilator asynchronies[J]. *Intens Care Med*, 2006, 32(1):34-47.
- [9] LONGHINI F, COLOMBO D, PISANI L, et al. Efficacy of ventilator waveform observation for detection of patient-ventilator asynchrony during NIV: a multicentre study[J]. *ERJ Open Res*, 2017, 3(4):75.

- [10] MELLOTT K G, GRAP M J, MUNRO C L, et al. Patient ventilator asynchrony in critically ill adults: frequency and types[J]. *Heart Lung*, 2014, 43(3): 231-243.
- [11] VASCHETTO R, CAMMAROTA G, COLOMBO D A, et al. Effects of propofol on Patient-Ventilator synchrony and interaction during pressure support ventilation and neurally adjusted ventilatory assist[J]. *Crit Care Med*, 2014, 42(1): 74-82.
- [12] DE WIT M, PEDRAM S, BEST A M, et al. Observational study of patient-ventilator asynchrony and relationship to sedation level[J]. *J Crit Care*, 2009, 24(1): 74-80.
- [13] IMANAKA H, NISHIMURA M, TAKEUCHI M, et al. Autotriggering caused by cardiogenic oscillation during flow-triggered mechanical ventilation[J]. *Crit Care Med*, 2000, 28(2): 402-407.
- [14] VIGNAUX L, TASSAUX D, JOLLIET P. Performance of noninvasive ventilation modes on ICU ventilators during pressure support: a bench model study[J]. *Intens Care Med*, 2007, 33(8): 1444-1451.
- [15] MAURI T, BELLANI G, GRASSELLI G, et al. Patient-ventilator interaction in ARDS patients with extremely low compliance undergoing ECMO: a novel approach based on diaphragm electrical activity[J]. *Intens Care Med*, 2013, 39(2): 282-291.
- [16] TASSAUX D, MICHOTTE J B, GAINNIER M, et al. Expiratory trigger setting in pressure support ventilation: from mathematical model to bedside[J]. *Crit Care Med*, 2004, 32(9): 1844-1850.
- [17] CHEN Y Q, CHENG K W, ZHOU X. Effectiveness of inspiratory termination synchrony with automatic cycling during noninvasive pressure support ventilation[J]. *Med Sci Monit*, 2016, 20(22): 1694-1701.
- [18] CALDERINI E, CONFALONIERI M, PUCCIO P G, et al. Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: the role of expiratory trigger[J]. *Intens Care Med*, 1999, 25(7): 662-667.
- [19] CAMMAROTA G, OLIVIERI C, COSTA R, et al. Non-invasive ventilation through a helmet in postextubation hypoxemic patients: physiologic comparison between neurally adjusted ventilatory assist and pressure support ventilation[J]. *Intens Care Med*, 2011, 37(12): 1943-1950.
- [20] SINDERBY C, BRANDER L, BECK J. Bedside monitoring of diaphragm electrical activity during mechanical ventilation[J]. *Intens Care Med*, 2009, 35(3): 385-393.
- [21] COLOMBO D, CAMMAROTA G, ALEMANI M, et al. Efficacy of ventilator waveforms observation in detecting patient-ventilator asynchrony[J]. *Crit Care Med*, 2011, 39(11): 2452-2457.
- [22] 牛驰, 郭伟, 何小军, 等. 中国急诊科无创正压通气应用现状调查[J]. *中华急诊医学杂志*, 2018, 27(2): 204-207.
- [23] VIGNAUX L, TASSAUX D, CARTEAUX G A, et al. Performance of noninvasive ventilation algorithms on ICU ventilators during pressure support: a clinical study[J]. *Intens Care Med*, 2010, 36(12): 2053-2059.
- [24] 张新超, 钱传云, 张劲农, 等. 无创正压通气急诊临床实践专家共识(2018)[J]. *临床急诊杂志*, 2019, 20(1): 1-12.
- [25] 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.
- [26] 贾建超, 张文平, 汪铮, 等. 神经调节辅助通气在人机同步性方面的应用进展[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2017, 31(9): 934-936.
- [27] 管双仙, 于明, 袁冬, 等. 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[J]. *临床麻醉学杂志*, 2016, 32(11): 1101-1104.
- [28] 任奇. 神经调节辅助通气改善机械通气人机同步性的 Meta 分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2018.
- [29] 陈志强, 黄胜利, 谢佳玲. 无创比例辅助通气与压力支持通气对慢性阻塞性肺疾病的临床价值[J]. *临床肺科杂志*, 2018, 23(7): 1260-1263.
- [30] FRANCOIS B, LISE P, NUTTAPOL R, et al. A diaphragmatic electrical activity-based optimization strategy during pressure support ventilation improves synchronization but does not impact work of breathing[J]. *Crit Care*, 2017, 21(1): 21.

(收稿日期: 2019-04-16 修回日期: 2019-07-12)