

经鼻高流量氧疗在成人急诊患者中的应用进展

吕喆 谭斌 王耀辉 张重阳 李维华

066000 河北秦皇岛, 河北省秦皇岛市第一医院急诊科

通讯作者: 李维华, Email: liweihuatan@163.com

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2018.01.027

【摘要】 传统氧疗(COT)大多采用低流速设备给氧,包括鼻导管吸氧和面罩吸氧。自 Roca 等首次证明经鼻高流量氧疗(HFNC)在成人急性呼吸衰竭(呼衰)治疗中的有效性以来, HFNC 因其有效、舒适及良好的依从性,显现出较 COT 方式的巨大优越性,使之在成人轻中度急性呼衰患者中应用日益增加并产生良好的效果。但由于急诊环境的特殊性和 HFNC 系统较 COT 复杂等特点, HFNC 在急诊的应用仍有争议。HFNC 系统是高流量供氧,最大程度减少了室内空气对吸入氧浓度(FiO_2)的稀释,并可以提供最高达 60 L/min 的流量,大于患者的吸气峰流速;高流量冲淡了解剖死腔内的二氧化碳(CO_2)浓度,以上诸因素保证了 HFNC 可提供 0.21~1.00 的较为恒定的 FiO_2 。因此 HFNC 这一新兴的无创氧疗方式在成人急性呼衰治疗中的研究和应用日益广泛。现就 HFNC 的生理学效应和在成人急诊患者中的应用进展综述如下。

【关键词】 经鼻高流量氧疗; 生理学效应; 急诊

Advances about application of high-flow nasal cannula oxygen therapy for adult emergency patients Lyu Zhe,

Tan Bin, Wang Yaohui, Zhang Chongyang, Li Weihua

Department of Emergency, the First Hospital of Qinhuangdao, Qinhuangdao 066000, Hebei, China

Corresponding author: Li Weihua, Email: liweihuatan@163.com

【Abstract】 Conventional oxygen therapy (COT) is generally provided through a low flow rate device including a nasal cannula or facemask. Since the benefits of high-flow nasal cannula (HFNC) oxygen therapy in adults with acute respiratory failure (ARF) have firstly been demonstrated by Roca et al and because of its effectivity and comfort and good compliance, it has shown greater advantageous than COT and it has been increasingly used in adults with mild to moderate ARF and obtained very nice therapeutic effect. However, because of the specificity of emergency environment and the more complexity of HFNC system than COT, the use of HFNC in department of emergency is still controversial. Since HFNC system delivers oxygen by high-flow rate, the dilution of inspired oxygen concentration (FiO_2) by room air can be maximally decreased, and the system can provide the highest flow rate up to 60 L/min, being greater than the patients' peak inspiration flow flow (PIF); the high flow rate can dilute the carbon dioxide (CO_2) concentration in the anatomical dead space, and the above several factors can guarantee that HFNC may deliver 0.21-1.00 relatively constant FiO_2 . Therefore, HFNC as a new noninvasive supplemental oxygen therapy has been increasingly widely studied and used in the adult patients with ARF. In this article, we will review the HFNC physiological effects and its advances in application for adult patients in department of emergency.

【Key words】 High-flow nasal cannulae oxygen therapy; Physiological effect; Emergency

急诊科是收集急危重症患者的重要科室,因此,氧疗是急诊科重要的基础治疗之一。传统氧疗(COT)大多采用低流速设备,包括鼻导管吸氧和面罩吸氧。而 COT 的弊端影响了氧疗效果和患者依从性,限制了其在临床的应用^[1-2]。自 Roca 等^[3]首次证明经鼻高流量氧疗(HFNC)在成人急性呼吸衰竭(呼衰)治疗的有效性以来, HFNC 因其有效、舒适及良好的依从性,显现出较 COT 方式的巨大优越性,使之在成人轻中度急性呼衰中的应用日益增加并产生良好的效果^[4-6]。由于急诊环境的特殊性和 HFNC 系统较 COT 复杂等特点, HFNC 在急诊的应用仍存在争议^[7]。但随着高质量 HFNC 研究的深入和疗效的肯定, HFNC 在急诊患者中的应用研究逐渐增多,现就 HFNC 的生理学效应和在急诊患者中的应用进展综述如下。

1 HFNC 的生理学效应

1.1 提供恒定的吸入氧浓度(FiO_2): COT 实际 FiO_2 不稳定,而且明显低于预测值^[1],另外 COT 可以提供的最大流量只有 15 L/min,明显低于正常状态下吸气峰流速(PIF)约 30~40 L/min^[8],因此,难以保证 FiO_2 的稳定。由于 HFNC 是系统高流量供氧,最大程度减少了室内空气对 FiO_2 的稀

释;而 HFNC 可以提供最高达 60 L/min 的流量,大于患者的 PIF;高流量冲淡了解剖死腔内的二氧化碳(CO_2)浓度^[4],以上诸因素保证了 HFNC 可提供 0.21~1.00 的较为恒定的 FiO_2 。

1.2 减少上呼吸道解剖死腔: 解剖死腔的存在导致 CO_2 的重复吸收,降低了通气效率,而 HFNC 装置由于持续输出高流量,在呼气周期冲刷残留在鼻腔、口腔及咽部的呼出气,减少了 CO_2 的重吸收,降低了动脉血二氧化碳分压(PaCO_2),这就是所谓的“鼻咽部死腔的冲刷”^[4,9]。一直以来,人们推断鼻咽部死腔冲刷可能是 HFNC 产生作用的主要机制^[4,9-10], Möller 等^[11-12]分别采用上呼吸道模型和临床研究证明了这一假说。Möller 等^[12]研究证实, HFNC 能有效清除上呼吸道的示踪气体,包括软腭以下的呼出气体;死腔减少与 HFNC 具有时间和流量依赖性,同时增加了肺泡容量,从而改善了肺泡通气和换气。

1.3 产生气道正压,有类似呼气末正压(PEEP)的作用: 尽管 HFNC 是一个开放系统,但由于高流量供氧,可以抵消患者呼气产生的阻力,增加气道压力^[4]。体外模型和体内研究均证明,气道压力随着流量增加而增加。Parke 等^[13]测

量和比较了心脏术后患者 HFNC 供氧和普通面罩吸氧鼻咽部压力的变化,结果显示,在 35 L/min 供氧时,闭口时压力为 (2.7 ± 1.0) cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa),张口时压力为 (1.2 ± 0.8) cmH₂O。Ritchie 等^[14]观察发现,吸气流量为 40、50 和 60 L/min 时,气道压分别为 (1.5 ± 0.7) 、 (2.2 ± 0.8) 和 (3.1 ± 1.2) cmH₂O。可见, HFNC 可产生轻度的气道正压,约 1~5 cmH₂O,也就是每 10 L/min 产生约 1 cmH₂O 的气道正压。ARDS 患者无创正压通气(NPPV)要求持续正压通气 ≥ 5 cmH₂O,合理的 PEEP 设定对于氧合尤为重要^[15]。

1.4 温湿气体的输送改善了呼吸道黏膜功能: COT 由于低流量吸入干燥未加温的气体,引起口鼻干燥,造成呼吸道黏膜的损伤,容易并发感染等不良反应^[1, 16]。HFNC 可提供加温湿化的气体,能够增强黏膜纤毛的清理能力,维持呼吸道上皮的完整性,减少能量损失和肺不张形成以及呼吸道感染的风险^[16-18];防止干凉气体吸入引起的支气管收缩,减轻气道阻力^[19],减少排痰代谢消耗^[20]。温湿气体的输送保证了氧气的有效输送,提高了通气/血流(V_A/Q)比例,改善了氧合^[21]。

1.5 对患者呼吸功的影响:呼吸功可以通过患者的呼吸频率、胸腹同步性和吸气努力等指标来衡量。与 COT 比较, HFNC 可以降低呼吸频率,明显改善患者的胸腹同步性,降低吸气努力。与 NPPV 的比较研究中未发现吸气努力的差异性改变,但胸腹同步性有明显改善^[22]。呼吸功能的改善,可能与气道阻力下降和气道湿化加温减少了能量消耗有关。

1.6 提高患者耐受性: HFNC 很好地克服了 COT 因吸入干冷气体致口、眼干燥以及面罩所致的不适、鼻面部创伤、腹胀、误吸等各种弊端^[1]。研究显示,应用 HFNC 可明显提高患者的依从性^[23]。患者可以 24 h 接受治疗,可以正常交流,不会因为进食饮水而中断治疗。

2 HFNC 在急诊科应用的研究现状

早期 HFNC 主要用于机械通气撤机后及呼衰患儿的氧疗^[24-25]。HFNC 在成人中应用的研究几乎都是基于重症加强治疗病房(ICU)的背景,由于其使用方便,目前已广泛应用于急性呼衰、气管插管前、气管插管拔管后、急性心力衰竭(心衰)、睡眠呼吸暂停、慢性气道疾病和支气管镜检查等^[5-6, 26-28]。近年来在肺移植术后及支气管镜检查等方面也有报道^[29-30]。随着 HFNC 的广泛应用, HFNC 在急诊科的应用研究也逐渐增多。

2.1 HFNC 应用于急诊科的可行性和有效性: Lenglet 等^[31]于 2012 年就 HFNC 应用于急诊科的可行性和有效性进行了研究,纳入研究的 17 例患者中引起呼衰的病因为肺炎 9 例,心源性肺水肿 4 例,气胸、哮喘、胸腔积液和感染性休克各 1 例,通过观察呼吸困难评分、呼吸频率和血氧饱和度等指标,认为 HFNC 可有效缓解急诊急性低氧性呼衰患者的呼吸困难程度,改善呼吸参数,因此 HFNC 对于某些急诊急性呼衰患者可能会成为首选治疗方案。

血中 CO₂ 脂溶性强,在高碳酸血症并发呼衰时,脑脊液中的 pH 值影响远远大于代谢性中毒^[32]。Jeong 等^[33]研究了急诊高碳酸性呼衰和非高碳酸性呼衰患者应用 HFNC 的疗效,比较了两组动脉血气的改变、进展到无创或有创通气的比例以及病死率,结果显示两组 PaCO₂ 均明显下降,但高碳酸性呼衰组的下降更加明显[mmHg(1 mmHg=0.133 kPa): 67.2 ± 23.4 比 73.2 ± 20.0];动脉血氧分压(PaO₂)和脉搏血氧饱和度(SpO₂)均明显升高, pH 值均有升高趋势,且以高碳酸性呼衰组升高更明显;两组碳酸氢根(HCO₃⁻)无

明显变化;高碳酸性呼衰组呼吸频率下降更明显。两组进展到无创或有创通气比例及病死率比较差异无统计学意义。

Durey 等^[34]回顾性研究了 43 例急诊患者发现, HFNC 后患者 SpO₂ 升高,血压、心率、呼吸频率均下降,血气分析结果显示, PaCO₂ 下降, PaO₂ 和血 pH 值升高; HFNC 治疗失败 11 例(占 25.5%), HFNC 成功组无死亡病例, HFNC 失败组病死率为 36.6%;且心源性肺水肿患者 HFNC 成功率高,而肺炎患者 HFNC 失败率高。

虽然这些研究的样本量较少,也非随机对照研究,但为 HFNC 在急诊的应用进行了有意义的探索,初步结果是可行的,为更大规模的随机对照研究打下了基础。

2.2 HFNC 在急诊应用的随机对照研究: Rittayamai 等^[35]开展了第 1 个在急诊急性呼吸困难和低氧血症中应用 HFNC 的随机对照研究,病因有心衰、哮喘、慢性阻塞性肺疾病(COPD)和肺炎,将 40 例患者随机分为 HFNC 组和 COT 组,结果显示, HFNC 组呼吸困难明显改善,患者感觉舒服;两组呼吸频率比较差异无统计学意义; HFNC 组住院率低于 COT 组,但差异无统计学意义。该研究明显的缺陷是未进行血气分析。

而在另一个更大型随机对照研究中^[36],研究者试图探讨 HFNC 与 COT 比较是否能减少急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者接受无创或有创通气的比例,结果显示 HFNC 组和 COT 组急诊需要机械通气者分别为 3.6% 和 7.2%,住院 24 h 内需要机械通气者分别为 5.5% 和 11.6%,但两组比较差异均无统计学意义($P=0.160$ 和 0.053);两组病死率比较差异亦无统计学意义;其中 HFNC 组 3 例因 CO₂ 潴留致格拉斯哥昏迷评分(GCS)下降, 1 例不耐受 HFNC,表明 HFNC 与 COT 比较未能减少 ARDS 患者接受无创或有创通气的比例,但减少了住院最初 24 h 内氧疗的升级,而且 HFNC 无重大不良事件发生。李文龙等^[37]进行的一项针对 HFNC 对特发性肺纤维化并发呼衰的回顾性研究也指出, HFNC 在疗效上优于 NPPV,在显效率、插管率和病死率方面差异无统计学意义。

Makdee 等^[38]关于急诊急性肺水肿患者 HFNC 和 COT 的随机对照研究显示,与 COT 组比较, HFNC 组呼吸频率明显下降,差异有统计学意义;而住院率、住院时间、无创通气及气管插管比例和病死率等比较差异均无统计学意义,但 HFNC 较 COT 减轻急诊急性肺水肿呼吸困难的严重程度疗效更好。

综上所述, HFNC 作为一种较新的氧疗方式,临床应用有充分的理论基础,近十年来临床应用愈加广泛,从目前已有的研究结果来看,与 COT 比较,主动温湿化的 HFNC 改善氧合的效果更好;而与无创通气比较,主动温湿化的 HFNC 患者舒适性更好。HFNC 在急诊成人中的应用目前研究还比较少,研究结果也不尽相同,在急诊患者中 HFNC 的早期应用能否避免急性呼衰患者转入 ICU 还需要进一步的研究,相信随着相关研究的深入和更大规模随机对照研究的不断出现, HFNC 在急诊的应用会有更加光明的前景。

参考文献

- [1] Kallstrom TJ. AARC clinical practice guideline: oxygen therapy for adults in the acute care facility: 2002 revision & update [J]. Respir Care, 2002, 47 (6): 717-720.
- [2] Cataletto M. Fundamentals of oxygen therapy [J]. Nurs Made Incred Easy, 2011, 9 (2): 22-24. DOI: 10.1097/01.NME.0000394045.03830.3d.
- [3] Roca O, Riera J, Torres F, et al. High-flow oxygen therapy in acute respiratory failure [J]. Respir Care, 2010, 55 (4): 408-413.
- [4] Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults [J].

- J Intensive Care, 2015, 3 (1): 15. DOI: 10.1186/s40560-015-0084-5.
- [5] Ni YN, Luo J, Yu H, et al. Can high-flow nasal cannula reduce the rate of endotracheal intubation in adult patients with acute respiratory failure compared with conventional oxygen therapy and noninvasive positive pressure ventilation?: a systematic review and meta-analysis [J]. *Chest*, 2017, 151 (4): 764-775. DOI: 10.1016/j.chest.2017.01.004.
- [6] 岳伟岗, 张志刚, 张彩云, 等. 经鼻高流量氧疗对呼吸衰竭患者疗效的 Meta 分析 [J]. *中华危重病急救医学*, 2017, 29 (5): 396-402. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.05.003.
- Yue WG, Zhang ZG, Zhang CY, et al. High-flow nasal cannulae oxygen in patients with respiratory failure: a Meta-analysis [J]. *Chin Crit Care Med*, 2017, 29 (5): 396-402. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.05.003.
- [7] Esquinas AM, Martin C. High-flow nasal cannula oxygen therapy in the emergency department: welcome, but selection should be the first step [J]. *Respir Care*, 2013, 58 (5): e66-67. DOI: 10.4187/respcare.02286.
- [8] Lomholt N. Continuous controlled humidification of inspired air [J]. *Lancet*, 1968, 2 (7580): 1214-1216.
- [9] Manley BJ, Owen LS. High-flow nasal cannula: mechanisms, evidence and recommendations [J]. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2016, 21 (3): 139-145. DOI: 10.1016/j.siny.2016.01.002.
- [10] Dysart K, Miller TL, Wolfson MR, et al. Research in high flow therapy: mechanisms of action [J]. *Respir Med*, 2009, 103 (10): 1400-1405. DOI: 10.1016/j.rmed.2009.04.007.
- [11] Möller W, Celik G, Feng S, et al. Nasal high flow clears anatomical dead space in upper airway models [J]. *J Appl Physiol* (1985), 2015, 118 (12): 1525-1532. DOI: 10.1152/jappphysiol.00934.2014.
- [12] Möller W, Feng S, Domanski U, et al. Nasal high flow reduces dead space [J]. *J Appl Physiol* (1985), 2017, 122 (1): 191-197. DOI: 10.1152/jappphysiol.00584.2016.
- [13] Parke R, McGuinness S, Eccleston M. Nasal high-flow therapy delivers low level positive airway pressure [J]. *Br J Anaesth*, 2009, 103 (6): 886-890. DOI: 10.1093/bja/aep280.
- [14] Ritchie JE, Williams AB, Gerard C, et al. Evaluation of a humidified nasal high-flow oxygen system, using oxygraphy, capnography and measurement of upper airway pressures [J]. *Anaesth Intensive Care*, 2011, 39 (6): 1103-1110.
- [15] 刘军, 邹桂娟, 李维勤. 急性呼吸窘迫综合征的诊断新进展 [J]. *中华危重病急救医学*, 2014, 26 (2): 70-73. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.02.003.
- Liu J, Zou GJ, Li WQ. New progress in the diagnosis of acute respiratory distress syndrome [J]. *Chin Crit Care Med*, 2014, 26 (2): 70-73. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.02.003.
- [16] Chidekel A, Zhu Y, Wang J, et al. The effects of gas humidification with high-flow nasal cannula on cultured human airway epithelial cells [J]. *Pulm Med*, 2012, 2012: 380686. DOI: 10.1155/2012/380686.
- [17] 滕洪云, 杨万杰, 王玉梅, 等. 经鼻高流量湿化氧疗在爆震伤患者中的应用 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2016, 23 (3): 287-290. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2016.03.016.
- Teng HY, Yang WJ, Wang YM, et al. The clinical application of high-flow nasal cannula humidified oxygen therapy in patients with blast injury [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2016, 23 (3): 287-290. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2016.03.016.
- [18] 吴都, 潘金波. 综合 ICU 气管切开患者并发下呼吸道感染的影响因素分析及预防对策 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2016, 23 (5): 453-457. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2016.05.002.
- Wu D, Pan JB. An analysis on influencing factors and preventive measures of patients with complication of lower respiratory tract infection after tracheotomy in intensive care unit [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2016, 23 (5): 453-457. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2016.05.002.
- [19] Gotera C, Diaz LS, Pinto T, et al. Clinical evidence on high flow oxygen therapy and active humidification in adults [J]. *Rev Port Pneumol*, 2013, 19 (5): 217-227. DOI: 10.1016/j.rppneu.2013.03.005.
- [20] 沈佳伟, 安友仲. 拔除气管导管后患者的经鼻高流量吸氧治疗 [J]. *中华危重病急救医学*, 2017, 29 (1): 85-89. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.01.019.
- Shen JW, An YZ. High flow nasal cannula in patients after trachea extubation [J]. *Chin Crit Care Med*, 2017, 29 (1): 85-89. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.01.019.
- [21] Lee CC, Mankodi D, Shaharyar S, et al. High flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy and non-invasive ventilation in adults with acute hypoxic respiratory failure: a systematic review [J]. *Respir Med*, 2016, 121: 100-108. DOI: 10.1016/j.rmed.2016.11.004.
- [22] Vargas F, Saint-Leger M, Boyer A, et al. Physiologic effects of high-flow nasal cannula oxygen in critical care subjects [J]. *Respir Care*, 2015, 60 (10): 1369-1376. DOI: 10.4187/respcare.03814.
- [23] Sztrymf B, Messika J, Mayot T, et al. Impact of high-flow nasal cannula oxygen therapy on intensive care unit patients with acute respiratory failure: a prospective observational study [J]. *J Crit Care*, 2012, 27 (3): 324.e9-13. DOI: 10.1016/j.jccr.2011.07.075.
- [24] 金玉梅, 曹李丽. 高流量湿化氧疗系统在机械通气患儿撤机后的应用效果 [J]. *中华现代护理杂志*, 2014, 20 (31): 4019-4020. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-2907.2014.31.037.
- Jin YM, Cao LL. The application effect of high flow humidifying oxygen therapy system in mechanical ventilation children [J]. *Chin J Mod Nurs*, 2014, 20 (31): 4019-4020. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-2907.2014.31.037.
- [25] 崔彦芹, 周娜, 王燕飞, 等. 经鼻高流量湿化氧疗治疗先天性心脏病术后呼吸衰竭的有效性研究 [J]. *中国呼吸与危重监护杂志*, 2012, 11 (3): 231-234. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6205.2012.03.005.
- Cui YQ, Zhou N, Wang YF, et al. Efficacy of humidified high flow nasal cannula for respiratory failure after ventilator weaning in post-operative children with congenital heart disease [J]. *Chin J Respir Crit Care Med*, 2012, 11 (3): 231-234. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6205.2012.03.005.
- [26] Gotera C, Diaz LS, Pinto T, et al. Clinical evidence on high flow oxygen therapy and active humidification in adults [J]. *Rev Port Pneumol*, 2013, 19 (5): 217-227. DOI: 10.1016/j.rppneu.2013.03.005.
- [27] Frat JP, Thille AW, Mercat A, et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxic respiratory failure [J]. *N Engl J Med*, 2015, 372 (23): 2185-2196. DOI: 10.1056/NEJMoa1503326.
- [28] Hernández G, Vaquero C, Colinas L, et al. Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs noninvasive ventilation on reintubation and postextubation respiratory failure in high-risk patients: a randomized clinical trial [J]. *JAMA*, 2016, 316 (15): 1565-1574. DOI: 10.1001/jama.2016.14194.
- [29] 陈耿靖, 陈亮, 许红阳, 等. 经鼻高流量吸氧在肺移植术后患者呼吸衰竭的应用 [J/CD]. *实用器官移植电子杂志*, 2017, 5 (5): 340-342. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5332.2017.05.005.
- Chen GJ, Chen L, Xu HY, et al. Application of high-flow nasal cannula in respiratory failure patients after lung transplantation [J/CD]. *Pract J Organ Transplant (Electron Version)*, 2017, 5 (5): 340-342. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5332.2017.05.005.
- [30] 蒋翠霞. 血浆脑钠肽前体和降钙素原水平检测在机械通气脱机中的应用分析 [J]. *实用检验医师杂志*, 2016, 8 (2): 103-105. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7151.2016.02.012.
- Jiang CX. Application of pro-brain natriuretic peptide and procalcitonin levels detection in the ventilation offline [J]. *Chin J Clin Pathol*, 2016, 8 (2): 103-105. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7151.2016.02.012.
- [31] Lenglet H, Sztrymf B, Leroy C, et al. Humidified high flow nasal oxygen during respiratory failure in the emergency department: feasibility and efficacy [J]. *Respir Care*, 2012, 57 (11): 1873-1878. DOI: 10.4187/respcare.01575.
- [32] 刘奇, 陈荣昌, 贾留群, 等. 无创通气用于肺性脑病患者疗效的 Meta 分析 [J]. *中华危重病急救医学*, 2016, 28 (1): 57-62. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.01.011.
- Liu Q, Chen RC, Jia LQ, et al. Effect of noninvasive ventilation on hypercapnic encephalopathy syndrome: a Meta-analysis [J]. *Chin Crit Care Med*, 2016, 28 (1): 57-62. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.01.011.
- [33] Jeong JH, Kim DH, Kim SC, et al. Changes in arterial blood gases after use of high-flow nasal cannula therapy in the ED [J]. *Am J Emerg Med*, 2015, 33 (10): 1344-1349. DOI: 10.1016/j.ajem.2015.07.060.
- [34] Durey A, Kang S, Suh YJ, et al. Application of high-flow nasal cannula to heterogeneous condition in the emergency department [J]. *Am J Emerg Med*, 2017, 35 (8): 1199-1201. DOI: 10.1016/j.ajem.2017.02.028.
- [35] Rittayamai N, Tscheikuna J, Praphruetkit N, et al. Use of high-flow nasal cannula for acute dyspnea and hypoxemia in the emergency department [J]. *Respir Care*, 2015, 60 (10): 1377-1382. DOI: 10.4187/respcare.03837.
- [36] Jones PG, Kamona S, Doran O, et al. Randomized controlled trial of humidified high-flow nasal oxygen for acute respiratory distress in the emergency department: the HOT-ER study [J]. *Respir Care*, 2016, 61 (3): 291-299. DOI: 10.4187/respcare.04252.
- [37] 李文龙, 张华, 徐超, 等. 经鼻高流量氧疗治疗特发性肺纤维化并呼吸衰竭 [J]. *实用医学杂志*, 2017, 33 (15): 2603-2604. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2017.15.047.
- Li WL, Zhang H, Xu C, et al. Nasal hyperflow oxygen therapy for idiopathic pulmonary fibrosis and respiratory failure [J]. *J Pract Med*, 2017, 33 (15): 2603-2604. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2017.15.047.
- [38] Makdee O, Monsomboon A, Surabenjawong U, et al. High-flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy in emergency department patients with cardiogenic pulmonary edema: a randomized controlled trial [J]. *Ann Emerg Med*, 2017, 70 (4): 465-472.e2. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2017.03.028.