

·综述·

# 经鼻高流量氧疗治疗呼吸系统疾病失败危险因素的研究进展

宁林,姚杨,彭伊梦,曹晓梅,康凤尔,王胜昱

(西安医学院第一附属医院呼吸与危重症医学科,陕西 西安 710077)

**摘要:**经鼻高流量氧疗(HFNC)是一种新兴的氧疗方式,它通过鼻塞导管直接将一定氧浓度的空氧混合高流量气体输送给患者。这种给氧方式具有流量高、氧浓度精确以及加温、湿化等特点,近些年用于很多呼吸衰竭等危重患者的抢救和治疗。然而,经鼻高流量氧疗治疗失败可能导致呼吸功能进一步恶化并增加死亡率,因此早期识别经鼻高流量氧疗失败的危险因素,避免延时插管,对这类患者合理应用经鼻高流量氧疗具有重要意义。本文将对近年来经鼻高流量治疗呼吸系统疾病失败危险因素的相关研究进行综述,以期临床治疗此类患者提供帮助。

**关键词:**经鼻高流量氧疗;呼吸系统疾病;延时插管

中图分类号:R563

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2023.22.042

文章编号:1006-1959(2023)22-0178-05

## Research Progress on Risk Factors for Failure of High-flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in the Treatment of Respiratory Diseases

NING Lin,YAO Yang,PENG Yi-meng,CAO Xiao-mei,KANG Feng-er,WANG Sheng-yu

(Department of Pulmonary and Critical Medicine,the First Affiliated Hospital of Xi'an Medical University,Xi'an 710077,Shaanxi,China)

**Abstract:**High-flow nasal cannula oxygen therapy (HFNC) is an emerging form of oxygen therapy that directly delivers air oxygen mixed high-flow gases with a certain concentration of oxygen directly to patients through a nasal plug catheter. This oxygen delivery method has the characteristics of high flow, accurate oxygen concentration, heating and humidification, etc., and has been used in the rescue and treatment of many critically ill patients such as respiratory failure in recent years. However, failure of nasal cannula oxygen therapy may lead to further deterioration of respiratory function and increase mortality, so early identification of risk factors for failure of high-flow nasal cannula oxygen therapy and avoidance of delayed intubation are of great significance for the rational application of high-flow nasal cannula oxygen therapy in such patients. This article will review the related research on the risk factors of failure of high-flow nasal cannula oxygen therapy of respiratory diseases in recent years, in order to provide help for clinical treatment of such patients.

**Key words:**High-flow nasal cannula oxygen therapy;Respiratory diseases;Delayed intubation

经鼻高流量氧疗(high-flow nasal cannula oxygen therapy, HFNC)在临床治疗中得到了广泛应用<sup>[1-3]</sup>,相较于以往的氧疗方法,该法不仅有降低鼻咽阻力、冲洗鼻咽死腔、在咽部产生正压、加湿气道等自身的优点,而且有显著的临床效果<sup>[4,5]</sup>。目前,HFNC作为一种新的氧疗方式,用于纠正临床呼吸衰竭患者氧合,改善患者的通气。然而,HFNC虽然在一定程度

上可以避免机械通气,但也可能延迟气管插管时机,影响患者预后,因此早期识别 HFNC 失败的高危因素,可以避免延迟插管及不良结局的产生。本文现就有关 HFNC 失败的研究进行综述,以期临床预防 HFNC 失败提供帮助。

### 1 危险因素

1.1 呼吸频率 镇珂等<sup>[6]</sup>研究发现,呼吸频率(RR)是预测 HFNC 治疗颅脑疾病伴急性低氧性呼吸衰竭(AHRF)患者转为机械通气的重要指标。Delbove A 等<sup>[7]</sup>研究纳入 46 例 COVID-19 相关急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者,分别给予患者未使用插管、仅接受 HFNC 治疗、使用 HFNC-插管等方法,发现仅接受 HFNC 的患者没有死亡,表明 HFNC 对 COVID-19 引起的 ARDS 有效。同时,研究结果也发现,入院时 RR>35 次/min 是影响 HFNC 治疗呼吸

基金项目:1.2020 年西安市第七批科技计划 [编号:20YXYJ0001(7)];

2.医学科技发展基金项目-临床与基础研究专项(编号:B21021BN)

作者简介:宁林(1996.1-),女,陕西咸阳人,硕士研究生,主要从事呼吸与危重症研究

通讯作者:王胜昱(1980.6-),男,陕西西安人,博士,博士生导师,主任医师,教授,主要从事呼吸与危重症研究

系统疾病失败的危险因素。由于患者病情严重, HFNC 提供的气道正压不能满足患者需要, 呼吸频率不能改善, 患者进而需要张口呼吸满足需求, 但张口呼吸漏气较多, 导致气道压力降低, 不能通过减少呼吸做功减少通气效果, 因此不能有效降低二氧化碳分压( $\text{PaCO}_2$ ), 最终造成 HFNC 治疗失败。综上,  $\text{RR}>35$  次/min 是 HFNC 治疗失败的独立危险因素。

**1.2 二氧化碳分压、酸碱值** 研究表明<sup>[8]</sup>, HFNC 对鼻咽死腔具有冲刷作用, 可缓解二氧化碳潴留。Li XY 等<sup>[9]</sup>研究了 HFNC 治疗慢性阻塞性肺疾病(COPD)合并 AHRF 的效果, 结果发现  $\text{PaCO}_2>59$  mmHg 是治疗失败的独立危险因素。究其原因, HFNC 是一种高浓度氧的治疗模式, 可提供给患者相对恒定的吸氧浓度(21%~100%)<sup>[10]</sup>。在 II 型呼吸衰竭治疗中, 不同氧浓度会减弱低氧对呼吸中枢的兴奋作用, 从而抑制患者呼吸中枢, 进一步加重呼吸衰竭<sup>[11]</sup>。此外, 随着 COPD 反复发作, 部分患者肺组织弹性减退, 肺部处于过度充气状态, 使通气功能发生障碍, 导致二氧化碳潴留, 最终造成慢性高碳酸血症<sup>[12]</sup>。由于此类患者对二氧化碳潴留有一定程度的耐受并且气道阻力更重, 因此 HFNC 并不能提供清除体内二氧化碳所需的呼吸功支持, 最终造成治疗失败。由于二氧化碳分压( $\text{PaCO}_2$ )与酸碱度(pH 值)相互影响, 在急性呼吸衰竭中,  $\text{PaCO}_2$  增高, 肾脏尚未代偿, 导致 pH 降低。有研究也证明了 pH 值 $\leq 7.30$  是 HFNC 治疗呼吸系统疾病失败的独立危险因素<sup>[13,14]</sup>。综上,  $\text{PaCO}_2>59$  mmHg、pH 值 $\leq 7.30$  是 HFNC 治疗失败的危险因素。

**1.3 动脉血二氧化碳分压/动脉血氧分压** 动脉血氧分压( $\text{PaO}_2$ )的高低, 主要取决于吸入气体的氧分压和外呼吸的功能状态。在一项有关 HFNC 治疗急性呼吸功能不全患儿早期失败高危因素的回顾性研究中<sup>[15]</sup>, 经多因素 Logistic 回归分析显示动脉血二氧化碳分压/动脉血氧分压 ( $\text{PaCO}_2/\text{PaO}_2$ ) $>0.64$  是 HFNC 早期失败的独立危险因素。由于  $\text{PaCO}_2/\text{PaO}_2$  正常范围为 0.35~0.56, 因此,  $\text{PaCO}_2/\text{PaO}_2$  高于正常范围表明  $\text{PaO}_2$  偏低或  $\text{PaCO}_2$  偏高。 $\text{PaO}_2$  低于正常值可能导致通气功能障碍, 出现呼吸急促, 严重可导致呼吸窘迫, 当机体无法代偿时, 将进一步加重缺氧及二氧化碳潴留导致呼吸衰竭。此外, 已有研究得

出  $\text{PaCO}_2>59$  mmHg 是 HFNC 治疗失败的独立危险因素<sup>[9]</sup>。因此,  $\text{PaO}_2$  偏低或  $\text{PaCO}_2$  偏高均可导致 HFNC 治疗呼吸系统疾病失败。综上,  $\text{PaCO}_2/\text{PaO}_2>0.64$  是 HFNC 治疗失败的危险因素。

**1.4 氧合指数** 氧合指数 (OI) 是指动脉氧分压 ( $\text{PaO}_2$ )除以吸入氧浓度( $\text{FiO}_2$ )所得到的百分比。研究发现氧合指数是 ARDS 评分中最好的预测因子<sup>[16]</sup>。同样, 也有研究证明入院时氧合指数 ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ) $<150$  是导致 HFNC 治疗 COVID-19 相关 ARDS 患者失败的危险因素<sup>[7]</sup>。可能由于吸入氧浓度百分比 ( $\text{FiO}_2$ ) 在一般的医疗供氧机器的供氧浓度可调范围为 21%~100%<sup>[10]</sup>。排除  $\text{FiO}_2$  的影响,  $\text{PaO}_2$  下降到 60 mmHg 时, 可刺激颈动脉体和主动脉体化学感受器, 引起呼吸中枢兴奋, 呼吸运动加强、肺通气量增加<sup>[17]</sup>。严重缺氧时,  $\text{PaO}_2$  过低可直接抑制呼吸中枢, 使呼吸运动减弱, 肺通气量减少, 呼吸节律不齐, 造成周期性呼吸甚至呼吸停止, 导致中枢性呼吸衰竭。因此,  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  是影响 HFNC 治疗失败的危险因素。

**1.5 ROX 指数** ROX 指数为氧饱和度( $\text{SpO}_2$ )与  $\text{FiO}_2$  的比值( $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$ )再除以 RR。研究表明<sup>[18]</sup>, ROX 指数可用于评估 COVID-19 肺炎患者进展和气管插管的风险, 有可能成为临床上的常规参数。Prakash J 等<sup>[19]</sup>研究发现, ROX 指数可用于预测 HFNC 治疗 COVID-19 患者失败的风险。也有研究表明<sup>[20]</sup>, 在 HFNC 治疗肺炎、急性呼吸窘迫综合征、低氧性呼吸衰竭中, ROX 指数评分可以避免延迟插管。同时, 在一项 HFNC 治疗 COVID-19 相关性肺炎的研究中<sup>[21]</sup>, 发现 ROX 指数在 HFNC 启动后 6 h $>5.55$ , 与成功显著相关 ( $P<0.001$ )。根据  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2<150$ ,  $\text{RR}>35$  次/min 导致 HFNC 治疗 ARDS 的失败风险增加<sup>[7]</sup>可发现,  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  降低, 呼吸频率增大使 HFNC 治疗失败风险增大。然而, 根据  $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$  可以作为  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  的替代物<sup>[22,23]</sup>可推断  $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$  降低, 呼吸频率增大也可能导致 HFNC 治疗失败风险增大。因此, ROX 指数降低容易导致 HFNC 治疗失败风险增加。此外, 在一项关于双侧肺炎相关性 ARDS 接受 HFNC 治疗的研究中<sup>[24]</sup>, 学者发现 HFNC 治疗开始后 2~6 h 测量的 ROX 指数 $<4.94$  与插管风险增加相关 ( $P<0.05$ )。研究表明<sup>[25]</sup>, 由 COVID-19 肺炎引起的 AHRF

的患者中, HFNC 起始的前 4 h 内  $ROX < 5.31$  ( $P < 0.001$ ) 为 HFNC 失败的早期预测因子。同样, 也有研究证实了低 ROX 指数与 HFNC 失败显著相关<sup>[26]</sup>。因此, 低 ROX 指数是影响 HFNC 治疗呼吸系统疾病失败的危险因素。

**1.6 ROX-HR 指数** ROX-HR 指数被定义为 ROX 指数与心率(HR)的比值乘以 100 的因子。Goh KJ 等<sup>[27]</sup>研究了 HFNC 治疗低氧血症性呼吸衰竭和计划拔管后患者的预后, 详细记录 48 h 内不同时间点的数据, 发现 HFNC 衰竭患者在记录时间点内 ROX-HR 指数均显著降低, 心率显著升高, 且能更好地区分不同时间点 HFNC 治疗成功与失败的患者。此研究也表明纳入心率这一生命体征可以提高识别 HFNC 治疗失败的准确性。可能由于心率升高反映交感神经驱动增加及心肺功能失代偿, 标志着患者结局更差, 因此导致 HFNC 治疗失败。还可能由于心率过速反映部分患者心脏储备受损, 这是拔管后呼吸衰竭发生的危险因素<sup>[27]</sup>。已有研究证明<sup>[28, 29]</sup>, 心率增加是导致 HFNC 治疗呼吸系统疾病失败的危险因素。此外, 低 ROX 指数已被证明可预测 HFNC 治疗肺炎、ARDS、AHRF 患者的结局。综上所述, 心率的合并增加了 ROX 指数预测的准确性, ROX-HR 指数可能是早期预测 HFNC 结果的有用工具。

**1.7 肺康复** 肺康复(pulmonary rehabilitation, PR)在慢性呼吸道疾病患者综合护理中的重要性已被证实性<sup>[30]</sup>。Tung LF 等<sup>[31]</sup>研究发现, 使用 HFNC 的重度 AECOPD 住院患者进行肺康复运动训练可以增加运动耐力, 减少呼吸困难感觉, 并降低全身炎症生物标志物水平。同样, 在研究高流量鼻导管对 COPD 患者运动时外周肌氧合和血流动力学的影响中, 结果显示两组参与者健康相关生活质量的改善都受益于 12 次 PR 运动训练<sup>[32]</sup>。因此, 肺康复运动训练可影响 HFNC 治疗中重度 AECOPD 患者的效果。

**1.8 B 型脑利钠肽** B 型利钠肽激素(BNP)是受心肌舒张和压力刺激从心室心肌细胞分泌的一种激素, 心力衰竭时 BNP 的释放增加。卢健聪等<sup>[13]</sup>研究发现, HFNC 治疗前  $BNP \geq 280$  ng/L 是 HFNC 治疗呼吸系统疾病失败的危险因素。可能由于该研究纳入的对象患有呼吸衰竭以及心力衰竭, 因而存在多器

官功能不全。已有研究证实多器官功能不全是 HFNC 失败的危险因素<sup>[14]</sup>。对于存在多器官功能不全的重症患者而言, 口腔很难一直保持关闭, HFNC 治疗时很难到达有效的呼气末正压, 以及 HFNC 的呼气末正压效应较无创通气弱, 因此容易导致 HFNC 治疗失败。此外, Chang CJ 等<sup>[33]</sup>研究发现, 与无创正压通气相比, HFNC 预防拔管失败的有效性无显著差异; 但在发生呼吸衰竭的情况下, 患者可能受益于无创正压通气, 表明无创通气应用于重型心衰效果较 HFNC 好。同样, 也有研究表明治疗前高 BNP 是 HFNC 治疗失败的危险因素<sup>[34]</sup>。因此, 高 BNP 是 HFNC 治疗呼吸衰竭失败的危险因素。

**1.9 低蛋白血症** 黄国权等<sup>[35]</sup>将 156 例患者根据治疗的成功与否分为观察组和对照组, 通过多因素 Logistic 回归分析发现, 低蛋白血症是影响 HFNC 治疗 AECOPD 失败的独立危险因素。已有研究表明<sup>[36]</sup>, 低蛋白血症严重程度反映了炎症应激的严重程度, 先前存在低蛋白血症的患者可能增加急性感染性疾病的风险。究其原因, 患有低蛋白血症的 COPD 急性加重患者气道黏膜受到炎症刺激变得水肿, 同时痰液容易堵塞气道, 导致患者通气功能下降, 使患者病情加重。此外, 也有研究表明<sup>[37]</sup>, 血浆白蛋白的缺失降低了患儿免疫球蛋白的合成, 从而减弱患儿的免疫能力, 由于慢阻肺患者免疫功能减弱, 降低了肺泡巨噬细胞及中性粒细胞的杀菌能力, 导致控制肺部炎症难度增加, 因此低蛋白血症可造成 HFNC 治疗失败。

**1.10 脑血管意外病史** 研究表明<sup>[35]</sup>, 脑血管意外病史是影响 HFNC 治疗 AECOPD 失败的独立危险因素。脑血管意外病史的患者可能因为意识障碍、延髓性麻痹等因素导致咳嗽反射差、吞咽困难, 以及有吞咽困难的患者进食后在口腔或咽部将有部分食物残留, 可随时发生误吸, 引起吸入性肺炎<sup>[38]</sup>。长期反复, 很难控制肺部炎症, 因而造成脑血管意外病史患者行 HFNC 治疗效果不佳。

**1.11 长期使用抗生素** 研究显示<sup>[35]</sup>, 长期使用抗生素是影响 HFNC 治疗慢阻肺急性加重失败的独立危险因素。由于长期使用抗生素增加了患者感染耐药菌的几率, 导致普通的治疗效果差<sup>[39]</sup>。此外, 长期使用抗生素使中性粒细胞中释放的过氧化物酶降低,

降低患者抗菌能力,也会造成 HFNC 治疗失败。

1.12 APACHE II 评分、PRISM 评分 研究表明<sup>[15,35]</sup>, APACHE II 评分 $\geq 15$ 分和 PRISM 评分 $>4.5$ 分是影响 HFNC 治疗呼吸系统疾病失败的危险因素。APACHE II 评分由急性生理评分、慢性健康评分及年龄组成,PRISM 评分包括收缩压、心率、体温等 17 个生理参数及 26 个生理参数范围,在一定程度都反映患者的危重程度,其中涉及患者的多脏器功能。评分值越高,表明病情越严重,病死率越高。因此 APACHE II 评分 $\geq 15$ 、PRISM 评分 $\geq 4.5$  是 HFNC 治疗呼吸系统疾病失败的危险因素。

## 2 总结

随着呼吸道传染病的逐年上升,以及近两年新冠肺炎问题的日益凸显,高流量吸氧越来越被广泛使用,但在高流量氧疗使用过程中,需要密切关注患者的生理指标。高 RR、高 PaCO<sub>2</sub>、低 pH、高 PaCO<sub>2</sub>/PaO<sub>2</sub>、低 PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>、低 ROX 指数、低 ROX-HR 指数、高 BNP、高 APACHE II 评分、长期使用抗生素、脑血管意外史、低蛋白血症等因素与高流量氧疗失败有关,因此应该根据患者不同情况及时调整呼吸模式,以提高患者的生活质量和寿命。

## 参考文献:

- [1] Lewis SR, Baker PE, Parker R, et al. High-flow nasal cannulae for respiratory support in adult intensive care patients [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2021, 3(3): CD010172.
- [2] Kwon JW. High-flow nasal cannula oxygen therapy in children: a clinical review [J]. Clin Exp Pediatr, 2020, 63(1): 3-7.
- [3] Vianello A, Arcaro G, Molena B, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy to treat patients with hypoxemic acute respiratory failure consequent to SARS-CoV-2 infection [J]. Thorax, 2020, 75(11): 998-1000.
- [4] Glenardi G, Chriestya F, Oetoro BJ, et al. Comparison of high-flow nasal oxygen therapy and noninvasive ventilation in COVID-19 patients: a systematic review and meta-analysis [J]. Acute Crit Care, 2022, 37(1): 71-83.
- [5] Park S. High-flow nasal cannula for respiratory failure in adult patients [J]. Acute Crit Care, 2021, 36(4): 275-285.
- [6] 镇珂, 童孜蓉, 赵倩, 等. 颅脑疾病伴急性低氧性呼吸衰竭患者经鼻高流量氧疗治疗失败的危险因素分析 [J]. 临床肺科杂志, 2020, 25(1): 65-69.
- [7] Delbove A, Foubert A, Mateos F, et al. High flow nasal cannula

oxygenation in COVID-19 related acute respiratory distress syndrome: a safe way to avoid endotracheal intubation? [J]. Ther Adv Respir Dis, 2021, 15: 17534666211019555.

[8] Nishimura M. High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Adults: Physiological Benefits, Indication, Clinical Benefits, and Adverse Effects [J]. Respir Care, 2016, 61(4): 529-541.

[9] Li XY, Tang X, Wang R, et al. High-Flow Nasal Cannula for Chronic Obstructive Pulmonary Disease with Acute Compensated Hypercapnic Respiratory Failure: A Randomized, Controlled Trial [J]. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2020, 15: 3051-3061.

[10] Grensemann J, Simon M, Wachs C, et al. High-flow oxygen therapy—Chances and risks [J]. Pneumologie (Berl), 2022, 19(1): 21-26.

[11] 宋建奇, 房颖, 王涛, 等. HFNC 治疗 II 型呼吸衰竭患者的安全性分析 [J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2021, 16(6): 636-640.

[12] 吕培红. 呼吸训练对改善 COPD 患者生存质量及日常生活质量的影响 [J]. 医学信息, 2016, 29(24): 258-259.

[13] 卢健聪, 邱惠中, 陈丽丽. 经鼻高流量氧疗对慢性阻塞性肺疾病急性加重合并呼吸衰竭患者治疗失败的危险因素分析 [J]. 检验医学与临床, 2021, 18(11): 1582-1586.

[14] 中华医学会呼吸病学分会呼吸危重症医学学组, 中国医师协会呼吸医师分会危重症医学工作委员会. 成人经鼻高流量湿化氧疗临床应用专家共识 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2019, 42(2): 83-91.

[15] Liu J, Li DY, Liu ZQ, et al. High-risk factors for early failure of high-flow nasal cannula oxygen therapy in children [J]. Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2019, 21(7): 650-655.

[16] Huber W, Findeisen M, Lahmer T, et al. Prediction of outcome in patients with ARDS: A prospective cohort study comparing ARDS—definitions and other ARDS—associated parameters, ratios and scores at intubation and over time [J]. PLoS One, 2020, 15(5): e0232720.

[17] 徐建强, 钱小明, 吴学豪, 等. 联合应用压力控制通气与呼气末正压通气治疗急性肺水肿 [J]. 江苏医药, 2001, 27(3): 236-237.

[18] Suliman LA, Abdelgawad TT, Farrag NS, et al. Validity of ROX index in prediction of risk of intubation in patients with COVID-19 pneumonia [J]. Adv Respir Med, 2021, 89(1): 1-7.

[19] Prakash J, Bhattacharya PK, Yadav AK, et al. ROX index as a good predictor of high flow nasal cannula failure in COVID-19 patients with acute hypoxemic respiratory failure: A systematic review and meta-analysis [J]. J Crit Care, 2021, 66: 102-108.

[20] Hill NS, Ruthazer R. Predicting Outcomes of High-Flow Nasal Cannula for Acute Respiratory Distress Syndrome. An In-

dex that ROX [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 199 (11): 1300–1302.

[21] Hu M, Zhou Q, Zheng R, et al. Application of high-flow nasal cannula in hypoxemic patients with COVID-19: a retrospective cohort study [J]. *BMC Pulm Med*, 2020, 20(1): 324.

[22] Kumar A, Aggarwal R, Khanna P, et al. Correlation of the  $SpO_2/FiO_2$  (S/F) ratio and the  $PaO_2/FiO_2$  (P/F) ratio in patients with COVID-19 pneumonia [J]. *Med Intensiva (Engl Ed)*, 2022, 46(7): 408–410.

[23] Carvalho EB, Leite TRS, Sacramento RFM, et al. Rationale and limitations of the  $SpO_2/FiO_2$  as a possible substitute for  $PaO_2/FiO_2$  in different preclinical and clinical scenarios [J]. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2022, 34(1): 185–196.

[24] Panadero C, Abad-Fernández A, Río-Ramírez MT, et al. High-flow nasal cannula for Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) due to COVID-19 [J]. *Multidiscip Respir Med*, 2020, 15(1): 693.

[25] Xu J, Yang X, Huang C, et al. A Novel Risk-Stratification Models of the High-Flow Nasal Cannula Therapy in COVID-19 Patients With Hypoxemic Respiratory Failure [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2020, 7: 607821.

[26] Alshahrani MS, Alshaqqaq HM, Alhumaid J, et al. High-Flow Nasal Cannula Treatment in Patients with COVID-19 Acute Hypoxemic Respiratory Failure: A Prospective Cohort Study [J]. *Saudi J Med Med Sci*, 2021, 9(3): 215–222.

[27] Goh KJ, Chai HZ, Ong TH, et al. Early prediction of high flow nasal cannula therapy outcomes using a modified ROX index incorporating heart rate [J]. *J Intensive Care*, 2020, 8: 41.

[28] Frat JP, Ragot S, Coudroy R, et al. Predictors of Intubation in Patients With Acute Hypoxemic Respiratory Failure Treated With a Noninvasive Oxygenation Strategy [J]. *Crit Care Med*, 2018, 46(2): 208–215.

[29] Sochet AA, Nunez M, Maamari M, et al. Physiometric Response to High-Flow Nasal Cannula Support in Acute Bronchi-

olitis [J]. *Hosp Pediatr*, 2021, 11(1): 94–99.

[30] Dixit S, Borghi-Silva A, Bairapareddy KC. Revisiting pulmonary rehabilitation during COVID-19 pandemic: a narrative review [J]. *Rev Cardiovasc Med*, 2021, 22(2): 315–327.

[31] Tung LF, Shen SY, Shih HH, et al. Effect of high-flow nasal therapy during early pulmonary rehabilitation in patients with severe AECOPD: a randomized controlled study [J]. *Respir Res*, 2020, 21(1): 84.

[32] Fang TP, Chen YH, Hsiao HF, et al. Effect of high flow nasal cannula on peripheral muscle oxygenation and hemodynamic during paddling exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial [J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(6): 280.

[33] Chang CJ, Chiang LL, Chen KY, et al. High-Flow Nasal Cannula versus Noninvasive Positive Pressure Ventilation in Patients with Heart Failure after Extubation: An Observational Cohort Study [J]. *Can Respir J*, 2020, 2020: 6736475.

[34] 赵慧颖, 罗建, 吕杰, 等. 外科ICU患者脱机后序贯经鼻高流量氧疗的特点及治疗失败的危险因素分析 [J]. *中华危重病急救医学*, 2019, 31(6): 689–693.

[35] 黄国权, 任燕华, 张聪. 高流量湿化氧疗在慢性阻塞性肺疾病急性加重期治疗失败的多因素 logistic 回顾分析 [J]. *江西医药*, 2021, 56(10): 1774–1776.

[36] Wiedermann CJ. Hypoalbuminemia as Surrogate and Culprit of Infections [J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(9): 4496.

[37] 张丽娜, 吴铁军, 张喜红. 低温刺激影响气道黏蛋白分泌与AECOPD [J]. *中华危重病急救医学*, 2020, 32(10): 1273–1276.

[38] 谢恋, 卢慧英, 王瑞瑜, 等. 老年吸入性肺炎的危险因素分析及风险预测模型构建 [J]. *广州医药*, 2022, 53(2): 12–16, 22.

[39] 康柏会. 经鼻高流量湿化氧疗对慢性阻塞性肺疾病急性加重期患者的应用效果 [J]. *中西医结合心血管病电子杂志*, 2020, 8(36): 75.

收稿日期: 2022-11-12; 修回日期: 2022-12-30

编辑/成森