

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.22.026

HFNC 与 NIV 治疗合并 II 型呼吸衰竭的 COPD 患者的临床疗效对比 *

李 茉¹ 王晓叶² 余 江³ 李 洺¹ 马晓瑞¹ 马楼艳¹
马 利¹ 李海龙¹ 赵芳红¹ 马政权¹ 翟佳佳^{1Δ}

(1 西安市第九医院全科医学科 陕西 西安 710054; 2 西安市第九医院科研科 陕西 西安 710054;

3 西安市第九医院骨科 陕西 西安 710054)

摘要 目的:探讨高流量湿化治疗仪(HFNC)治疗合并 II 型呼吸衰竭的慢性阻塞性肺疾病患者的临床效果及安全性。**方法:**选择 2020 年 4 月至 2022 年 3 月就诊于我院的合并 II 型呼吸衰竭的慢性阻塞性肺疾病的患者共 151 名。随机分为接受 HFNC 治疗组和 NIV 治疗组(HFNC 组 77 名, NIV 组 74 名)。分别评估患者治疗前和治疗后 1 小时、24 小时以及治疗结束前心率(heart rate, HR)、呼吸频率(respiratory rate, RR)、氧合指数(Oxygenation index, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)、 CO_2 分压(arterial partial pressure of CO_2 , PaCO_2)的变化、治疗不耐受和失败、有气管插管需求的情况、住院时间以及住院死亡率。**结果:**治疗后, 两组各有 6 名患者死亡, 死亡率分别为 HFNC 组 7.8%, NIV 组 8.2%, 组间比较差异无统计学意义($P=0.94$)。两组患者治疗前后 HR、RR、平均动脉压、白细胞计数、中性粒细胞百分比、C-反应蛋白、降钙素原及 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、 PaCO_2 、动脉血酸碱度均无明显统计学差异。与 NIV 组相比, HFNC 组气道护理干预次数明显减少(4 ± 1 vs 8 ± 2 , $P<0.05$), 皮肤破损发生率明显降低(5.2% vs 20.3% , $P<0.05$), 住院天数明显缩短(6 ± 2 vs 8 ± 2 , $P<0.05$)。**结论:**HFNC 治疗合并 II 型呼吸衰竭的 COPD 患者效果并不亚于 NIV, 且 HFNC 的安全性更高, 可作为该类患者的首选通气支持治疗方式。

关键词:高流量湿化治疗仪; 无创辅助通气; 慢性阻塞性肺疾病; II 型呼吸衰竭

中图分类号:R563.8; R563.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2023)22-4329-05

Comparison of the Clinical Efficacy of HFNC and NIV in the Treatment of COPD Patients with Type II Respiratory Failure*

LI Mo¹, WANG Xiao-ye², SHE Jiang³, LI Ming¹, MA Xiao-ru¹, MA Lou-yan¹, MA Li¹, LI Hai-long¹,
ZHAO Fang-hong¹, MA Zheng-quan¹, ZHAI Jia-jia^{1Δ}

(1 Department of General Practice, Xi'an Ninth Hospital, Xi'an, Shaanxi, 710054, China;

2 Department of Scientific Research, Xi'an Ninth Hospital, Xi'an, Shaanxi, 710054, China;

3 Department of Orthopaedics, Xi'an Ninth Hospital, Xi'an, Shaanxi, 710054, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the clinical effect of high flow nasal cannula (HFNC) in the treatment of patients with chronic obstructive pulmonary disease and type II respiratory failure. **Methods:** A total of 151 patients with COPD and type II respiratory failure treated in our hospital from April 2020 to March 2022 were selected and randomly divided into the HFNC treatment group and non-invasive ventilator (NIV) treatment group. The changes of heart rate (HR), respiratory rate (RR), Oxygenation index ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), arterial partial pressure of CO_2 (PaCO_2) before and after treatment and intolerance and failure of treatment, endotracheal intubation requirements, length of hospital stay, and inpatient mortality at 1 and 24 hours after treatment and before the end of treatment were compared between two groups. **Results:** 151 COPD patients with type II respiratory failure (77 in HFNC group and 74 in NIV group) were enrolled in this study. No significant difference was found in the death rate of patients between HFNC group and NIV group (7.8% and 8.2%) ($P=0.94$). There was no significant difference in the HR, RR, mean arterial pressure, white blood cell counts, neutrophil percentage, c-reactive protein, procalcitonin, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, PaCO_2 , and blood potential of hydrogen before and after treatment between two groups. The number of airway care interventions in the HFNC group was significantly lower than that in the NIV group. Skin breakage was significantly more common in the NIV group (20.3% vs 5.2%, $P<0.05$). **Conclusions:** The therapeutic efficacy of HFNC is equal to NIV in treating COPD patients with type II respiratory failure. HFNC can be used as the preferred ventilation supportive treatment for such patients because of its high safety.

Key words: High-flow nasal cannula; Non-invasive ventilator; Chronic Obstructive Pulmonary Diseases; Type II respiratory failure

Chinese Library Classification(CLC): R563.8; R563.9 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2023)22-4329-05

* 基金项目: 西安市卫生健康委员会基金项目(2020yb20)

作者简介: 李茉(1984-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 神经病学, E-mail: 172737369@qq.com

Δ 通讯作者: 翟佳佳(1981-), 女, 硕士研究生, 副主任医师, 主要研究方向: 内分泌, E-mail: zjjvic@163.com

(收稿日期: 2023-04-23 接受日期: 2023-05-19)

前言

呼吸衰竭是临床面临的一个严重问题,可由多种原因引起,慢性阻塞性肺疾病(Chronic Obstructive Pulmonary Diseases,COPD)是引起呼吸衰竭常见的原因^[1],且常导致Ⅱ型呼吸衰竭^[2],因此需要积极的呼吸辅助支持治疗。无创辅助通气(non-invasive ventilator,NIV)是合并Ⅱ型呼吸衰竭的COPD首选的辅助通气治疗,但其舒适度及耐受性均较差,且部分患者存在使用禁忌。近年来,高流量湿化治疗仪(high flow nasal cannula, HFNC)用于呼吸支持治疗越来越受人们关注。许多临床研究表明 HFNC 用于治疗多种心肺疾病所致的呼吸衰竭,可以使患者动脉氧分压(arterial partial of O₂, PaO₂)升高、动脉二氧化碳分压(arterial partial pressure of CO₂, PaCO₂)下降,病情得到明显改善^[3],且因其舒适度好,患者耐受性及依从性佳。本研究通过对比 HFNC 和 NIV 治疗合并Ⅱ型呼吸衰竭的 COPD 患者,监测治疗前后血气、生化指标等方面的变化,探讨 HFNC 治疗合并Ⅱ型呼吸衰竭的 COPD 的临床价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选择 2020 年 4 月至 2022 年 3 月就诊于我院的合并Ⅱ型呼吸衰竭(动脉血气 pH < 7.35, PaCO₂ > 50 mmHg)的 COPD 的患者共 151 名。随机分为接受 HFNC 治疗组 77 名和 NIV 治疗组 74 名(简称 H 组和 N 组)。

诊断标准:达到以下三点任何一点条件即可入组:

(1)PaO₂ 小于 60 mmHg 和或 SaO₂ 小于 90%;

(2)既往或此次住院经肺功能检测确诊为慢性阻塞性肺疾病。

排除标准:合并以下三种任何一种并发症立即排除,进行气管插管有创辅助通气,转入 ICU 进行抢救。

(1)需要有创通气的患者;

(2)合并严重循环疾病、意识不清者;

(3)合并严重其他肺部疾病者。

两组患者的年龄、性别、基础合并症分布比较差异均无统计学意义(P 值均>0.05)(见表 1)。

表 1 治疗前两组年龄、性别、基础合并症
Table 1 Clinical characteristics of the enrolled patients

		Total	HFNC	NIV	χ^2/t	P
		N=139	N=71	N=68		
Comorbidities	Age, years	1.497	79.5± 8.3	81.6± 7.7	1.497	0.14
	Male, n(%)	82 (59.0%)	40(56.3%)	42(61.8%)	0.423	0.52
	Hypertension	78	40	38	0.003	0.95
	Diabetes Mellitus	25	11	14	0.611	0.43
	Coronary Heart Disease	97	54	43	2.708	0.10
	Cerebrovascular Disease	11	7	4	0.754	0.39

1.2 治疗方法

H 组患者给予抗感染、支气管扩张剂、祛痰止咳等常规治疗,在此基础上给予 AIRVO₂ 经鼻高流量湿化治疗仪(费雪派克公司)氧疗,起始参数设置为:空气氧气混合气体 35 L/min,吸氧浓度(Fraction of inspiration O₂, FiO₂)30%,并通过仪器配备的主动加温加湿功能,设置温湿度为 32 ℃,100%相对湿度,密切观察患者呼吸、心率情况,并及时复查动脉血气,根据血气结果调整氧疗流量及 FiO₂^[26]。N 组患者给予抗感染、支气管扩张剂、祛痰止咳等常规治疗,在此基础上给予 Drager 无创呼吸机 Carina(德尔格医疗设备有限公司)进行呼吸支持,采用 S/T 模式,并根据氧合指数(Oxygenation index, PaO₂/FiO₂)、PaCO₂ 等指标及患者症状调整吸氧浓度、呼吸频率、吸(呼)气末压、潮气量等指标。

终点:复查血气分析计算 PaO₂/FiO₂>400 mmHg,且患者临床症状明显改善,随后撤机,好转出院;病情恶化需气管插管有创通气;或死亡。

1.3 观察指标

记录患者治疗前、治疗后 1 小时、24 小时以及治疗结束前心率(Heart Rate, HR)、呼吸频率(Respiratory Rate, RR)、平均动

脉压(Mean Arterial Pressure, MAP)、白细胞计数(White blood cell counts, WBC)、中性粒细胞百分比(Neutrophil percentage, NEUT%)、C-反应蛋白(C-Reactive Protein, CRP)、降钙素原(Procalcitonin, PCT)、PaO₂/FiO₂、PaCO₂、酸碱度(potential of Hydrogen, pH)及治疗不耐受和失败、气管插管需求情况,患者住院时间以及住院死亡率。

1.4 统计学方法

应用 SPSS 25.0 统计软件分析,计数资料以例和百分率表示,采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法;计量资料以平均数±标准差表示,采用 t 检验,多组计量数据用方差分析;若数据不符合正态分布,用中位数+四分位数间距表示,采用秩和检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组治疗前后生命体征、动脉血气和生化指标的比较

两组患者(即 H 组 71 人, N 组 68 人)治疗前后 HR、RR、MAP、WBC、NEUT%、CRP、PCT 比较差异均无统计学意义(P 值均>0.05),见表 2;两组治疗前、治疗后 1 小时、治疗后 24 小时 pH、PaCO₂、PaO₂/FiO₂ 比较差异均无统计学意义(P 值均>0.05),见表 3。

表 2 两组治疗前后生命体征及生化指标比较

Table 2 Comparison of the vital signs, and biochemical indicators of the two groups between and after treatment

		HFNC	NIV	t	P
Baseline	Respiratory Rate, /min	25± 5	25± 5	0.332	0.74
	Heart Rate, beats/min	90± 14	94± 12	1.258	0.21
	Mean Arterial Pressure, mmHg	90± 12	91± 7	0.987	0.32
	White blood cell counts, × 10 ⁹ /L	8.93± 4.47	7.78± 2.65	1.711	0.09
	Neutrophil percentage, %	81.4± 10.5	81.4± 10.3	0.006	0.99
	C-Reactive Protein, mg/L	52± 40	62± 53	0.953	0.34
	*Procalcitonin, ng/mL	0.11+0.53	0.07+0.32	-	0.16
End of treatment	Respiratory Rate, /min	19± 1	18± 1	1.278	0.29
	Heart Rate, beats/min	73± 5	75± 12	1.263	0.21
	Mean Arterial Pressure, mmHg	89± 9	90± 11	0.588	0.56
	White blood cell counts, × 10 ⁹ /L	8.02± 3.19	7.73± 2.66	0.514	0.61
	Neutrophil percentage, %	76.9± 10.9	80.6± 9.1	1.940	0.06
	C-Reactive Protein, mg/L	12± 8	11± 9	0.693	0.49
	*Procalcitonin, ng/mL	0.01+0.08	0.01+0.13	-	0.98

表 3 两组治疗不同阶段血气指标比较

Table 3 Comparison of the blood gas index between the two groups during different periods

		HFNC	NIV	F	P
Baseline	pH	7.35± 0.05	7.35± 0.06	0.014	0.91
	PaCO ₂ , mmHg	65± 12	67± 9	1.910	0.17
	PaO ₂ /FiO ₂ , mmHg	252± 27	250± 30	0.209	0.65
At 1 hours of treatment	pH	7.37± 0.05	7.39± 0.06	1.058	0.31
	PaCO ₂ , mmHg	59± 11	62± 10	2.574	0.11
	PaO ₂ /FiO ₂ , mmHg	344± 36	342± 32	0.067	0.80
At 24 hours of treatment	pH	7.40± 0.07	7.41± 0.04	1.752	0.19
	PaCO ₂ , mmHg	54± 10	57± 9	2.537	0.11
	PaO ₂ /FiO ₂ , mmHg	386± 29	391± 27	0.946	0.33
At the end of treatment	pH	7.43± 0.06	7.44± 0.04	0.333	0.57
	PaCO ₂ , mmHg	51± 11	54± 6	2.350	0.13
	PaO ₂ /FiO ₂ , mmHg	406± 26	411± 30	1.382	0.24

Note: *The data of Procalcitonin don't fit normal distribution, so the means are expressed as the medians plus the interquartile range. And the rank-sum test is used.

2.2 两组皮肤破损情况、气道护理干预次数及住院时间的比较

对两组患者气道护理干预次数进行统计学分析,发现 H 组明显少于 N 组 (P 值 <0.05); 比较两组患者皮肤破损情况, H 组主要为鼻小柱皮肤破损, N 组为鼻根、鼻背部皮肤及颊部皮肤破损, N 组皮肤破损发生率高于 H 组, 且差异有统计学意义 (P 值 <0.05); N 组患者的住院天数明显长于 H 组 (P 值 <0.05), 见表 4。

2.3 两组主要结局的比较

两组患者各有 6 人死亡, 死亡率分别为 N 组 8.2%, H 组

7.8%, 组间比较差异无统计学意义 (P 值 >0.05), 见表 5。

3 讨论

COPD 是临床上常见的引起呼吸衰竭的疾病, 因不完全可逆性气道受阻, 常继发 II 型呼衰, 通过单纯的吸氧很难纠正。NIV 常作为治疗合并 II 型呼衰的 COPD 患者首选呼吸支持措施, 常因一些不良反应而影响治疗效果, 15-25% 的患者有 NIV 禁忌症或不耐受^[12,20], 如眼睛刺激、皮肤损伤等。此外, 在进食或排痰时, 需摘下面罩中断呼吸支持治疗, 这显著增加了对气道

护理的需求。甚至有些患者因幽闭恐惧症无法耐受 NIV 持续呼吸支持^[4,28]。因此, COPD 患者迫切需要一种新型的治疗措施, 其治疗效果不亚于 NIV, 不良反应明显小于 NIV, 让患者可以耐受较长时间持续呼吸支持治疗。

表 4 两组患者皮肤破损情况、气道护理干预次数及住院时间的对比

Table 4 Comparison of the times of skin damage and airway nursing intervention and hospital stay between two groups of patients

	HFNC N=71	NIV N=68	χ^2/t	P
Skin Damage	4(5.2%)	15(20.3%)	7.941	0.005
Airway Nursing Intervention Times, /day	4± 1	8± 2	15.009	0.000
Length of stay in hospital, days	6± 2	8± 2	2.552	0.01

表 5 两组死亡率的比较

Table 5 Comparison of the mortality between the two groups of patients

	HFNC N=77	NIV N=74	χ^2	P
Mortality, %	6 (7.8%)	6 (8.2%)	0.005	0.94

HFNC 是一种新型的氧疗方法, 可以通过清除解剖死腔不断地从上呼吸道排出 CO_2 来改善 COPD 患者的肺泡通气^[1], 在成人中提供高达 60 L/min 的流速以及充足的加热和加湿有助于增加气道的湿度、维持黏膜功能、促进分泌物清除、避免上皮损伤并提高患者舒适度^[3,10,28]。HFNC 引起的皮肤破损很少见, 且患者可以自由呼吸而不会出现幽闭恐惧症, 有效减少了不耐受的情况发生^[6,27]。当高流量气体通过鼻咽和气管时, 由于阻力作用形成约 1.5-7 cm H_2O 的吸气末气道正压^[10,13,14], 气道正压可以改善氧合, 抵抗内源性呼气末正压, 减少 COPD 患者的呼吸肌做功^[7,11,15]。且 HFNC 的平均气道压力随着流量的增加而增加, 当流量以 10 L/min 速度增加时, 患者平均气道压力约增加 0.69 cm H_2O ^[16]; HFNC 还会随着流量的增加改善氧合, 缓解患者气短症状^[8]。此外, HFNC 设备具有集成的主动加热加湿器, 可将温暖和加湿的气体输送到气道中, 减低呼吸道粘膜干燥、气道分泌物粘稠度, 达到改善纤毛功能及气道清除率的作用, 从而有效的防止肺不张的发生, 提高通气-血流比值、改善肺通气功能^[26]。同时, 恒定的温湿度明显提高患者佩戴的舒适程度, 大大提高了依从性, 延长了治疗时间, 更有效地纠正呼吸衰竭^[19,21]。有研究表明在 COPD 缓解期患者中使用 HFNC 可降低 PaCO_2 、增加潮气量、降低每分钟通气量和呼吸频率, 明显改善呼吸衰竭症状^[8,9], 因此, HFNC 用来治疗合并 II 型呼吸衰竭的 COPD 患者在理论上是可行的。

目前, 关于 HFNC 治疗呼吸衰竭的研究更多的是停留在 I 型呼吸衰竭的疗效研究, 如急性呼吸窘迫综合征、急性肺水肿、重症肺炎、支气管哮喘发作期等^[18]。对于 HFNC 治疗 II 型呼吸衰竭文献报道较少, 越来越多地学者逐渐关注 HFNC 在改善 CO_2 潴留、纠正呼吸性酸中毒方面的作用。我们将 HFNC 用于治疗合并 II 型呼吸衰竭的 COPD 患者, 通过研究发现 HFNC 治疗前后患者生命体征、感染指标改善、生化指标的变化与 NIV 治疗组相当, 差异不具有统计学意义。同时, 两组患者治疗后各项血气指标较治疗前均明显改善, 这说明 HFNC 和 NIV 均能取得良好的

治疗效果。尽管 HFNC 组设备应用时间明显延长, 气道护理干预次数皮肤破损明显少于 NIV 组。因此, HFNC 治疗合并 II 型呼吸衰竭的 COPD 患者的效果并不亚于 NIV, 而其良好的耐受性及较轻的不良反应反而使其在治疗中具有更多优势。对于伴有急性中度及重 CO_2 潴留的 COPD 急性加重患者或病情恶化的 COPD 患者, NIV 在纠正呼吸衰竭方面的疗效并不优于 HFNC, 反而具有相似的治疗失败率(即插管率及死亡率)^[17]。近来的多项研究表明 HFNC 和 NIV 治疗 28 天死亡率和两者治疗失败后的插管率均没有明显统计学差异^[22-24]。这与我们的研究结果相似, 表明 HFNC 可以显著改善 CO_2 潴留和低氧血症, 且与 NIV 具有相似的治疗失败率, 但 HFNC 具有良好的耐受性及较轻的不良反应, 使其在治疗合并 II 型呼吸衰竭的 COPD 患者时更具有优势^[25]。

总之, 本研究结果表明 NIV 和 HFNC 在治疗合并 II 型呼吸衰竭的 COPD 患者时效果相当, 而 HFNC 组患者耐受性更好, 安全性更高, 使其在治疗中存在更多优势。当然, 本研究还有一定的局限性。首先, 就诊于本院的 COPD 患者, 无论 HFNC 和 NIV 都是呼吸支持的一线选择, 可以减少其他呼吸支持设备的选择偏倚。HFNC 和 NIV 组之间的基线特征没有统计学差异, 表明两组具有可比性。其次, 由于样本量较小, 未进一步分析导致 HFNC 治疗失败原因、危险因素等。据报道, HFNC 治疗失败可能导致急性呼吸衰竭患者的气管插管延迟和死亡率增加。第三, 本研究是在单个中心进行的。因此, 不能排除选择偏差, 必须谨慎解释结果。需要大规模的多中心研究和随机对照研究以获得更准确和可靠的结果。

参考文献 (References)

- [1] 杨圣强, 王静, 刘贞, 等. 慢性阻塞性肺疾病急性加重并呼吸衰竭经鼻高流量氧疗临床疗效分析 [J]. 社区医学杂志, 2019, 17(3): 156-159
- [2] Pinkham M, Burgess R, Mü ndel T, et al. Nasal high flow reduces minute ventilation during sleep through a decrease of carbon dioxide

- rebreathing[J]. *J Appl Physiol* (1985), 2019, 126(4): 863-869
- [3] 尹正学. 有创机械通气治疗慢性阻塞性肺疾病急性加重合并重度呼吸衰竭的时机探讨 [J]. *实用临床医药杂志*, 2020, 24(19): 83-85+89
- [4] Osadnik CR, Tee VS, Carson-Chahhoud KV, et al. Non-invasive ventilation for the management of acute hypercapnic respiratory failure due to exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 7: 1-95
- [5] Ansari SF, Memon M, Brohi N, et al. Noninvasive Positive Pressure Ventilation in Patients with Acute Respiratory Failure Secondary to Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease [J]. *Cureus*, 2019, 11(10): e5820
- [6] Zhang R, Bai L, Han X, et al. Incidence, characteristics, and outcomes of delirium in patients with noninvasive ventilation: a prospective observational study[J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21(1): 157
- [7] Duan J, Bai L, Zhou L, et al. Resource use, characteristics and outcomes of prolonged non-invasive ventilation: a single-centre observational study in China[J]. *BMJ Open*, 2018, 8(12): e019271
- [8] Roca O, Caralt B, Messika J, et al. An Index Combining Respiratory Rate and Oxygenation to Predict Outcome of Nasal High-Flow Therapy[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 199(11): 1368-1376
- [9] Elshof J, Duiverman ML. Clinical Evidence of Nasal High-Flow Therapy in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients [J]. *Respiration*, 2020, 99(2): 140-153
- [10] 张萌, 张楚楚, 王亚磊, 等. 高流量鼻导管吸氧在慢性阻塞性肺疾病治疗中应用的研究进展[J]. *中国医药*, 2022, 17(02): 297-300
- [11] Lee MK, Choi J, Park B, et al. High flow nasal cannula oxygen therapy in acute-moderate hypercapnic respiratory failure [J]. *Clin Respir J*, 2018, 12(6): 2046-2056
- [12] Biselli P, Fricke K, Grote L, et al. Reductions in dead space ventilation with nasal high flow depend on physiological dead space volume: metabolic hood measurements during sleep in patients with COPD and controls[J]. *Eur Respir J*, 2018, 51(5): 1702251
- [13] Zhang J, Lin L, Pan K, et al. High-flow nasal cannula therapy for adult patients[J]. *J Int Med Res*, 2016, 44(6): 1200-1211
- [14] Lyons C, McElwain J, Coughlan MG, et al. Pre-oxygenation with facemask oxygen vs high-flow nasal oxygen vs high-flow nasal oxygen plus mouthpiece: a randomised controlled trial [J]. *Anaesthesia*, 202, 77(1): 40-45
- [15] Möller W, Feng S, Domanski U, et al. Nasal high flow reduces dead space[J]. *J Appl Physiol* (1985), 2017, 122(1): 191-197
- [16] Renda T, Corrado A, Iskandar G, et al. High-flow nasal oxygen therapy in intensive care and anaesthesia[J]. *Br J Anaesth*, 2018, 120: 18-27
- [17] Russotto V, Cortegiani A, Raineri SM, et al. Respiratory support techniques to avoid desaturation in critically ill patients requiring endotracheal intubation: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Crit Care*, 2017, 41: 98-106
- [18] Cortegiani A, Crimi C, Sanfilippo F, et al. High flow nasal therapy in immunocompromised patients with acute respiratory failure: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Crit Care*, 2019, 50: 250-256
- [19] Rochwerg B, Granton D, Wang DX, et al. High flow nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2019, 45: 563-572
- [20] Spoletini G, Cortegiani A, Gregoretti C. Physiopathological rationale of using high-flow nasal therapy in the acute and chronic setting: a narrative review[J]. *Trends Anaesth Crit Care*, 2019, 26(27): 22-29
- [21] Longhini F, Pisani L, Lungu R, et al. HighFlow Oxygen Therapy After Noninvasive Ventilation Interruption in Patients Recovering From Hypercapnic Acute Respiratory Failure: A Physiological Crossover Trial[J]. *Crit Care Med*, 2019, 47(6): e506-e511
- [22] Sun J, Li Y, Ling B, et al. High flow nasal cannula oxygen therapy versus non-invasive ventilation for chronic obstructive pulmonary disease with acute-moderate hypercapnic respiratory failure: an observational cohort study [J]. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 2019, 14: 1229-1237
- [23] Cortegiani A, Longhini F, Carlucci A, et al. High-flow nasal therapy versus noninvasive ventilation in COPD patients with mild-to-moderate hypercapnic acute respiratory failure: study protocol for a noninferiority randomized clinical trial[J]. *Trials*, 2019, 20(1): 450
- [24] Tan D, Walline JH, Ling B, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy versus non-invasive ventilation for chronic obstructive pulmonary disease patients after extubation: a multicenter, randomized controlled trial[J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 489
- [25] 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
- [26] 王庆霞. 高流量氧疗对慢性阻塞性肺疾病合并呼吸衰竭患者血气指标及舒适度的影响[J]. *医疗装备*, 2020, 33(16): 127-128
- [27] 谈定玉, 凌冰玉, 孙家艳, 等. 经鼻高流量氧疗与无创正压通气比较治疗慢性阻塞性肺疾病合并中度呼吸衰竭的观察性队列研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2018, 27(04): 361-366
- [28] 卢健聪, 邱惠中, 陈丽丽. 经鼻高流量氧疗与无创通气治疗慢性阻塞性肺疾病急性加重合并呼吸衰竭的效果比较 [J]. *广东医学*, 2021, 42(03): 274-278