

• 基础护理 •
• 论 著 •

氧气与空气雾化对无创通气治疗慢性阻塞性肺疾病急性加重患者的效果比较

杨燕¹, 徐静娟², 韩英¹, 万文霞¹, 贾小英¹, 刘艳¹, 王文燕³

摘要: **目的** 比较慢性阻塞性肺疾病急性加重患者无创机械通气同时雾化吸入时,不同雾化驱动气体对患者雾化过程中二氧化碳分压动态变化及治疗效果的影响。**方法** 将 64 例慢性阻塞性肺疾病急性加重患者随机分为氧气组和空气组各 32 例。氧气组在无创机械通气的同时进行氧气驱动雾化吸入治疗,空气组进行空气驱动雾化吸入。记录雾化 0 min、5 min、10 min、15 min,雾化结束 5 min、10 min、15 min 的患者经皮二氧化碳分压。记录治疗前、治疗第 4 天、治疗第 7 天动脉血气分析、CAT 评分、痰液症状积分。**结果** 两组各 30 例完成研究。两组雾化不同时间经皮二氧化碳分压比较,组间、时间及交互效应存在统计学差异(均 $P<0.05$)。两组患者治疗后 PaCO_2 、pH 值、CAT 评分、痰液症状积分均有改善,其中 PaCO_2 在治疗第 7 天组间比较有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 两种雾化驱动气体均能取得良好的治疗效果。氧气组能够使雾化过程中经皮二氧化碳分压维持相对稳定。而空气组能够降低雾化过程中经皮二氧化碳分压,适用于慢性阻塞性肺疾病急性加重伴有严重 CO_2 潴留的 II 型呼吸衰竭患者。

关键词: 慢性阻塞性肺疾病急性加重; 无创机械通气; 雾化吸入; 经皮二氧化碳分压; 氧气; 空气; 痰液症状积分
中图分类号: R473.5 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2023.14.049

Comparison of the effects of oxygen and air nebulization on non-invasive ventilation in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease

Yang Yan, Xu Jingjuan, Han Ying, Wan Wenxia, Jia Xiaoying, Liu Yan, Wang Wenyan. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Soochow University Affiliated Third Hospital, Changzhou 213000, China

Abstract: **Objective** To compare the effects of different nebulization gases on the dynamic changes in partial pressure of carbon dioxide (PaCO_2) and treatment outcomes in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (AECOPD) receiving non-invasive ventilation. **Methods** Sixty-four patients with AECOPD were randomly divided into the oxygen group and the air group, with 32 patients in each group. The oxygen group received oxygen-driven nebulization therapy during non-invasive ventilation, while the air group received air-driven nebulization therapy. The patients' transcutaneous partial pressure of carbon dioxide (PtCO_2) was recorded at 0, 5, 10, 15 min of nebulization, and 5, 10, 15 min after nebulization. Arterial blood gas analysis, COPD assessment test (CAT) score, and sputum symptom score were recorded before treatment, on the 4th day of treatment, and on the 7th day of treatment. **Results** Thirty cases in each group completed the study. There were statistical differences in the comparison group effect of repeated measurements of PtCO_2 between the two groups (all $P<0.05$). After treatment, PaCO_2 , pH value, CAT score, and sputum symptom score improved in both groups, and the difference in PaCO_2 between the two groups on the 7th day of treatment was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** Both oxygen and air nebulization can achieve good therapeutic effects. The oxygen group can maintain a relatively stable PtCO_2 during nebulization, while the air group can reduce PtCO_2 during nebulization, which is suitable for type II respiratory failure patients with AECOPD.

Key words: acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease; noninvasive mechanical ventilation; nebulization therapy; transcutaneous partial pressure of carbon dioxide; oxygen; air; sputum symptom score

慢性阻塞性肺疾病(Chronic Obstructive Pulmonary Disease, COPD)急性加重是 COPD 患者呼吸系统症状突然恶化超出日常变异,导致需要额外的治

疗^[1]。无创机械通气(Noninvasive Mechanical Ventilation, NIV)是 COPD 急性加重患者机械通气治疗的一线手段^[2], GOLD 指南^[3]指出机械通气是降低因 COPD 急性加重和急性呼吸衰竭住院患者发病率和病死率的标准方法。雾化吸入治疗是 COPD 急性加重患者非常重要的给药方式,它能使药液直达肺部效应部位,且全身不良反应少^[4-6]。临床上最普遍的雾化装置是喷射雾化器,通过输送压缩气体作为驱动气源,压缩气体通过一个狭小的开口时在局部形成一个

作者单位:苏州大学附属第三医院 1.呼吸与危重症医学科 2. 门诊办公室(江苏 常州, 213000);3. 苏州大学医学部护理学院
杨燕:女,硕士在读,主管护师
通信作者:徐静娟, xujingjuan@czfph.com
收稿:2023-02-12;修回:2023-04-18

负压区域,雾化药液被吸出呈雾滴状供患者吸入^[4-5]。常见驱动气体有空气或者氧气。COPD 急性加重患者雾化驱动气体选择的相关研究及指南多针对于机械通气间歇期雾化的患者,机械通气间歇期雾化如果选择氧气驱动雾化,高氧状态下会抑制呼吸中枢,加重 CO₂ 潴留,故应选择空气驱动雾化^[1,3,7-8]。对于机械通气同时雾化吸入治疗的研究多针对机械通气间歇期氧气驱动雾化与机械通气同时氧气驱动雾化的效果对比,结果均得出机械通气同时氧气驱动雾化效果更好^[9-11],而机械通气同时氧气驱动雾化对雾化过程中患者二氧化碳分压(PaCO₂)的影响未见报道。研究指出,机械通气能够使 COPD 急性加重患者 PaCO₂ 显著下降^[12-13]。本研究将易导致患者氧浓度增加、CO₂ 潴留的氧气驱动雾化与能够降低患者 PaCO₂ 的机械通气结合起来,通过动态监测患者雾化过程中经皮二氧化碳分压(Transcutaneous Partial Pressure of Carbon Dioxide,PtCO₂),观察此种雾化方式的安全性及效果。根据上述研究,机械通气间歇期应选择空气驱动雾化,如果将机械通气与空气驱动雾化结合,可能更有利于降低患者雾化过程中的 PaCO₂。对于 COPD 急性加重患者病情严重或伴有严重 CO₂ 潴留时,需依赖机械通气辅助呼吸,雾化吸入治疗和机械通气治疗不可避免地需要同时进行,但目前尚无研究针对机械通气同时雾化吸入治疗时不同气体驱动的效果对比。鉴于此,本研究针对机械通气同时雾化吸入的 COPD 急性加重患者,通过对比氧气驱动雾化和空气驱动雾化对患者雾化过程中 PtCO₂ 的影响及治疗效果,为临床机械通气同时雾化吸入治疗提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2021 年 9 月至 2022 年 6 月入

表 1 两组一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI(kg/ m ² , $\bar{x} \pm s$)	APACHE II 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	吸烟史 (例)	GOLD 分级(例)			高血压 (例)	糖尿病 (例)	心脏病 (例)
		男	女					II	III	IV			
氧气组	32	24	8	72.53±8.65	22.34±4.81	11.22±3.41	20	6	15	11	15	7	14
空气组	32	27	5	71.88±10.05	21.75±3.80	12.38±4.09	23	7	18	7	12	9	20
统计量		$\chi^2=0.869$		$t=0.280$	$t=0.548$	$t=1.230$	$\chi^2=0.638$	$Z=-0.920$			$\chi^2=0.577$	$\chi^2=0.333$	$\chi^2=2.259$
P		0.351		0.364	0.579	0.218	0.424	0.358			0.488	0.564	0.133

1.2 方法

1.2.1 实施方法 ①机械通气的设置。研究对象均使用飞利浦公司生产的 V 60 无创呼吸机,模式为自主呼吸/时间模式(Spont/Time, S/T)。机械通气参数:调整通气压力使潮气量在 8~10 mL/kg,吸气相压力(Inspiratory Positive Airway Pressure, IPAP) 16~20 cmH₂O,呼气相压力(Expiratory Positive Airway Pressure, EPAP) 4~6 cmH₂O^[15-16],使血氧饱和度维持在 0.92 以上,并根据治疗过程中血气分析结果及时调整。患者每日无创呼吸机佩戴时间控

住我院呼吸与危重症医学科机械通气同时雾化吸入的 COPD 急性加重患者作为研究对象。纳入标准:①符合《慢性阻塞性肺疾病诊治指南 2021 年修订版》^[1] COPD 急性加重患者的诊断标准;②年龄>18 岁;③氧疗方式为机械通气与鼻导管吸氧交替使用,每日机械通气使用时间 10 h;④能正常沟通交流;⑤自愿参与本次研究且签署知情同意书。排除标准:①有面部或胃、食管手术史;②头面部外伤,固有的鼻咽部异常;③并存其他严重消化、泌尿、神经等系统脏器疾病;④其他机械通气治疗禁忌证如严重昏迷、巨大肺大疱、气胸、纵隔气肿、休克、肺癌、间质性肺疾病等。脱落标准:①因病情需要更改其他辅助通气治疗方式;②使用过程中出现严重并发症,如肺大疱、气胸、纵隔气肿等;③家属或患者要求中途退出研究;④自动出院或者患者死亡。样本量计算根据重复测量方差分析样本量的计算方法,使用公式:
$$n = \frac{2\sigma^2(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{\delta^2} \left\{ \left[\frac{1}{r} + (1 - \frac{1}{r})\rho \right] - \frac{\rho^2}{1/\rho + (1-1/\rho)\rho} \right\}$$
根据文献^[14],PtCO₂ 数值最小临床意义变化值为 $\delta = 4$ mmHg,标准差 $\sigma = 11.58$, $\alpha = 0.05$, $1 - \beta = 0.8$,双侧检验,干预措施实施后测量次数 $r = 6$,干预措施实施前测量次数 $p = 1$, ρ 取常数 0.65,计算得出每组样本量为 $n = 29$ 例,考虑到 10% 的样本脱落率,每组样本量为 32 例。本研究已在中国临床试验中心网站注册(注册号:ChiCTR2200056251),并获常州市第一人民医院伦理委员会审核[2021(科)CL241-01]。由计算机生成随机数字表,将患者随机分为氧气组和空气组,编号置于密封信封内,实行分配隐藏,且随机分组人员不参与研究方案实施。两组一般资料比较,见表 1。

制在 10 h。②氧气组与空气组雾化方法。氧气组在使用机械通气过程中,将与呼吸机管道能够连接的雾化罐串联在面罩和呼吸回路之间,雾化罐底部接管道与中心氧气连接,利用中心氧气驱动雾化,流量均给予 6 L/min^[17-18]。空气组雾化罐连接方式与氧气组保持一致,雾化罐底部接管道与中心空气连接,利用中心空气驱动雾化,流量均给予 6 L/min。③雾化治疗方案。雾化药液均为布地奈德混悬液 1 mg+沙丁胺醇 5 mg+复方异丙托溴铵 250 μ g 为一组,每 8 小时吸入 1 次;N-乙酰半胱氨酸 5 mg 吸入,2 次/d^[6]。雾

化吸入时间均为 15 min,吸药后彻底漱口,治疗时间为 7 d。

1.2.2 观察指标 ①PtCO₂。经皮二氧化碳监测仪是将传感器探头置于涂有导电胶的皮肤上(本研究将探头置于眉头上方 1 cm 处),局部皮肤温度会增加,该部位皮肤血流量大幅度增加,从而使该部位附近的毛细血管动脉化后,进一步利用传感器探头监测到 PtCO₂。该仪器最大的优点是既避免了反复穿刺给患者带来痛苦,又可观察到患者 PtCO₂ 的动态波动。有研究指出 PtCO₂ 可以及时准确地反映动脉血 PaCO₂^[19]。记录时间点为雾化 0 min、5 min、10 min、15 min(即雾化结束点),雾化结束后 5 min、10 min、15 min。雾化结束后在机械通气条件下继续监测 15 min PtCO₂。②动脉血气分析。主要包括 PaO₂、PaCO₂ 及 pH 值。抽取动脉血气时间均遵医嘱于治疗前,治疗第 4、7 天 7:00~8:00 进行,监测时均在机械通气条件下,穿刺桡动脉抽取动脉血,抽血后立即予床边血气分析仪检测(罗氏 cobas b123 血气分析仪)。③COPD 患者自我评估测试(COPD Assessment Test,CAT)^[20]。包含咳嗽、咳痰、胸闷、爬楼或爬坡、日常劳动、外出信心、睡眠、精力 8 个问题,总分 0~40 分。评估时间为治疗前,治疗第 4 天、第 7 天,均选择当日下午雾化后测评。④咳嗽咳痰情况。运用痰量和痰质症状积分量表^[21]进行评分,该量表由痰量和痰质两部分组成,每个部分又分为日间评分和夜间评分,总分 0~12 分。分别于治疗前,治疗第 4 天、第 7 天下午雾化后进行评分。

1.2.3 质量控制 成立课题小组,组织小组成员进

行研究过程中涉及的临床操作如无创呼吸机的使用、雾化吸入操作、经皮二氧化碳监测仪的使用、动脉血气分析采集及检测培训和考核,培训各量表的正确评估和使用,资料的正确收集及记录等。随机分组人员、招募人员、数据整理和统计人员不得进行课题方案实施。对数据统计人员实施盲法。双人进行资料核对、整理及录入,减少录入误差。

1.2.4 统计学方法 采用 SPSS26.0 软件分析。采用重复测量的方差分析,不满足协方差矩阵博克斯检验时采用广义估计方程。对于计量资料满足正态性分布,以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 *t* 检验;不服从正态分布,以 *M*(*P*₂₅,*P*₇₅)描述,采用秩和检验;计数资料组间比较采用 χ^2 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组雾化不同时间 PtCO₂ 动态监测结果比较 本研究中氧气组脱落 2 例(1 例因病情需要更改氧疗方式,1 例自动出院),空气组脱落 2 例(2 例均自动出院),最终氧气组 30 例、空气组 30 例纳入统计分析。重复测量方差分析显示,两组协方差矩阵博克斯等同性检验不一致(*P*=0.018),故采用广义估计方程进行检验,结果见表 2。氧气组 PtCO₂ 在雾化过程随时间变化趋势较平坦,雾化结束后随时间呈明显的下降趋势;空气组雾化过程中 PtCO₂ 随时间处于下降趋势,雾化结束后 PtCO₂ 变化趋势逐渐平坦。此外,氧气组雾化结束点与雾化开始点 PtCO₂ 之间的差值为 0.75(−1.35,2.35),空气组为−3.40(−5.93,−1.58),两组比较,差异有统计学意义(*Z* = −4.390, *P* < 0.001)。

表 2 两组雾化不同时间 PtCO ₂ 比较								mmHg, $\bar{x} \pm s$
组别	例数	雾化 0 min	雾化 5 min	雾化 10 min	雾化 15 min	结束 5 min	结束 10 min	结束 15 min
氧气组	30	67.69±12.00	67.00±12.24	67.63±12.42	67.92±12.30	66.20±12.07 ^b	64.94±12.21 ^{ab}	63.82±11.50 ^{ab}
空气组	30	64.05±9.95 ^b	61.46±8.20 ^{ab}	60.08±8.09 ^a	59.20±7.44 ^a	58.25±6.75 ^a	58.29±7.14 ^a	57.54±6.93 ^a

注:两组比较,Wald $\chi^2_{\text{组间}}=6.867, P=0.009$;Wald $\chi^2_{\text{时间}}=66.202, P<0.001$;Wald $\chi^2_{\text{交互}}=62.250, P<0.001$ 。与同组雾化 0 min 比较,^a*P*<0.05;与同组雾化 15 min 比较,^b*P*<0.05。

2.2 两组不同治疗时间 PaCO₂ 比较 见表 3。

表 3 两组不同治疗时间 PaCO ₂ 比较					mmHg, $\bar{x} \pm s$
组别	例数	治疗前	治疗第 4 天	治疗第 7 天	
氧气组	30	80.29±15.30	66.82±11.45	64.61±9.06	
空气组	30	73.35±13.33	61.60±8.96	59.10±8.38	
<i>t</i>		1.871	1.966	2.463	
<i>P</i>		0.066	0.054	0.017	

注:两组比较,*F*_{组间} = 6.870, *P* = 0.011; *F*_{时间} = 49.658, *P* < 0.001; *F*_{交互} = 0.156, *P* = 0.856。

2.3 两组不同治疗时间 PaO₂、pH 值、CAT 评分及痰液症状积分比较 见表 4。

3 讨论

3.1 机械通气同时雾化吸入能够改善患者的 PaCO₂、pH 值、CAT 评分和痰液症状评分 本研究中两组患者 PaCO₂、pH 值,CAT 评分、痰液症状积分均随治疗时间的推移出现好转,说明无论选择何种气体驱动雾化,机械通气同时雾化吸入治疗均能取得良好的治疗效果。研究指出,机械通气同时雾化吸入治疗提供了优于单独雾化治疗的优势^[22],机械通气增加了潮气量,降低了呼吸频率,更有利于雾化微粒的输送。代冰等^[23]运用体外模拟肺研究表明,喷射雾化吸入装置置于呼吸回路中对呼吸机的控制性能、触发性能和实际潮气量不会造成影响。雾化器位置及吸气相压力、呼气相压力的设置会影响雾

化吸入治疗时气溶胶输送,当雾化器置于面罩和呼气阀之间时,气溶胶输送效率更高,当吸气相压力设置较高和呼气相压力设置较低时能够促进气溶胶输送^[17,22,24]。故本研究中两组患者均在机械通气条件

下进行雾化吸入治疗,且机械通气参数设置和雾化器位置的选择均有利于气溶胶输送,保证了两组患者的治疗效果。

表 4 两组不同治疗时间 PaO₂、pH 值、CAT 评分及痰液症状积分比较 $\bar{x} \pm s$

组别	例数	PaO ₂ (mmHg)			pH 值			CAT 评分			痰液症状积分		
		治疗前	第 4 天	第 7 天	治疗前	第 4 天	第 7 天	治疗前	第 4 天	第 7 天	治疗前	第 4 天	第 7 天
氧气组	30	88.20±31.70	93.89±26.61	100.49±23.59	7.35±0.41	7.40±0.05	7.40±0.04	32.90±1.86	26.73±3.98	21.80±5.75	8.13±1.57	6.03±1.75	4.37±2.09
空气组	30	88.99±23.64	103.20±28.00	89.16±24.17	7.36±0.05	7.40±0.03	7.40±0.04	33.27±1.99	25.67±3.25	20.63±4.51	7.80±1.37	5.67±1.32	3.77±1.48
<i>F</i> _{组间}		0.009			0.075			0.606			1.521		
<i>F</i> _{时间}		2.419			33.435 [*]			286.029 [*]			198.050 [*]		
<i>F</i> _{交互}		2.573			0.276			1.482			0.274		

注: ^{*} *P*<0.05。

3.2 机械通气同时氧气驱动雾化使雾化过程中 Pt-CO₂ 维持相对稳定,影响 CO₂ 排出 COPD 急性加重患者低氧状态下可刺激劲动脉体和主动脉体化学感受器,兴奋呼吸中枢,使呼吸加深加快,促进 CO₂ 排出,故当氧浓度增加时,呼吸中枢运动减弱,呼吸肌运动受到抑制,则易使 CO₂ 潴留加重^[17,22]。COPD 急性加重患者机械通气模式通常选择双水平正压通气模式,该模式能够在患者吸气时提供一定的吸气相压力,辅助患者呼吸,减少呼吸肌做功,呼气时提供呼气相压力,能够降低患者气道塌陷^[25],通过吸气相与呼气相压力差促进患者体内 CO₂ 排出^[26]。本研究中患者在机械通气作用下,即使氧气驱动雾化增加了氧浓度,也未出现 CO₂ 潴留加重,说明在机械通气条件下即使增加了氧浓度,使患者呼吸中枢运动减弱,但无创呼吸机能够辅助患者呼吸肌运动,依然能够排出潴留的 CO₂,使本应上升的 PtCO₂ 维持相对稳定。目前多项研究均表明机械通气能够显著降低 COPD 急性加重患者 CO₂ 潴留、降低插管率^[27-28]。本研究结果还显示,氧气组雾化结束后 PtCO₂ 呈下降趋势,表明去除雾化这一因素后患者 PtCO₂ 下降,说明患者在非氧气驱动雾化的条件下通过自身呼吸肌运动和机械通气的协同作用可有效降低体内 CO₂ 潴留。因为在氧气驱动雾化条件下患者自身呼吸肌运动受到抑制,所以机械通气同时氧气驱动雾化时只能够使患者 PtCO₂ 维持相对稳定,而不能降低患者 PtCO₂,因此氧气组影响了患者体内 CO₂ 的排出。综上所述,对于易致 CO₂ 潴留加重的氧气驱动雾化操作,联合机械通气能够在一定程度上保持 CO₂ 的稳定,但对于需紧急降低 CO₂ 潴留的 COPD 急性加重患者,机械通气同时氧气驱动雾化不能迅速降低患者 CO₂ 潴留而只是维持相对稳定,可能会对患者产生不利影响,临床操作时需慎重。

3.3 机械通气同时空气驱动雾化能够使患者雾化过程中 PtCO₂ 下降 本研究显示,机械通气同时空气驱动雾化能够使雾化过程中 PtCO₂ 随时间呈下降趋势,说明机械通气同时空气驱动雾化能够降低患者雾化过程中 PtCO₂。驱动气体为空气时保证了患者雾化过程中氧浓度不会增加,不会抑制患者呼吸肌运动,故不

会导致患者 CO₂ 潴留的进一步加重,同时无创通气可降低 CO₂ 潴留,因此空气组出现雾化过程中 PtCO₂ 随时间而下降。空气组雾化结束后患者各时间点 Pt-CO₂ 与雾化 15 min 比较,差异无统计学意义(均 *P*>0.05),进一步说明机械通气同时空气雾化不会干扰机械通气降低 CO₂ 的功能。栗玲等^[29]研究也显示机械通气同时空气驱动雾化在 24 h 内能够显著降低患者 PaCO₂。Bardsley 等^[14]研究得出,空气驱动雾化不会导致 COPD 急性加重患者雾化过程中 PtCO₂ 上升。上述研究结果均与本研究相似。故机械通气同时空气驱动雾化在保证患者雾化效果的同时又促进了 CO₂ 排出,对于 COPD 急性加重伴有严重的 CO₂ 潴留的Ⅱ型呼吸衰竭的患者是值得推荐的。

3.4 机械通气同时空气驱动雾化更能降低患者动脉血 PaCO₂ 本研究结果显示两组患者治疗过程中 PaCO₂ 变化在组间主效应上存在统计学差异,对各时间点 PaCO₂ 单独进行组间对比发现,治疗第 7 天两组存在统计学差异,说明空气组较氧气组在治疗 7 d 后更能降低患者治疗后 PaCO₂。栗玲等^[29]研究得出,无创同时空气驱动雾化能明显改善患者治疗 5 d 后的 PaCO₂,结果与本研究类似。分析原因,氧气组患者每日 3 次雾化治疗均需要经历氧浓度的增加,即每日 3 次患者体内 CO₂ 排出会受到一定程度的干扰,而空气组患者雾化治疗时氧浓度未增加,患者 CO₂ 的排出从始至终均不受干扰,短暂的干扰可能并不会使两组组间 PaCO₂ 产生差异,但经过 7 d 干扰效应的累积,两组最终在治疗 7 d 后 PaCO₂ 产生统计学差异。但由于本研究样本量较少,以往机械通气同时雾化的研究较少,该结果还需进一步研究加以验证。

4 结论

本研究对比在机械通气条件下 COPD 急性加重患者两种驱动气体雾化吸入治疗,结果显示两种雾化驱动气体均能取得良好的治疗效果。其中机械通气同时氧气驱动雾化能够使雾化过程中 PtCO₂ 维持相对稳定。而机械通气同时空气驱动雾化能够降低雾化过程中 PtCO₂,更加适用于 COPD 急性加重伴有严重 CO₂ 潴留的Ⅱ型呼吸衰竭患者。临床操作时应根据

COPD 急性加重患者病情严重情况科学选择安全的雾化吸入方法。

参考文献:

- [1] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组, 中国医师协会呼吸医师分会慢性阻塞性肺疾病工作委员会. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2021 年修订版)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2021, 44(3): 170-205.
- [2] Frat J P, Coudroy R, Thille A W. Non-invasive ventilation or high-flow oxygen therapy: when to choose one over the other? [J]. *Respirology*, 2019, 24(8): 724-731.
- [3] Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease 2020 report[EB/OL]. (2019-11-05)[2020-08-10]. <https://gold-copd.org/gold-reports/>.
- [4] 中华医学会临床药学会《雾化吸入疗法合理用药专家共识》编写组. 雾化吸入疗法合理用药专家共识(2019 年版)[J]. 医药导报, 2019, 38(2): 135-146.
- [5] 汤莹, 杜光. 我国雾化吸入疗法的临床应用现状及用药误区[J]. 医药导报, 2019, 38(12): 1557-1561.
- [6] 隗强, 邵换璋, 常薇, 等. 机械通气雾化吸入治疗临床路径[J]. 中华危重病急救医学, 2020, 32(12): 1409-1413.
- [7] Lim T K, Chee C B, Chow P, et al. Ministry of Health Clinical Practice Guidelines: Chronic Obstructive Pulmonary Disease[J]. *Singapore Med J*, 2018, 59(2): 76-86.
- [8] 尤黎明. 内科护理学[M]. 7 版. 北京: 人民卫生出版社, 2022: 105-107.
- [9] 彭丽. AECOPD 并呼吸衰竭患者的两种不同吸入方法治疗效果的研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2015.
- [10] 王凡. 无创正压通气治疗合并 II 型呼吸衰竭的老年慢性阻塞性肺病急性加重患者的临床疗效及安全性分析[D]. 苏州: 苏州大学, 2018.
- [11] 刘振国, 王顺达, 张红英, 等. 无创正压通气联合氧气驱动雾化吸入对慢性阻塞性肺疾病并呼吸衰竭患者的影响[J]. 实用心脑血管病杂志, 2018, 26(10): 88-91.
- [12] 刘莉敏, 李玉磊, 李春, 等. 无创呼吸机治疗老年慢性阻塞性肺病急性加重呼吸衰竭的疗效及其对动脉血气的影响[J]. 中国老年学杂志, 2020, 40(9): 1854-1856.
- [13] 滕文哲, 陈虎, 石思瑶, 等. 双水平正压通气治疗慢性阻塞性肺病急性加重期并发 II 型呼吸衰竭效果的 Meta 分析与试验序贯分析[J]. 中国全科医学, 2022, 25(2): 227-235.
- [14] Bardsley G, Pilcher J, Mckinstry S, et al. Oxygen versus air-driven nebulisers for exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: a randomised controlled trial[J]. *BMC Pulm Med*, 2018, 18(1): 157.
- [15] Maccari J G, Teixeira C, Gazzana M B, et al. Inhalation therapy in mechanical ventilation[J]. *J Bras Pneumol*, 2015, 41(5): 467-472.
- [16] 翟孝民. 氧气驱动雾化吸入联合无创通气对慢性阻塞性肺病合并呼吸衰竭疗效观察[J]. 中国药物与临床, 2021, 21(1): 75-77.
- [17] 冯玉麟. 成人慢性气道疾病雾化吸入治疗专家共识[J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2012, 11(2): 105-110.
- [18] 瞿茜, 商薇薇, 胡婉婷, 等. 成人雾化吸入护理实践的最佳证据总结[J]. 中华现代护理杂志, 2021, 27(20): 2697-2702.
- [19] 刘璇, 刘世江, 刘存明. 经皮氧和二氧化碳分压与动脉血氧和二氧化碳分压的相关性[J]. 江苏医药, 2013, 39(13): 1542-1544.
- [20] 姜艳平. 联合 CAT 量表和血清合肽素用于 AECOPD 患者的临床评估及风险预测[D]. 南京: 东南大学, 2012.
- [21] 张志恒. 痰热清注射液超声雾化吸入对慢性支气管炎急性发作(痰热郁肺型)患者的疗效观察[D]. 哈尔滨: 黑龙江省中医药科学院, 2020.
- [22] Reychler G, Michotte J B. Development challenges and opportunities in aerosol drug delivery systems in non-invasive ventilation in adults[J]. *Expert Opin Drug Deliv*, 2019, 16(2): 153-162.
- [23] 代冰, 彭云, 胡春香, 等. 呼吸机参数和雾化位置对无创正压通气时雾化吸入气溶胶输送效率的影响[J]. 临床肺科杂志, 2018, 23(1): 5-9.
- [24] Xu M, Dai B, Peng Y, et al. Effect of jet nebulization on noninvasive positive-pressure ventilation administered with noninvasive or intensive care unit ventilators: a bench study[J]. *Respiration*, 2019, 97(4): 355-362.
- [25] 唐娜. BiPAP 联合 PS 治疗早产儿呼吸窘迫综合征的护理[J]. 护理学杂志, 2014, 29(3): 35-36.
- [26] 王雯, 黄云娟, 吴小庆. 慢性心力衰竭伴睡眠呼吸暂停患者无创机械通气的应用及护理进展[J]. 护理学杂志, 2014, 29(11): 91-94.
- [27] 蒋明彦, 刘国平, 刘中华, 等. 两种不同吸入方法治疗慢性阻塞性肺病合并呼吸衰竭效果的研究[J]. 临床肺科杂志, 2016, 21(9): 1624-1627.
- [28] Kim D K, Lee J, Park J H, et al. What can we apply to manage acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease with acute respiratory failure? [J]. *Tuberc Respir Dis (Seoul)*, 2018, 81(2): 99-105.
- [29] 栗玲, 沈瑶, 杨叶梦, 等. 无创机械通气串联雾化吸入治疗老年慢性阻塞性肺病急性加重期合并 II 型呼吸衰竭的临床观察[J]. 老年医学与保健, 2020, 26(2): 245-249.

(本文编辑 吴红艳)