

• 专家共识 •

# 机械通气雾化吸入治疗临床路径

隗强<sup>1</sup> 邵换璋<sup>1</sup> 常薇<sup>2</sup> 尚明升<sup>3</sup> 刘莉莉<sup>4</sup> 曹晓露<sup>5</sup> 刘小超<sup>6</sup> 刘林纳<sup>7</sup> 高胜浩<sup>8</sup>

王东平<sup>8</sup> 司高峰<sup>9</sup> 孙振淇<sup>3</sup> 侯远坡<sup>1</sup> 秦秉玉<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 河南省人民医院重症医学科, 郑州 450003; <sup>2</sup> 郑州大学第一附属医院 SICU, 河南郑州 450003;

<sup>3</sup> 郑州大学附属郑州中心医院 RICU, 河南郑州 450003; <sup>4</sup> 河南大学第一附属医院心血管重症医

学科, 开封 475000; <sup>5</sup> 河南科技大学第一附属医院重症医学科, 洛阳 471000; <sup>6</sup> 新乡医学院第一

附属医院 RICU, 河南新乡 453000; <sup>7</sup> 新乡医学院第一附属医院重症医学科, 河南新乡 453000;

<sup>8</sup> 河南省人民医院呼吸与危重症医学科, 郑州 450003; <sup>9</sup> 河南省肿瘤医院 ICU, 郑州 450003

通信作者: 秦秉玉, Email: nicolasby@126.com

**【摘要】** 近年来,雾化吸入治疗越来越普遍地用于机械通气患者,而人工气道的建立改变了气溶胶输送环境和方式,目前已有《机械通气时雾化吸入专家共识》指导临床,但是由于雾化吸入步骤繁琐,药品繁多,很多呼吸机不支持雾化吸入治疗,同时雾化吸入的疗效受众多因素影响,如呼吸机模式选择、参数设置、加温湿化、人工鼻和过滤器的使用等,往往导致临床治疗效果不佳,甚至对呼吸机造成损坏。为规范机械通气雾化吸入技术的临床应用,避免操作中可能出现的诸多问题,河南省医学会重症医学分会呼吸治疗学组委员共同讨论,得出本临床路径,为机械通气雾化吸入的实际操作和给药提供临床参考。

**【关键词】** 机械通气; 雾化吸入; 临床路径

**基金项目:** 河南省科技攻关项目(2017T02056)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20201223-00771

## Clinical path of mechanical ventilation and atomization inhalation therapy

Wei Qiang<sup>1</sup>, Shao Huanzhang<sup>1</sup>, Chang Wei<sup>2</sup>, Shang Mingsheng<sup>3</sup>, Liu Lili<sup>4</sup>, Cao Xiaolu<sup>5</sup>, Liu Xiaochao<sup>6</sup>, Liu Linna<sup>7</sup>, Gao Shenghao<sup>8</sup>, Wang Dongping<sup>8</sup>, Si Gaofeng<sup>9</sup>, Sun Zhenqi<sup>3</sup>, Hou Yuanpo<sup>1</sup>, Qin Bingyu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Critical Care Medicine, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450003, Henan, China; <sup>2</sup>SICU of the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450003, Henan, China; <sup>3</sup>RICU of Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou 450003, Henan, China; <sup>4</sup>Department of Cardiovascular Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Henan University, Kaifeng 475000, Henan, China; <sup>5</sup>Department of Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, Henan, China; <sup>6</sup>RICU of the First Affiliated Hospital of Xinxiang Medical College, Xinxiang 453000, Henan, China; <sup>7</sup>Department of Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Xinxiang Medical College, Xinxiang 450003, Henan, China; <sup>8</sup>Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450003, Henan, China; <sup>9</sup>ICU of Henan Cancer Hospital, Zhengzhou 450003, Henan, China

Corresponding author: Qin Bingyu, Email: nicolasby@126.com

**【Abstract】** In recent years, atomization inhalation therapy has been more and more commonly used in patients with mechanical ventilation. However, the establishment of artificial airway has changed the environment and mode of aerosol delivery. Currently, *Expert consensus on atomization inhalation during mechanical ventilation* has been established to guide clinical practice. However, many ventilators do not support the treatment of aerosol inhalation due to the tedious procedures and numerous drugs. At the same time, the therapeutic effect of atomization inhalation is affected by many factors, such as ventilator mode selection, parameter setting, heating and humidification, using of artificial nose and filter, etc., which often results in poor clinical effects or even damage to the ventilator. In order to standardize the clinical application of mechanical ventilation atomization inhalation technology and avoid many possible problems in operation, the committee members of Respiratory Therapy Group of Severe Medicine Branch of Henan Medical Association discussed and concluded this clinical path, so as to provide clinical reference for the actual operation and drug administration of mechanical ventilation atomization.

**【Key words】** Mechanical ventilation; Aerosol inhalation; Clinical path

**Fund program:** Henan Science and Technology Project (2017T02056)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20201223-00771

雾化吸入是通过专用装置使药物形成微粒悬浮于气体中,随吸入气体进入患者呼吸系统,从而起到治疗效果<sup>[1]</sup>。雾化吸入具有起效快、局部药物浓度高、疗效好、应用方便等优点,是治疗呼吸系统相关疾病的有效方法。

机械通气是重症监护病房(ICU)患者不可替代的治疗方法,ICU患者在机械通气期间使用雾化治疗的概率高达99%<sup>[2-3]</sup>。由于雾化吸入操作步骤繁琐,使用药品繁多,很多呼吸机不支持雾化吸入治疗,同时雾化吸入的疗效受众多因素(如呼吸机模

式选择、参数设置、加温湿化、人工鼻和过滤器的使用等)影响,往往导致临床使用效果不佳。为规范机械通气雾化吸入技术的临床应用,河南省医学会重症医学分会呼吸治疗学组委员共同讨论,总结出本临床路径,为机械通气雾化吸入的实际操作提供临床参考。

## 1 目的

① 抗炎;② 缓解气道痉挛;③ 祛痰;④ 预防呼吸系统并发症。

## 2 适应证

① 慢性气道疾病急性发作:重症哮喘、慢性阻塞性肺疾病急性加重(AECOPD)、支气管扩张等;② 气道损伤性疾病:急性气道梗阻、吸入有毒有害气体或机械性因素造成的气道损伤等;③ 各系统疾病合并的肺部感染;④ 其他:喉镜、支气管镜、胸部外科手术及相关检查等<sup>[4]</sup>。

## 3 禁忌证

雾化吸入疗法选择药物时应注意以下情况:

① 患者对吸入药物中任一成分过敏;② 患者无法耐受(呼吸困难、心律失常等)。

## 4 常用雾化吸入药物种类及剂量

**4.1 吸入性糖皮质激素(ICS):**ICS在雾化药物中使用最为广泛,以独特的作用影响细胞和分子产生炎症因子,降低炎症水平,是一类局部作用的气道抗炎药物。目前在中国临床常用的ICS主要为3种,包括布地奈德、丙酸倍氯米松和丙酸氟替卡松。吸入用布地奈德混悬液:每次1~2 mg,每日2次。丙酸倍氯米松吸入用混悬液:每次0.8 mg,每日1~2次。丙酸氟替卡松吸入气雾剂:每次100~250 μg,每日2次。

### 4.2 支气管舒张剂

**4.2.1 选择性β<sub>2</sub>受体激动剂:**常用类型为短效β<sub>2</sub>受体激动剂(SABA),具有起效迅速、作用时间短等优势,代表药物为特布他林和沙丁胺醇。有研究表明,特布他林对β<sub>2</sub>受体的选择性及对肥大细胞膜的稳定作用优于沙丁胺醇<sup>[5]</sup>。

**4.2.2 胆碱受体拮抗剂:**常用类型为短效胆碱受体拮抗剂(SAMA),代表药物为异丙托溴铵。SAMA对支气管的舒张作用弱于SABA,主要原因是其阻断突触前膜上M<sub>2</sub>受体,可促使神经末梢释放乙酰胆碱,因而部分削弱了阻断M<sub>3</sub>受体所带来的支气管舒张作用。应注意药物配伍禁忌,如复方异丙托溴铵不能与其他药品混合用于雾化吸入<sup>[6]</sup>。特布他林雾化液:每次5 mg(2 mL),每日3次。硫酸沙丁

胺醇雾化液:每次2.5~5.0 mg,每日4次。异丙托溴铵雾化液:每次500 μg,每日3~4次。

**4.3 黏液溶解剂:**N-乙酰半胱氨酸为目前常用的雾化剂型化痰药,可打断二硫键,快速溶解黏稠痰液,提高纤毛的清除能力,使痰液液化而易于排出。同时具有抗炎、抗氧化、局部免疫调节、降低微生物致病力、重建糖皮质激素治疗的敏感性等作用。雾化吸入剂量:每次300 mg,每日1~2次,持续5~10 d。

**4.4 抗感染药物:**目前可雾化吸入的抗感染药物较少,仅有少量药物可以雾化吸入。两性霉素B可治疗严重的系统性真菌感染<sup>[7]</sup>,α-干扰素可用于新型冠状病毒肺炎患者的治疗<sup>[8]</sup>。

两性霉素B:每次5~10 mg,在灭菌注射用水中溶解至浓度为0.2%~0.3%后使用;超声雾化吸入时浓度为0.01%~0.02%,每次5~10 mL,每日2~3次。

α-干扰素<sup>[8]</sup>:每次5000 kU,加入灭菌注射用水2 mL,每日2次,疗程控制在10 d以内。

可根据患者的临床反应调整剂量。另外,雾化微粒会在呼吸管上沉降,并且受雾化器与呼吸机功能的影响,会不可避免地造成呼气相时雾化药物的浪费,所以相对经口鼻雾化吸入治疗,应适当增加药物剂量与给药频率等<sup>[9]</sup>。不建议非雾化吸入剂型的药物以雾化吸入的方式给药。

## 5 治疗前评估

操作前通常需要对患者进行综合评估,包括基础病史、生命体征、呼吸困难情况、气道通畅情况、分泌物、机械通气监测参数等。

**5.1 基础病史:**有慢性阻塞性肺疾病(COPD)、哮喘等基础肺部疾病的患者,可给予雾化抗炎治疗。COPD、支气管扩张、肺部感染等患者常出现气道内分泌物增多,可给予雾化化痰治疗。围手术期全麻、气管插管易导致膈肌活动度降低、肺容积减少、黏液纤毛清除功能受损,雾化治疗可减轻支气管阻塞,改善通气情况,维持气道功能,减少术后并发症的发生。

**5.2 生命体征:**雾化治疗前须关注患者的生命体征,如出现脉搏血氧饱和度(SpO<sub>2</sub>)下降,心率、血压变化超过20%,呼吸频率<5次/min或>40次/min<sup>[10]</sup>等生命体征变化,需暂缓雾化治疗,给予必要处理。

**5.3 呼吸困难情况评估:**如果患者出现了呼吸频率、深度以及节律的异常,出现口唇发绀或三凹征,听诊肺部出现干、湿啰音,心电监护仪显示SpO<sub>2</sub>下降等,均提示存在气道高张高阻状态。

**5.4 气道通畅情况评估:**气道通畅的评估指标为呼

吸功能、分泌物的量与黏稠度、咳嗽、咳痰能力等。气道不通畅可能由于各种原因所致气道狭窄。

**5.5 分泌物评估<sup>[11]</sup>**: ① 分泌物的量: 不同疾病严重程度患者的痰液量有很大差异, 国内常用以下标准衡量: 轻度为痰液量 < 10 mL/d, 中度为痰液量 10 ~ 150 mL/d, 重度为痰液量 > 150 mL/d。② 分泌物的黏稠度: 吸痰时将分泌物的性状和在吸痰管内的附壁情况作为主要判断标准, 黏稠度分为 3 度。I 度: 分泌物较稀薄, 呈泡沫样, 抽吸后吸痰管内壁无分泌物滞留; II 度: 分泌物的外观较 I 度黏稠, 抽吸后吸痰管内壁有少量分泌物滞留, 易冲洗干净; III 度: 分泌物的外观较黏稠, 抽吸后吸痰管内壁有大量分泌物滞留, 且不易冲洗干净。

## 6 呼吸机模式及参数设置

根据机械通气时呼吸机工作的特性, 选择合适的模式及参数, 不同的机械通气模式及参数设置使雾化吸入治疗达到的效果也有差异。

**6.1 模式选择**: 在外接流量驱动雾化时, 容量型辅助控制通气模式 (V-A/C) 下, 患者吸入潮气量大于设置潮气量, 峰值压力 (Ppeak) 增大; 而在压力型辅助控制通气模式 (P-A/C) 下, 潮气量和 Ppeak 无明显改变。因此建议在雾化吸入时选用 P-A/C 模式; 若需要 V-A/C 模式, 可适当降低预设潮气量<sup>[12-14]</sup>。

## 6.2 参数设置

**6.2.1 潮气量设置**: 为保证气溶胶输送至下呼吸道, 需增加有效通气量。成人机械通气雾化吸入时, 如无禁忌证, 潮气量应 ≥ 500 mL, 同时需监测平台压 (Pplat) ≤ 30 cmH<sub>2</sub>O (1 cmH<sub>2</sub>O = 0.098 kPa), 驱动压 (ΔP) ≤ 15 cmH<sub>2</sub>O, 因为过高的潮气量可能会增加呼吸机相关性肺损伤 (VILI) 的发生风险<sup>[12, 15-16]</sup>。

**6.2.2 流速设置**: 与高流速 (80 L/min) 相比, 低流速 (≤ 40 L/min) 时气溶胶在下呼吸道沉积率更高<sup>[12, 16]</sup>,

建议流速设置在 30 ~ 50 L/min。

**6.2.3 吸气时间**: 在保证呼气完全的前提下, 适当延长吸气时间 / 呼吸周期时间比值 (Ti/Ttot = 0.5), 可增加气溶胶在下呼吸道的沉积率<sup>[16]</sup>。

**6.2.4 触发方式**: 使用外接流量驱动的喷射雾化器治疗时, 选择流量触发可导致触发困难<sup>[5, 17-18]</sup>, COPD 患者产生的内源性呼气末正压 (PEEPi) 会使其触发更加困难<sup>[19]</sup>, 且流量触发更易损坏流量传感器<sup>[20]</sup>, 因此建议选择压力触发, 并适当降低触发阈值。

**6.2.5 氧浓度**: 当采用外接氧气作为雾化驱动时, 需根据患者的氧合指标适当降低呼吸机氧浓度<sup>[13]</sup>。

**6.2.6 呼气末正压 (PEEP)**: 无需改变 PEEP 设置, 但建议采用低水平 PEEP<sup>[15]</sup>。

## 7 雾化吸入装置的种类与应用

目前临床上可用于呼吸机的雾化吸入装置主要为小容量喷雾器, 包括喷射雾化器、振动筛孔雾化器、超声雾化器和压力定量气雾吸入器 (pMDI)<sup>[9, 21-22]</sup>。不同种类雾化器的特点见表 1。

## 8 临床疗效与评价

临床疗效的评价指标有患者症状体征缓解程度、气道阻力的变化、痰液变化、血气分析指标等。

**8.1 症状和体征**: ① 原有呼吸系统症状消失或改善; ② 呼吸频率、心率或脉搏恢复正常, SpO<sub>2</sub> 上升<sup>[23]</sup>。

**8.2 呼吸力学指标**: 通过呼吸力学监测评价治疗效果, 治疗旨在降低气道阻力: ① 观察 Ppeak 与 Pplat 之间的差异, 若差异减小, 表明气道阻力降低。② 动态观察呼吸机波形, 监测流量-容积曲线及呼气相峰流速的变化, 如果呼气相峰流速增加, 则表示患者气道阻力下降。

**8.3 分泌物的变化**: 主要从分泌物的量和性状变化进行评估: 分泌物的量较前减少, 黏稠度明显降低, 表明疗效尚可, 可继续原方案治疗; 反之, 可适当调

表 1 不同种类雾化吸入装置的特点

类型	优点	缺点
喷射雾化器	价格便宜, 使用成本低; 结构简单, 经久耐用; 部件容易清洗消毒, 临床应用广泛	有噪音; 需要外接压缩气体驱动装置, 易导致患者吸气触发困难; 产生的雾化药液微粒大小不均一; 容易被管路中的冷凝水污染
振动筛孔雾化器	噪音小, 轻便易携带, 可用电池作为移动电源; 药液置于呼吸管路上方, 不被管路内的冷凝水污染; 雾化效率高, 残留药量少, 能随时调整雾化吸入药物; 产生的雾化药液微粒大小均一, 不产生额外气流, 不干扰呼吸机工作	价格昂贵, 使用成本高; 耐久性尚未确认
超声雾化器	出雾量大; 安静无噪音, 没有额外气流产生	需要电源 (多为交流电源); 破坏蛋白质, 易吸入过量水分; 目前不推荐用于药物吸入治疗, 需额外加装转接装置连接呼吸机
压力定量气雾吸入器	外形轻巧、便携, 使用方便; 配有计量装置; 装置不需要维护	吸入技巧不易掌握; 含有抛射剂; 受极端温度影响, 需额外加装储物罐连接呼吸机

整药物剂量、用药频率及基础治疗方案。

**8.4 动脉血气分析指标:** pH 值正常或接近正常, 动脉血氧分压(PaO<sub>2</sub>) 呈现明显升高趋势, 动脉血二氧化碳分压(PaCO<sub>2</sub>) 呈现明显下降趋势, 说明雾化吸入治疗有效<sup>[24-26]</sup>。

### 9 机械通气雾化吸入治疗临床路径流程图

临床工作中结合诊断与治疗方案, 总结 ICU 患者机械通气雾化吸入的初始评估流程(图 1) 以及雾化治疗的操作流程(图 2), 供临床应用与参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

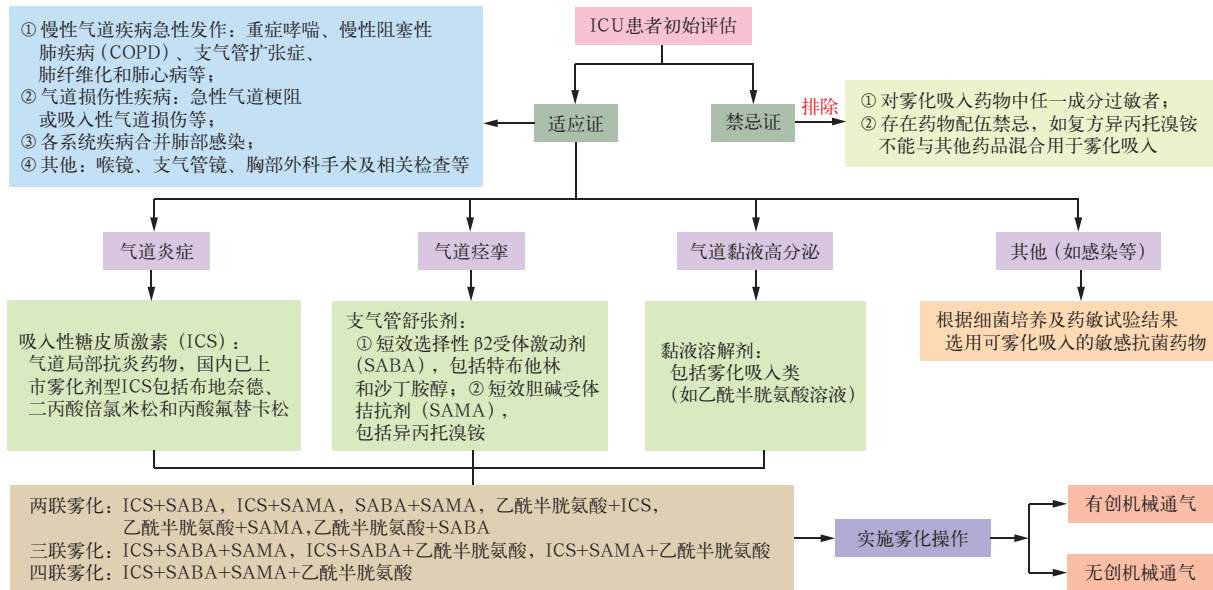


图 1 重症监护病房(ICU)患者机械通气雾化吸入的初始评估流程

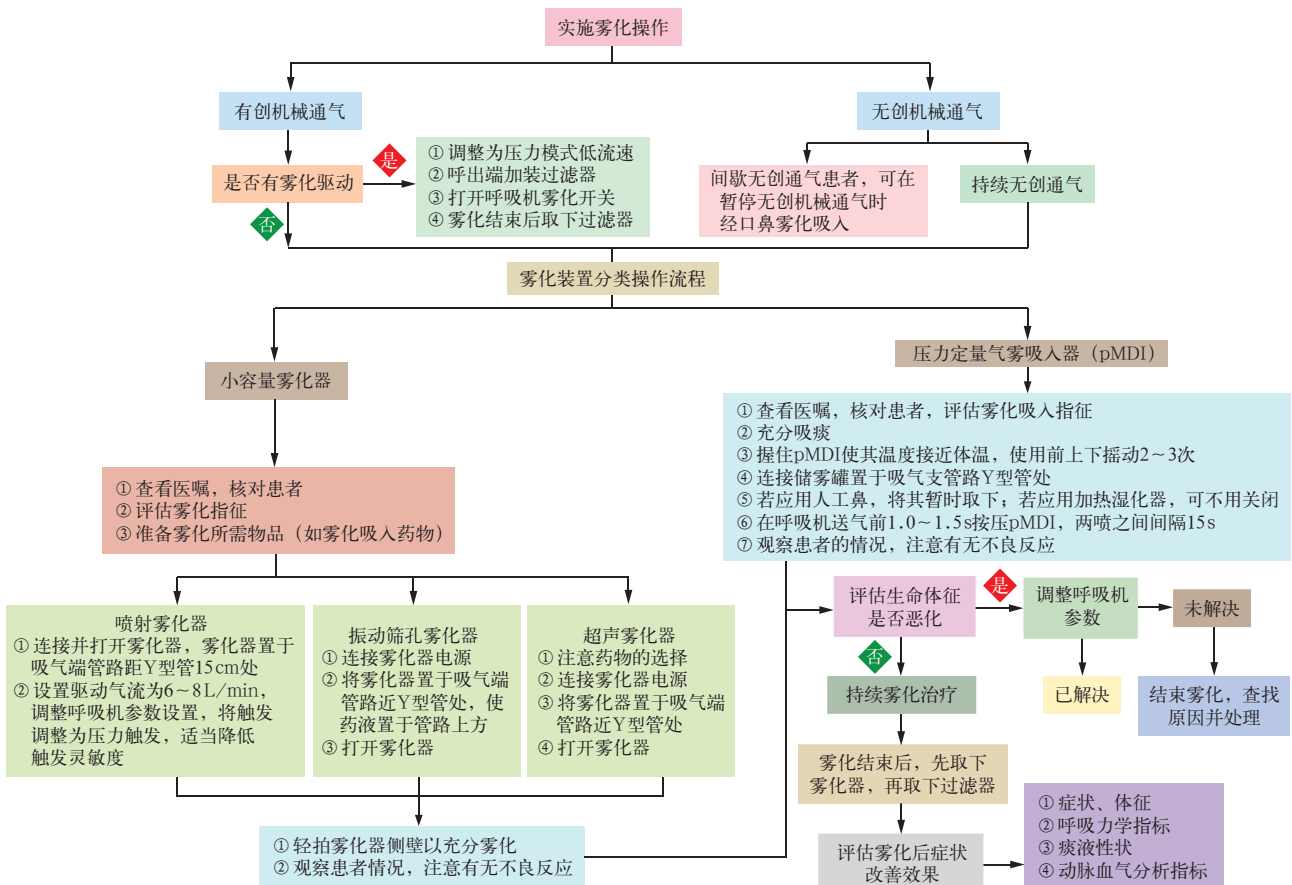


图 2 机械通气雾化治疗操作流程

## 参考文献

- [1] Guillon A, Darrouzain F, Heuzé-Vourc'h N, et al. Intra-tracheal amikacin spray delivery in healthy mechanically ventilated piglets [J]. *Pulm Pharmacol Ther*, 2019, 57: 101807. DOI: 10.1016/j.pupt.2019.101807.
- [2] 贺慧为, 杨春丽, 陈志, 等. 以驱动压为导向的镇静策略对机械通气患者预后影响的研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2020, 32 (10): 1217-1220. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200514-00385. He HW, Yang CL, Chen Z, et al. Study on the effect of sedation strategy guided by driving pressure on prognosis of patients with mechanical ventilation [J]. *Chin Crit Care Med*, 2020, 32 (10): 1217-1220. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200514-00385.
- [3] 莫敏, 刘松桥, 杨毅. 热湿交换器和加温加湿器对呼吸机相关性肺炎发生率影响的荟萃分析 [J]. *中国危重病急救医学*, 2011, 23 (9): 513-517. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2011.09.001. Mo M, Liu SQ, Yang Y. Efficacy of heat and moisture exchangers and heated humidifiers in preventing ventilator-associated pneumonia: a Meta-analysis [J]. *Chin Crit Care Med*, 2011, 23 (9): 513-517. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2011.09.001.
- [4] Onoue H, Marubayashi R, Ishikawa E, et al. Syntheses and biological activities of the LMNO, ent-LMNO, and NOPQR(S) ring systems of maitotoxin [J]. *J Org Chem*, 2017, 82 (18): 9595-9618. DOI: 10.1021/acs.joc.7b01658.
- [5] Ari A, Fink JB, Dhand R. Inhalation therapy in patients receiving mechanical ventilation: an update [J]. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*, 2012, 25 (6): 319-332. DOI: 10.1089/jamp.2011.0936.
- [6] 中国医师协会急诊医师分会, 中国人民解放军急救医学专业委员会, 北京急诊医学学会, 等. 雾化吸入疗法急诊临床应用专家共识 (2018) [J]. *中国急救医学*, 2018, 38 (7): 565-574. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2018.07.002. Emergency Physician Branch of Chinese Medical Doctor Association, Chinese People's Liberation Army Emergency Medicine Professional Committee, Beijing Society of Emergency Medicine, et al. Expert consensus on the emergency clinical application of nebulized inhalation therapy (2018) [J]. *Chin Emerg Med*, 2018, 38 (7): 565-574. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2018.07.002.
- [7] 中华医学会临床药学分会《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. DOI: 10.3870/j.issn.1004-0781.2019.02.001. Clinical Pharmacy Branch of Chinese Medical Association Expert consensus on rational use of nebulized inhalation therapy Writing Group. Expert consensus on rational use of nebulized inhalation therapy (2019) [J]. *Med Herald*, 2019, 38 (2): 135-146. DOI: 10.3870/j.issn.1004-0781.2019.02.001.
- [8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案 (试行第八版) [EB/OL]. (2020-08-19) [2020-10-20]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/downloadFiles/a449a3e2e2c94d9a856d5faea2ff0f94.pdf>. National Health Commission of the People's Republic of China. Diagnosis and treatment protocol for coronavirus disease 2019 (trial version 8) [EB/OL]. (2020-08-19) [2020-10-20]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/downloadFiles/a449a3e2e2c94d9a856d5faea2ff0f94.pdf>.
- [9] 中华医学会呼吸病学分会呼吸治疗学组. 机械通气时雾化吸入专家共识 (草案) [J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2014, 37 (11): 812-815. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2014.11.005. Respiratory Therapeutics Group of the Chinese Medical Association Respiratory Diseases. Expert consensus on nebulization inhalation during mechanical ventilation (draft) [J]. *Chin J Tuberc Respir*, 2014, 37 (11): 812-815. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2014.11.005.
- [10] 倪莹莹, 王首红, 宋为群, 等. 神经重症康复中国专家共识 (上) [J]. *中国康复医学杂志*, 2018, 33 (1): 7-14. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.01.003. Ni YY, Wang SH, Song WQ, et al. Consensus of Chinese experts on critical neurological rehabilitation (Part 1) [J]. *Chin J Rehabilitation Med*, 2018, 33 (1): 7-14. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.01.003.
- [11] 中国病理生理危重病学会呼吸治疗学组. 重症患者气道廓清技术专家共识 [J/OL]. *中华重症医学电子杂志 (网络版)*, 2020, 6 (3): 272-282. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2020.03.007. Respiratory Therapy Group of Chinese Society of Critical Care Medicine. Expert consensus of airway clearance in critically ill patients [J/OL]. *Chin J Crit Care Intensive Care Med (Electronic Edition)*, 2020, 6 (3): 272-282. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2020.03.007.
- [12] 李洁, 曹志新, 詹庆元. 影响机械通气患者雾化吸入疗效的因素 [J]. *中国呼吸与危重监护杂志*, 2005, 4 (6): 484-487. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6205.2005.06.028. Li J, Cao ZX, Zhan QY. Factors involved in the therapeutic effects of aerosol inhalation on patients during mechanical ventilation [J]. *Chin J Respir Crit Care Med*, 2005, 4 (6): 484-487. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6205.2005.06.028.
- [13] 叶桦. 呼吸机不同参数设置的雾化对慢性阻塞性肺疾病机械通气患者呼吸力学指标的影响 [J]. *护理与康复*, 2016, 15 (8): 778-780. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9875.2016.08.021. Ye H. The effect of aerosolization with different parameter settings of the ventilator on the respiratory mechanics indexes of patients with chronic obstructive pulmonary disease and mechanical ventilation [J]. *Nurs Rehabil*, 2016, 15 (8): 778-780. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9875.2016.08.021.
- [14] 中华医学会创伤学分会神经损伤专业组. 创伤性脑损伤患者气道雾化吸入治疗中国专家共识 [J]. *中华创伤杂志*, 2020, 36 (6): 481-485. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2020.06.001. Nerve Injury Professional Group, Trauma Branch of Chinese Medical Association. Inhalation administration consensus for patients with traumatic brain injury in China [J]. *Chin J Trauma*, 2020, 36 (6): 481-485. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2020.06.001.
- [15] Santini A, Votta E, Protti A, et al. Driving airway pressure: should we use a static measure to describe a dynamic phenomenon? [J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43 (10): 1544-1545. DOI: 10.1007/s00134-017-4850-9.
- [16] Guerin C, Fassier T, Bayle F, et al. Inhaled bronchodilator administration during mechanical ventilation: how to optimize it, and for which clinical benefit? [J]. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*, 2008, 21 (1): 85-96. DOI: 10.1089/jamp.2007.0630.
- [17] Ehrmann S, Roche-Campo F, Bodet-Contentin L, et al. Aerosol therapy in intensive and intermediate care units: prospective observation of 2808 critically ill patients [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42 (2): 192-201. DOI: 10.1007/s00134-015-4114-5.
- [18] Dhand R. Aerosol delivery during mechanical ventilation: from basic techniques to new devices [J]. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*, 2008, 21 (1): 45-60. DOI: 10.1089/jamp.2007.0663.
- [19] 李艳花, 苏锐, 王娟娟, 等. 雾化吸入在慢性阻塞性肺疾病急性加重有创机械通气患者中的临床应用 [J]. *中国药物与临床*, 2019, 19 (13): 2258-2260. DOI: 10.11655/zgywylc2019.13.056. Li YH, Su R, Wang JJ, et al. Clinical application of nebulized inhalation in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and invasive mechanical ventilation [J]. *Chin Rem Clin*, 2019, 19 (13): 2258-2260. DOI: 10.11655/zgywylc2019.13.056.
- [20] Kadrihu N, Daniher D. Improvement of an *in vitro* model to assess delivered dose and particle size for a vibrating mesh nebulizer during mechanical ventilation [J]. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*, 2018, 31 (2): 94-102. DOI: 10.1089/jamp.2017.1372.
- [21] Michotte JB, Jossen E, Roeseler J, et al. *In vitro* comparison of five nebulizers during noninvasive ventilation: analysis of inhaled and lost doses [J]. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*, 2014, 27 (6): 430-440. DOI: 10.1089/jamp.2013.1070.
- [22] Dolovich MB, Dhand R. Aerosol drug delivery: developments in device design and clinical use [J]. *Lancet*, 2011, 377 (9770): 1032-1045. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)60926-9.
- [23] 蒋龙元, 唐柚青, 李奇林, 等. 院前急救雾化治疗流程指引 [J]. *中国急救医学*, 2018, 38 (10): 833-836. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2018.10.001. Jiang LY, Tang YQ, Li QL, et al. Guidelines for pre-hospital emergency atomization treatment process [J]. *Chin Emerg Med*, 2018, 38 (10): 833-836. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2018.10.001.
- [24] 高威. 机械通气下甲泼尼龙联合异丙托溴铵雾化吸入治疗重症哮喘合并呼吸衰竭的效果 [J]. *中外医学研究*, 2020, 18 (1): 10-12. DOI: 10.14033/j.cnki.cfmr.2020.01.005. Gao W. Effect of methylprednisolone combined with ipratropium bromide atomization inhalation on severe asthma combined with respiratory failure under mechanical ventilation [J]. *Chin Foreign Med Res*, 2020, 18 (1): 10-12. DOI: 10.14033/j.cnki.cfmr.2020.01.005.
- [25] 崔朝勃, 高秀玲, 刘淑红, 等. 布地奈德混悬液雾化吸入对慢性阻塞性肺疾病合并呼吸衰竭机械通气的影响 [J]. *中国呼吸与危重监护杂志*, 2008, 7 (4): 268-270. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6205.2008.04.009. Cui CB, Gao XL, Liu SH, et al. Effects of the budesonide nebulization in the treatment of mechanically ventilated patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Chin J Respir Crit Care Med*, 2008, 7 (4): 268-270. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6205.2008.04.009.
- [26] Fink J, Ari A. Aerosol delivery to intubated patients [J]. *Expert Opin Drug Deliv*, 2013, 10 (8): 1077-1093. DOI: 10.1517/17425247.2013.790362.