

成人机械通气患者雾化吸入管理的最佳证据总结

彭杨耀^{1,3}, 秦淑文^{1,2}, 胡芬^{2,3}, 黄晶晶⁴, 胡抗抗¹, 陈沁⁵, 黄杨曦⁶, 李晨¹, 胡琴¹

摘要:目的 总结机械通气患者雾化吸入的最佳证据,为临床护理提供指引。方法 计算机检索 UpToDate、国际指南协作网、JBI 证据总结数据库、PubMed、Web of Science、中国知网、万方数据、医脉通指南网等数据库。检索时限为 2013 年 1 月至 2023 年 11 月。结果 共纳入文献 16 篇;从雾化吸入准备、治疗工具选择、雾化器放置位置、设备参数设置与用法选择、院感预防与职业防护、设备维护与管理、药物使用管理、不良事件 8 个方面汇总 30 条最佳证据。结论 总结的机械通气患者雾化吸入管理最佳证据,可作为指引用于临床护理。

关键词:住院患者; 机械通气; 雾化吸入; 证据总结; 循证护理

中图分类号:R472 **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2024.11.055

Summary of best evidence for aerosol delivery in mechanically ventilated adult patients

Peng Yangyao, Qin Shuwen, Hu Fen, Huang Jingjing, Hu Kangkang, Chen Qin, Huang Yangxi, Li Chen, Hu Qin. Department of Neurosurgery, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430062, China

Abstract: Objective To summarize the best evidence for aerosol delivery in mechanically ventilated adult patients and provide guidance for nursing practice. **Methods** A literature search of UpToDate, Guidelines International Network, Joanna Briggs Institute Evidence Synthesis, PubMed, Web of Science, China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Wanfang Data, and MedGuides Network was conducted through January 2013 to November 2023. **Results** A total of 16 articles were included. Thirty pieces of evidence were summarized and categorized into eight aspects: preparation, tool selection, nebulizer placement, parameter setting and mode selection, nosocomial infection prevention and occupational protection, equipment maintenance and management, drug use management, and adverse events. **Conclusion** The summarized best evidence for aerosol delivery in mechanically ventilated patients can be used as a reference guide for clinical nursing.

Keywords: hospitalized patient; mechanical ventilation; aerosol delivery; evidence summary; evidence-based nursing

呼吸功能受损的危重症患者常采用机械通气(Mechanical Ventilation, MV)提高患者肺泡通气量并降低患者呼吸做功,以提高血氧饱和度,为危重症患者呼吸治疗的主要措施之一^[1]。雾化吸入是将水分和药液通过特制的装置形成气溶胶的液体微滴或固体微滴,吸入并沉积于呼吸道和肺泡靶器官,从而达到治疗疾病的效果,具有操作便捷、用量少、起效快等特点^[2]。机械通气患者使用雾化治疗的概率 $>90\%$ ^[3-4]。气溶胶从雾化装置中产生输送入呼吸机管路,并在正压的作用下输送抵达下呼吸道,整个过程受到多种复杂因素的影响,如雾化器类型、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。规范雾化治疗中的各个环节有利于提高雾化药物的输送效率和治疗效果^[5]。然而,我国机械通气雾化治疗仍不规范,各医疗机构在雾化实施方面存在较大差异^[6]。鉴此,笔者广泛查阅文献,归纳总结最佳证据,为机械通气患者雾化

吸入操作提供循证依据和实践指引。

1 资料与方法

1.1 确立循证问题 循证问题采用 PICO 构建。目标人群(Population, P):接受机械通气治疗的患者。干预措施(Intervention, I):雾化吸入。实施者或执行者(Professional, P):重症监护病房的医护人员。结局指标(Outcome, O):雾化治疗的药物沉降率、气道内痰液黏稠度、相关并发症发生率。证据应用场所(Setting, S):重症监护病房。证据类型(Type of Evidence, T):临床决策,指南,专家共识,系统评价,随机对照试验,证据总结。本研究已在复旦大学循证护理中心注册,注册号为 ES20233699。

1.2 文献检索策略 文献证据按照“6S”证据金字塔模型,从上至下进行检索^[1]。检索数据库为 UpToDate、BMJ Best Practice、英国国家医疗保健优化研究所(NICE)、美国国立实践技术指南库(NGC)、苏格兰校际指南网(SIGN)、国际指南协作网(GIN)、Cochrane Library、JBI 证据总结数据库、PubMed、Web of Science、中国生物医学文献数据库(CBM)、中国知网、万方数据、医脉通指南网。采用主题词结合自由词的方式进行检索。英文检索词:administration, inhalation, respirations, artificial。中文检索词:机械通气,人工气道,气管插管,气管切开;雾化吸入。检索时限为 2013 年 12 月至 2023 年 12 月。

作者单位:武汉大学中南医院 1. 神经外科 2. 护理部 3. 重症医学科 4. 整形美容科 5. 血液内科(湖北 武汉, 430062); 6. 香港大学李嘉诚医学院

彭杨耀:男,硕士,护师,pyydzaxx@126.com

通信作者:胡琴,164090169@qq.com

科研项目:2023 年武汉大学中南医院临床护理研究项目(LCHLYJ202302);中国农工民主党湖北省委员会 2023 年立项课题(HBNG2023090)

收稿:2023-12-28;修回:2024-02-29

1.3 证据的纳入及排除标准 纳入标准:①研究对象为重症监护病房中接受机械通气的成人患者;②干预措施为雾化吸入相关的治疗及管理措施;③文献类型为指南、系统评价、证据总结、随机对照试验、专家共识等;④发表语言为中文或英文。排除标准:①重复发表的文献;②文献信息不全,无法获取全文;③质量评价等级为C级的文献;④指南解读类型的文献。

1.4 文献质量评价

1.4.1 文献质量评价标准 ①指南,采用临床指南研究与评价系统II(AGREE II)^[7]进行质量评价;②随机对照试验、专家共识,采用澳大利亚JBI循证卫生保健中心(2016版)评价标准中相对应的标准^[8]进行质量评价,将来自UpToDate、JBI等权威数据库的临床决策作为高质量证据^[9]直接纳入;③临床决策、证据总结,采用证据总结批判性评价表(CASE)^[10]进行质量评价。

1.4.2 文献质量评价过程 纳入文献由2名接受过循证专业培训的护理硕士研究生进行独立评价,后交叉核对,若意见出现分歧,由第三人评价。

1.5 证据整合与分级 由2名研究人员(第1、第2作者)逐篇阅读最终纳入的文献。采用JBI证据分级及证据推荐级别系统(2014)^[11]将纳入证据所依据的原始文献进行证据等级划分,分为1~5级,1a级为最高级别,5c级为最低级别。必要时追溯原文献确定证据级别。

2 结果

2.1 文献纳入结果 共检索到文献4 805篇,去除重复并阅读标题和摘要后得到2 819篇,阅读全文并进行质量评价后最后纳入文献16篇,其中临床决策3篇^[12-14]、证据总结2篇^[15-16]、指南1篇^[17]、专家共识6篇^[18-23]、随机对照试验4篇^[24-27]。纳入文献的一般特征见表1。

表1 纳入文献的一般特征

纳入文献	发表年份(年)	证据来源	文献类型	文献主题
Dean等 ^[12]	2023	UpToDate	临床决策	成人吸入性药物
Dean等 ^[13]	2023	UpToDate	临床决策	成人吸入器的用法
Dean等 ^[14]	2023	UpToDate	临床决策	呼吸机管路
Overall ^[15]	2023	JBI	证据总结	机械通气患者:雾化吸入
瞿茜等 ^[16]	2021	中国知网	证据总结	成人雾化吸入护理实践的最佳证据总结
中华医学会重症医学分会重症呼吸学组 ^[17]	2022	万方数据	指南	机械通气患者雾化吸入治疗指南
Li等 ^[18]	2023	PubMed	专家共识	成人危重病患者的雾化治疗:关于各种呼吸支持模式下雾化吸入给药策略的共识声明
吴为等 ^[19]	2022	中国知网	专家共识	呼吸机雾化吸入疗法护理实践专家共识
中华医学会呼吸病学分会 ^[20]	2021	医脉通	专家共识	雾化祛痰临床应用的中国专家共识
中华医学会临床药学分会 ^[21]	2019	CBM	专家共识	雾化吸入疗法合理用药专家共识(2019年版)
中华医学会呼吸病学分会 ^[22]	2016	万方数据	专家共识	雾化吸入疗法在呼吸疾病中的应用专家共识
中华医学会呼吸病学分会呼吸治疗学组 ^[23]	2014	医脉通	专家共识	机械通气时雾化吸入的专家共识(草案)
Zhang等 ^[24]	2021	Cochrane	随机对照试验	比较不同雾化装置放置位置对药物沉降率的影响
Galindo-Filho等 ^[25]	2019	PubMed	随机对照试验	比较振动筛孔雾化器喷雾器和喷射雾化器对药物沉降率的影响
Dugernier等 ^[26]	2016	Cochrane	随机对照试验	比较容量控制辅助通气和压力控制辅助通气的药物沉降率
Galindo-Filho等 ^[27]	2015	PubMed	随机对照试验	比较振动筛孔雾化器喷雾器和喷射雾化器对药物沉降率的影响

2.2 文献质量评价结果 ①指南。纳入1篇^[17]指南,6个领域标准化百分比:范围和目的88.10%,参与人员69.05%,严谨性62.05%,清晰性85.72%,应用性76.77%,独立性48.22%。质量为B级。予以纳入。②专家共识。纳入6篇^[18-23]专家共识,仅1篇^[23]的条目6评价结果为“否”,其余条目均评价为“是”。均采用。③临床决策和证据总结。纳入3篇^[12-14]临床决策,证据质量高,直接纳入;1篇^[15]证据总结,证据质量高,直接纳入;1篇^[16]证据总结采用CASE进行质量评价,仅第3条目评价为“不完全是”,其余条目评价均为“是”,予以纳入。④随机对照试验。纳入4篇^[24-27]随机对照试验,仅条目5和1篇^[27]的条目6评价为“不清楚”,其余条目评价均为“是”,整体质量较高,均予以纳入。

2.3 证据汇总 通过证据提取与整合,从雾化吸入

准备、治疗工具选择、雾化器放置位置、设备参数设置与用法选择、院感预防与职业防护、设备维护与管理、药物使用管理、不良事件防范8个方面提取30条最佳证据,见表2。

3 讨论

3.1 机械通气患者雾化吸入的基础准备 机械通气患者在进行雾化吸入治疗时,宜选择坐位或半坐卧位,处于该体位时,可使膈肌下移、胸腔扩大,从而增加支气管气体交换量,增加药物沉降率^[21]。为确保吸入的药物更好地到达肺部,在雾化吸入前应进行充分吸痰,以提高雾化治疗效果^[16]。呼吸机管路中往往有较多接头和弯头,呼吸机送气时容易在管道接头或弯头处形成湍流,导致雾化时药物大量沉积,输送至呼吸道的雾化药量降低,使用非直角型管路可使输送至下呼吸道的药量明显增加^[28]。此外,雾化吸入时应暂时取下人

工鼻,以避免因人工鼻吸附大量气溶胶而降低雾化效果。对于使用密闭式吸痰装置的机械通气患者,雾化吸入无需取下吸痰装置,密闭式吸痰装置可维持气道

在机械通气过程中的密闭性,减少患者呼吸道黏膜损伤及减少含菌气溶胶对周围环境的污染,降低呼吸系统的交叉感染,减少呼吸机相关性肺炎的发生^[29]。

表 2 机械通气患者雾化吸入管理的最佳证据

类别	证据汇总	证据等级
雾化吸入准备	1. 操作前应根据患者情况使用气道廓清技术协助患者排痰,有创机械通气患者应充分吸痰 ^[16-17,23]	5b
	2. 若无禁忌证,雾化吸入时应采用坐位或半坐位,抬高床头 30~50° ^[21]	5b
	3. 呼吸机雾化吸入治疗时无需取下密闭式吸痰装置 ^[14]	1a
治疗工具选择	4. 有创机械通气患者使用小容量雾化器进行雾化吸入治疗时,建议使用振动筛孔雾化器。使用压力定量气雾吸入器(Pressurized Metered-dose Inhaler, pMDI)进行雾化吸入治疗时,建议选择腔体式储雾器 ^[19,25,27]	1c
	5. 无创机械通气若使用 pMDI 进行雾化吸入治疗时,宜选择无漏孔的面罩,与储雾器搭配使用 ^[18-19]	5b
雾化器放置位置	6. 使用振动筛孔雾化器时,雾化器宜放置在吸气端管路距 Y 型接口 80 cm 处 ^[24]	1c
	7. 若呼吸机设置偏置气流,宜将小容量雾化器放置于加热湿化器进气口处;未设置偏置气流时,宜将小容量雾化器放置于吸气端距离 Y 形管 15 cm 处 ^[18-19]	2c
	8. 使用 pMDI 及腔体式储雾器时,建议将其放置于吸气端管路 Y 型管处 ^[19]	2c
设备参数设置与用法选择	9. 每次驱动前应振摇 pMDI 以确保每次吸入剂量一致,两次驱动 pMDI 的间隔时间应为 15~30 s ^[13]	5b
	10. pMDI 首次使用前或至少 2 周末使用时,应预喷(根据具体装置选择,至少喷出 4 剂) ^[13]	5b
	11. 在呼吸机呼气初同步按压 pMDI 可提高输送效率 ^[19]	2c
	12. 外接气源驱动喷射雾化器时,建议适当调整呼吸机报警范围和患者触发灵敏度设置,雾化吸入治疗结束后恢复原设置 ^[23]	5b
	13. 容量辅助/控制通气比压力支持模式具有更高的药物沉降率,不宜以增加增加潮气量或改变吸气暂停时间以提高药物沉降率 ^[17,26]	2c
	14. 外接流量驱动雾化时,宜选用压力辅助控制通气模式,若需使用容量辅助控制通气模式,宜适当降低预设潮气量 ^[19]	5b
	15. 低流速(≤40 L/min)时气溶胶在下呼吸道沉积率更高,流速宜设置在 30~50 L/min ^[17]	5b
	16. 若呼吸机需要外接气源驱动喷射雾化器时,宜适当下调吸氧浓度或使用压缩空气进行雾化 ^[23]	5b
院感预防与职业防护	17. 机械通气期间应保持呼吸机管路完整,防止气溶胶扩散,若需暂时断开连接,宜将管路盖上盖帽,呼吸机设置待机状态,以减少肺泡去张和患者来源的气溶胶 ^[15]	1c
	18. 医护人员在为机械通气患者进行操作时,遵循预防措施,佩戴适当的个人防护装备,避免气溶胶污染 ^[15]	5b
	19. 进行雾化治疗时,操作者需在治疗前后洗手,减少患者间病原菌的传播 ^[22]	5b
	20. 为避免交叉感染,宜选择一次性雾化器;若需重复使用,应做到专人专用,使用完毕用无菌蒸馏水冲洗干净,置于通风处晾干保存;疑有污染时,消毒灭菌后方可使用 ^[20,22]	5b
	21. 机械通气患者使用雾化器进行雾化吸入治疗时,应在呼吸机呼气端连接过滤器;定期检查、更换过滤器 ^[19,23]	4a
设备维护与管理	22. 呼吸机雾化吸入治疗期间建议暂时取下外置流量传感器,避免仪器损耗 ^[19]	5b
	23. 过滤器可增加患者的呼气阻力,每次雾化治疗后更换呼气过滤器,或在持续给予气雾剂时每 2~4 小时更换 1 次 ^[14]	5b
	24. 若储雾器/储雾罐每日使用,宜用温水和稀释的餐具洗涤剂 1~2 周清洗 1 次 ^[13]	2b
药物使用管理	25. 若使用喷射雾化器进行呼吸机雾化吸入治疗,宜将药液稀释至 4~6 mL ^[12,19]	2c
	26. 医护人员应充分了解各种药物在同一雾化器中配伍使用的相容性和稳定性,宜使用单一药物,避免不同药物混合使用 ^[19,22]	2c
	27. 非雾化吸入剂型的抗感染药物不宜用作雾化使用 ^[21]	5b
不良事件防范	28. 雾化吸入后应及时洗脸或用湿毛巾擦拭口鼻部以下的雾珠,避免药物残留引起皮肤过敏或受损以及口腔干燥症、龋齿、口腔黏膜改变、溃疡、牙龈炎、牙周炎、味觉障碍等多种口腔疾病 ^[21-22]	5b
	29. 若需抽取动脉血气,宜待雾化治疗结束 20 min 后再执行,以保证结果的准确性 ^[23]	5b
	30. 当出现急剧频繁咳嗽及喘息加重时,若是雾化吸入过快或过猛导致,应放缓雾化吸入的速度;若患者出现震颤、肌肉痉挛、呼吸急促等不适,应及时停药,通知医生 ^[21]	5b

3.2 机械通气患者雾化治疗装置的选择与使用 供机械通气患者雾化吸入装置主要为小容量喷雾器,常见种类主要为喷射雾化器(Jet Nebulizer, JN)、振动筛孔雾化器(Vibrating Mesh Nebulizers, VMN)、超声雾化器和 pMDI^[22,30-31]。2023 年 Li 等^[18]发表的专家共识推荐机械通气患者使用 VMN 或 pMDI 进行雾化治疗。在机械通气患者使用小容量雾化装置时,建议使用 VMN 进行治疗^[15]。VMN 雾化效率高,产生的雾化药液微粒大小均等,且药液置于呼吸机管路上方,雾化产生的残留药量少,不会被呼吸机管道内的冷凝水污染,不影响呼吸机的正常工作;但较价格

便宜的喷射雾化器,VMN 的价格昂贵,且耐久性尚未得到临床实践确认^[22,31]。有多项体外雾化吸入研究^[32-35]表明,无论呼吸机参数的设置调整和雾化器放置位置改变,VMN 的雾化输送效率高于喷射雾化器。pMDI 雾化吸入装置配有计量装置,在临床使用便携、轻巧,但其吸入技巧临床医务人员不易掌握,且需要额外加装储雾罐连接呼吸机^[30]。一项前瞻性类实验性研究表明,在操作使用 pMDI 时,在呼吸机呼气初时同步按压 pMDI 可达到药物传递的最高效率^[36]。有临床决策建议机械通气的患者使用 pMDI 进行雾化吸入治疗时,搭配使用储雾器^[12]。

3.3 机械通气设备参数模式的设置 进行雾化吸入治疗的机械通气患者,不同的参数设置可能会导致不同的雾化效果^[37]。为提高雾化气溶胶的输送效率,设置呼吸机参数为高潮气量或高吸呼比,以增加药物肺部沉降率,但可能会造成肺部损伤的风险^[19,23]。一项随机对照研究显示,通过测量吸入的放射性标记,显示容量控制模式比压力支持模式具有更高的药物沉降率^[26]。但呼吸机设置压力支持模式或容量控制模式后潮气量的影响因素不完全相同,因此呼吸机的模式及参数在临床中的设置无法完全统一,仍需探索研究。机械通气患者使用外源性驱动雾化器时,呼吸机会受到额外增加的气流影响,可根据实际情况适当调整报警设置范围,并及时取下流量传感器以避免设备损坏,在治疗结束后及时恢复^[38]。此外,避免过多潮气量引起肺损伤,建议选择使用压力辅助控制模式,若需使用容量控制模式,可适当降低潮气量预设参数。

3.4 院感控制与设备管理 雾化治疗时会产生大量与患者呼出的病原体相结合的气溶胶。有研究表明,由此途径产生的气溶胶通过雾化器的喷射比正常咳嗽传播的范围更广、更远,更易造成病原体传播^[39]。使用 VMN 对机械通气患者进行雾化治疗时,可在无需断开呼吸机管路的情况下进行操作,但通过喷射雾化器和 pMDI 进行雾化治疗的机械通气患者,操作时需断开呼吸机管路,断开时则会增加医护人员获得气溶胶污染的风险。一项证据总结建议,如患者需暂时与呼吸机断开连接,应将管路盖上盖帽,呼吸机设置待机状态,以减少患者来源的气溶胶^[15]。其次,病毒/细菌过滤器可通过物理过滤和电荷吸附的双重作用对 0.1 μm 及以上的颗粒或液滴进行过滤,并对细菌、病毒等微生物进行电吸引,对常见的呼吸机管道病原菌有较好的滤过效果^[40]。因此建议在呼吸机的呼气端口加装过滤器,每次雾化后更换过滤器或持续雾化时每 2~4 小时更换过滤器,避免长时间使用使用通气阻力增加,影响患者的正常呼吸^[14,19,23]。

3.5 雾化药物使用的管理 机械通气患者雾化吸入时,应遵守药物使用的规范以确保有效性和安全性。雾化器的药液残留量会影响雾化效率,残留量越多,效率越低^[41]。建议使用喷射雾化器时,将药液量稀释至 4~6 mL,以传递更大的药液量^[19]。其次,机械通气限制了患者的呼吸功能,常需要增加药物剂量才能得到预期疗效。因此,医护人员实施雾化治疗前应充分了解各种药物在同一雾化器中的配伍相容性和稳定性,尽量避免不同药物混合使用。建议尽可能使用单一药物,以避免多种药物混合使用带来的配伍风险。雾化完毕,用无菌蒸馏水将雾化器冲洗干净,置于通风处晾干保存。疑有污染,消毒灭菌后方可使用,避免雾化吸入装置成为新的感染源。

3.6 不良事件的防范 雾化治疗的安全性虽然较

高,但治疗过程中可能会因为药物或设备引起相关不良事件的发生^[42]。无创机械通气患者使用面罩进行通气,残留的雾化药液刺激口鼻部皮肤,可能会导致口腔症状或周围皮肤受损,建议长期雾化治疗的患者定期进行口面部检查和护理^[16]。既往有肺部疾病或气道高反应患者,建议雾化吸入时加温雾化,无需关闭温湿化装置^[21];雾化治疗过程中注意观察和应对支气管痉挛情况;若出现震颤、呼吸急促等应及时停止雾化并报告医生及时处理。

4 结论

本研究总结了机械通气患者雾化吸入管理的最佳证据共 30 条,包括雾化吸入准备、治疗工具选择、雾化器放置位置、设备参数设置与用法选择、院感预防与职业防护、设备维护与管理、药物使用管理、不良事件防范 8 个方面,可为临床护理提供参考与指引。本文总结的证据源文献质量等级偏低,应用本证据时建议结合患者个体情况进行调整。当前,关于雾化药物的专项研究较少,今后可开展相关临床研究,丰富该领域的临床实证。

参考文献:

- [1] Liu L, Gao Z, Yang Y, et al. Economic variations in patterns of care and outcomes of patients receiving invasive mechanical ventilation in China: a national cross-sectional survey[J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11(7): 2878-2889.
- [2] 袁伟伟, 惠智艳, 沙海旺, 等. 人工气道集束化管理新进展[J]. *临床医学进展*, 2021, 11(9): 3905-3911.
- [3] 王曾庚, 杨春丽, 聂祥碧, 等. 热湿交换器和加热湿化器对呼吸机相关性肺炎发生率影响的荟萃分析[J]. *江西医药*, 2013, 48(1): 42-44.
- [4] 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.
- [5] Maccari J G, Teixeira C, Gazzana M B, et al. Inhalation therapy in mechanical ventilation[J]. *J Bras Pneumol*, 2015, 41(5): 467-472.
- [6] Zhang Z, Xu P, Fang Q, et al. Practice pattern of aerosol therapy among patients undergoing mechanical ventilation in mainland China: a web-based survey involving 447 hospitals[J]. *PLoS One*, 2019, 14(8): e0221577.
- [7] Brouwers M C, Kho M E, Browman G P, et al. AGREE II: advancing guideline development, reporting, and evaluation in health care[J]. *Prev Med*, 2010, 51(5): 421-424.
- [8] The Joanna Briggs Institute. Critical appraisal tools[EB/OL]. (2023-03-01)[2023-12-31]. <https://joannabriggs.org/critical-appraisal-tools>.
- [9] 张娜娜, 周彤, 王茜, 等. 老年冠心病并存衰弱患者运动康复的最佳证据总结[J]. *护理学杂志*, 2023, 38(17): 19-24.
- [10] Foster M J, Shurtz S. Making the Critical Appraisal for Summaries of Evidence (CASE) for evidence-based medicine (EBM): critical appraisal of summaries of evidence[J]. *J Med Libr Assoc*, 2013, 101(3): 192-198.

- [11] 詹昱新,喻姣花,万雅莉,等. 住院患者 ICU 过渡期护理的最佳证据总结[J]. 护理学杂志,2022,37(19):87-91.
- [12] Dean H, Rajiv D. Delivery of inhaled medication in adults [EB/OL]. (2023-11-02)[2023-12-10]. <https://www.uptodate.cn/contents/zh-Hans/delivery-of-inhaled-medication-in-adults>.
- [13] Dean H, Rajiv D. The use of inhaler devices in adults [EB/OL]. (2023-11-02)[2023-12-10]. <https://www.uptodate.cn/contents/zh-Hans/the-use-of-inhaler-devices-in-adults>.
- [14] Dean H, Rajiv D. The ventilator circuit [EB/OL]. (2022-05-12)[2023-12-10]. <https://www.uptodate.cn/contents/zh-Hans/the-ventilator-circuit>.
- [15] Overall B. Evidence Summary. Mechanically ventilated patients; nebulizer therapy [EB/OL]. (2022-02-23) [2023-12-10]. <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi? t=JS&PAGE=reference&D=jbi&NEWS=N&An=JB1114976>.
- [16] 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.
- [17] 中华医学会重症医学分会重症呼吸学组. 机械通气患者雾化治疗指南[J]. 浙江实用医学,2022,27(2):171-180.
- [18] Li J, Liu K, Lyu S, et al. Aerosol therapy in adult critically ill patients; a consensus statement regarding aerosol administration strategies during various modes of respiratory support[J]. *Ann Intensive Care*,2023,13(1):63.
- [19] 吴为,黄海燕,李菠,等. 呼吸机雾化吸入疗法护理实践专家共识[J]. 现代临床护理,2022,21(4):8-17.
- [20] 中华医学会呼吸病学分会. 雾化祛痰临床应用的专家共识[J]. 中华结核和呼吸杂志,2021,44(4):340-348.
- [21] 中华医学会临床药学会. 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.
- [22] 中华医学会呼吸病学分会. 雾化吸入疗法在呼吸疾病中的应用专家共识[J]. 中华医学杂志,2016,96(34):2696-2708.
- [23] 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.
- [24] Zhang C, Mi J, Zhang Z, et al. The clinical practice and best aerosol delivery location in intubated and mechanically ventilated patients; a randomized clinical trial[J]. *Biomed Res Int*,2021,2021:6671671.
- [25] Galindo-Filho V C, Alcoforado L, Rattes C, et al. A mesh nebulizer is more effective than jet nebulizer to nebulize bronchodilators during non-invasive ventilation of subjects with COPD; a randomized controlled trial with radiolabeled aerosols[J]. *Respir Med*,2019,153:60-67.
- [26] Dugernier J, Reychler G, Wittebole X, et al. Aerosol delivery with two ventilation modes during mechanical ventilation: a randomized study [J]. *Ann Intensive Care*,2016,6(1):73.
- [27] Galindo-Filho V C, Ramos M E, Rattes C S F, et al. Radioaerosol pulmonary deposition using mesh and jet nebulizers during noninvasive ventilation in healthy subjects[J]. *Respir Care*,2015,60(9):1238-1246.
- [28] Longest P W, Azimi M, Golshahi L, et al. Improving aerosol drug delivery during invasive mechanical ventilation with redesigned components[J]. *Respir Care*,2014,59(5):686-698.
- [29] 黄慧敏,王艳. 密闭式和开放式吸痰系统预防呼吸机相关性肺炎效果的 Meta 分析[J]. 中国循证医学杂志,2021,21(1):21-27.
- [30] Dolovich M B, Dhand R. Aerosol drug delivery: developments in device design and clinical use[J]. *Lancet*,2011,377(9770):1032-1045.
- [31] 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.
- [32] Ari A, Areabi H, Fink J B. Evaluation of aerosol generator devices at 3 locations in humidified and non-humidified circuits during adult mechanical ventilation[J]. *Respir Care*,2010,55(7):837-844.
- [33] Ari A, Dang T, Al Enazi F H, et al. Effect of heat moisture exchanger on aerosol drug delivery and airway resistance in simulated ventilator-dependent adults using jet and mesh nebulizers[J]. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*,2018,31(1):42-48.
- [34] ElHansy M H E, Boules M E, Farid H, et al. In vitro aerodynamic characteristics of aerosol delivered from different inhalation methods in mechanical ventilation[J]. *Pharm Dev Technol*,2017,22(6):844-849.
- [35] Liu C Y, Ko H K, Fink J B, et al. Size distribution of colistin delivery by different type nebulizers and concentrations during nechanical ventilation[J]. *Pharmaceutics*,2019,11(9):459.
- [36] Ke W R, Wang W J, Lin T H, et al. In vitro evaluation of aerosol performance and delivery efficiency during mechanical ventilation between soft mist inhaler and pressurized metered-dose inhaler [J]. *Respir Care*,2020,65(7):1001-1010.
- [37] 王琳,关纯,秦贤,等. 不同模式与参数设置下机械通气时雾化吸入对呼吸力学指标的影响[J]. 中华危重病急救医学,2018,30(11):1036-1040.
- [38] Kadrichu 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.
- [39] 吴颖,王聪,冯梅,等. 新型冠状病毒肺炎患者呼吸治疗相关部分高风险操作的院感防控建议[J]. 实用心脑血管病杂志,2020,28(3):5-8.
- [40] Vanderbroucke-Grauls C M, Teeuw K B, Balleman K, et al. Bacterial and viral removal efficiency, heat and moisture exchange properties of four filtration devices [J]. *J Hosp Infect*,1995,29(1):45-56.
- [41] Dhand R. How should aerosols be delivered during invasive mechanical ventilation? [J]. *Respir Care*,2017,62(10):1343-1367.
- [42] 冯玉麟. 成人慢性气道疾病雾化吸入治疗专家组. 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.