

## · 技术与方法 ·

# 一次性喷洒管联合电子支气管镜 在重症肺炎患者床旁肺泡灌洗中的应用

吴阿晨,赵颖,朱海荣,吉新风,葛淑华

(空军军医大学第一附属医院 呼吸与危重症医学科,陕西 西安 710032)

**【摘要】 目的** 探讨一次性喷洒管联合电子支气管镜在重症肺炎患者接受床旁支气管肺泡灌洗术中的应用效果。**方法** 2023年10月至2024年10月,便利抽样法选取西安市某三级甲等综合性医院呼吸重症监护室治疗的84例重症肺炎患者为研究对象。采用简单随机化分组,对照组和观察组各42例。对照组采用电子支气管镜,观察组采用一次性喷洒管联合电子支气管镜进行肺泡灌洗术。比较两组的肺泡灌洗液回收率、不良反应发生率、病原体检出率及治疗后好转时间等。**结果** 观察组肺泡灌洗液回收率高于对照组( $P<0.01$ );术中观察组发生血氧饱和度降低风险较低( $P<0.01$ ),观察组发生肺出血人数多于对照组( $P<0.05$ )。但在支气管痉挛及误吸等不良反应发生人数方面两组差异无统计学意义( $P>0.05$ )。观察组病原体整体检出率较高( $P<0.05$ ),但在一致性比较中差异无统计学意义( $P>0.05$ );经抗感染治疗后,观察组在3d内更容易出现病情好转且有效缩短好转时间( $P<0.05$ )。**结论** 对拟行床旁支气管肺泡灌洗术的辅助机械通气重症肺炎患者,采用一次性喷洒管联合电子支气管镜,可提高肺泡灌洗液回收率,降低不良反应发生,提高病原体检出率并缩短治疗后好转时间,具有临床应用与推广前景。

**【关键词】** 一次性喷洒管;电子支气管镜;重症肺炎;支气管肺泡灌洗术

**DOI:**10.3969/j.issn.2097-1826.2026.04.025

**【中图分类号】** R473.56 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2097-1826(2026)04-0108-04

## Application of Disposable Spray Tube Combined with Electronic Bronchoscope in Bedside Bronchoalveolar Lavage for Patients with Severe Pneumonia

WU Achen,ZHAO Ying,ZHU Hairong,JI Xinfeng,GE Shuhua(Department of Pulmonary and Critical Care Medicine,the First Affiliated Hospital of Air Force Medical University,Xi'an 710032,Shaanxi Province,China)

Corresponding author: GE Shuhua,Tel: 029-84771134

**【Abstract】 Objective** To investigate the application effect of disposable spray tube combined with electronic bronchoscope (DST-EB) in patients with severe pneumonia undergoing bedside bronchoalveolar lavage (BAL). **Methods** From October 2023 to October 2024,84 patients with severe pneumonia admitted to the respiratory intensive care unit of a tertiary A general hospital in Xi'an were selected by convenience sampling, and equally divided into a control group (using the electronic bronchoscope alone) and an observation group (using DST-EB) via simple randomization, with 42 cases in each group. The bronchoalveolar lavage fluid (BALF) recovery rate, incidence of adverse reactions, pathogen detection rate, and time to improvement after treatment were compared between the groups. **Results** The BALF recovery rate in the observation group was higher than that in the control group ( $P<0.01$ ). During the procedure, the observation group had a lower risk of decreased oxygen saturation ( $P<0.01$ ) and a higher number of patients with pulmonary hemorrhage compared to the control group ( $P<0.05$ ). However, there were no significant differences between the groups in the number of patients experiencing adverse reactions such as bronchospasm and aspiration ( $P>0.05$ ). The overall pathogen detection rate was higher in the observation group ( $P<0.05$ ), but no significant difference was found in consistency comparisons ( $P>0.05$ ). After anti-infective treatment, patients in the observation group were more likely to show improvement within 3 days, and the time to improvement was effectively shortened ( $P<0.05$ ). **Conclusions** For patients with severe pneumonia on mechanical ventilation scheduled for bedside BAL, the assisted application of DST-EB by nursing staff can improve the BALF recovery rate, reduce the occurrence of adverse reactions, increase the pathogen detection rate, and shorten the time to improvement after treatment. This approach holds promise for clinical application and promotion.

**【Key words】** disposable spray tube; electronic bronchoscope; severe pneumonia; bronchoalveolar lavage

[Mil Nurs, 2026, 43(04): 108-111]

**【收稿日期】** 2025-04-22 **【修回日期】** 2026-02-06

**【基金项目】** 国家自然科学基金(82473215);陕西省“三秦英才支持计划”创新创业团队

**【作者简介】** 吴阿晨,本科,主管护师,电话:029-84771135

**【通信作者】** 葛淑华,电话:029-84771134

肺泡灌洗术是诊断肺部感染性疾病的一项常用临床技术。运用电子支气管镜(electronic broncho-

scopy, EB)经口腔或鼻腔直接进入受试者气管至段支气管,在可视化操作下采集样本并进行病原学检测,这对于重症肺炎患者的诊断与治疗尤为重要<sup>[1]</sup>。与普通肺炎患者相比,接受辅助机械通气的重症肺炎患者可能在短时间内病情急剧恶化<sup>[2]</sup>。因此,提高病原体检出效率并确保肺泡灌洗过程安全有效对上述患者具有重要的现实意义<sup>[3]</sup>。为解决传统 EB 在床旁肺泡灌洗中面临灌洗液分布不均、回收率波动大、操作复杂易污染等难题,本团队前期临床实践发现,应用一次性喷洒管在电子支气管镜下施行精准灌洗能够有效保证病原体检测准确性并减少黏膜损伤<sup>[4-5]</sup>。为进一步探究上述方法在重症肺炎患者床旁肺泡灌洗中的护理应用,本研究采用前瞻性研究方法,探索护理辅助下的一次性喷洒管联合电子支气管镜在接受辅助机械通气的重症肺炎患者床旁肺泡灌洗中的肺泡灌洗液(bronchoalveolar lavage fluid, BALF)回收率、不良反应发生及病原体检出效能等,旨在探究采用护理辅助下的 DST-EB 进行重症肺炎患者床旁肺泡灌洗的应用前景。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 2023 年 10 月至 2024 年 10 月,便利抽样法选取西安市某三级甲等综合性医院呼吸重症监护室治疗的 84 例重症肺炎患者为研究对象。纳入标准:(1)年龄 $\geq 18$  周岁;(2)符合重症肺炎诊断标准<sup>[6]</sup>;(3)未接受规范的抗感染治疗且需要明确病原体;(4)本次发病前 3 个月内无因肺部感染住院治疗病史。排除标准:(1)存在死亡风险或处于临终阶段;(2)近 3 个月应用糖皮质激素、免疫抑制剂等可能导致免疫功能异常的药物使用;(3)存在电子支气管镜下肺泡灌洗禁忌证;(4)患者无法配合或家属拒绝该检查。根据 2 个月的预实验结果,选择 BALF 回收率为主要结局指标,确定 Cohen's *d* 效应量为 0.5,自由度为 1,统计检验显著性水平取双侧 0.05 时,考虑试验过程中最低回收率 $\geq 40\%$ ,最终计算研究所需的样本量至少为 54 例<sup>[7]</sup>,本研究最终共纳入 84 例。采用随机数字表法进行分组,分为对照组和观察组各 42 例。本研究已通过医院伦理委员会批准(XJYY-LL-FJ-002),操作前家属均签署知情同意书。

## 1.2 方法

1.2.1 干预方法 两组患者均在经口气管插管辅助机械通气状态下(有创呼吸机采用德尔格<sup>®</sup> V500),床旁沿口腔内导管进镜并完成电子支气管镜下肺泡灌洗检查(高清电子支气管镜采用视新<sup>®</sup> BV-33)。术前评估患者均具备电子支气管镜下肺泡灌洗术适应并排除禁忌证。入组患者均于镇静状态下在多功能

能监护仪监测条件下进行操作。常规术前准备及消毒,严格遵守无菌操作原则。术中按顺序观察气道及肺部各肺段。灌注参数:单次灌洗液量均为 37℃ 灭菌生理盐水 60~120 ml;灌注速度均要求由同 1 名经过培训的护士以匀速、手动推注,控制在约 5~10 ml/s;负压吸引压力统一设定为 -100~120 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)。两组电子支气管镜肺泡灌洗均由同 1 名操作者操作,并由同 1 名专科护士进行数据监测和记录。本研究为评估者及数据分析者设盲。所有支气管肺泡灌洗液均在采集后由操作护士立即进行统一编号,并送检至检验科。负责实验室检测及后续数据录入、统计分析的研究人员,均不知晓样本所属的患者分组信息。主要结局指标的评估均在盲态下进行。

1.2.1.1 对照组 采用电子支气管镜进行常规肺泡灌洗术。采用电子支气管镜于床旁沿口腔内导管进镜,吸引端连接负压装置及集液器。电子支气管镜顶端嵌顿在目标支气管段或亚段开口后,专科护士辅助直接将连接注射器连接活检口,分次注入 37℃ 生理盐水并随即回抽,留取 BALF 送检。

1.2.1.2 观察组 采用一次性使用内镜喷洒管(南微医学<sup>®</sup> wp-18/1800)联合电子支气管镜进行肺泡灌洗术。电子支气管镜镜头到达患处后,专科护士辅助将连接注射器的一次性使用内镜喷洒管经活检口插入,至镜下可见喷洒管前端超过气管镜钳口端 0.5~1.0 cm。随即经一次性使用内镜喷洒管分次注入 37℃ 生理盐水并随即回抽,留取 BALF 送检。余操作与对照组相同。

## 1.2.2 评价指标

1.2.2.1 一般资料 自行设计,包括年龄、性别、英国胸科协会改良肺炎评分、急性生理学和慢性健康状况评分系统 II、是否合并呼吸系统基础疾病、术前血氧饱和度(peripheral oxygen saturation, SpO<sub>2</sub>)等。

1.2.2.2 肺泡灌洗液回收率 BALF 回收率指在电子支气管镜下进行肺泡灌洗的生理盐水总量与经负压吸引后回收的液体量比值,即 BALF 回收率=(回收 BALF 含量/注入生理盐水量) $\times 100\%$ 。该指标为本研究的主要终点,直接反映操作技术的有效性,是核心评价目标。

1.2.2.3 不良反应发生情况 肺泡灌洗过程中可能出现不良反应,包括:(1)SpO<sub>2</sub> 降低,由于目前尚无明确的评定标准,本研究将操作过程中 SpO<sub>2</sub> 下降较操作前基线水平 $< 2\%$  定义为轻度、2~5% 定义为中度、 $> 5\%$  定义为重度。取气管镜进入会厌部、肺泡灌洗时及肺泡灌洗液回收时的 SpO<sub>2</sub> 平均值。(2)肺出血,指肺泡灌洗过程中因肺组织与支气管内

窥镜摩擦导致局部软组织破损出现的出血,本研究中表现为镜下可见明确的出血点或吸出血性肺泡灌洗液等。(3)支气管痉挛,指肺泡灌洗过程中因BALF残留过多等原因导致的剧烈咳嗽,本研究将不影响操作的咳嗽定义为轻度、影响操作但经短暂回吸BALF后可继续操作的咳嗽定义为中度、出现受试者无法忍受并被迫停止肺泡灌洗的咳嗽定义为重度。(4)误吸,指各种原因导致食管下括约肌关闭不严或腹内压增高,胃内容物经食管逆流至咽喉会厌腔并吸入气管内的过程,本研究依据《中国社区吞咽功能障碍康复护理与照护专家共识》确定<sup>[8]</sup>。该指标为本研究的次要终点,用于安全性评价。

1.2.2.4 病原体检出率及治疗天数 病原体检出率指在电子支气管镜检查后,回收BALF宏基因组测序(metagenomic next-generation sequencing, mNGS)与体外病原体培养及药敏实验,本研究中将上述任一检测结果阳性的患者定义为病原体检出阳性,mNGS结果需经同1名主任医师评估后予以确定。病原体检出率=病原体检出阳性/总人数×100%。一致性比较指病原体检出阳性的患者中,mNGS与体外病原体培养结果评定均为同一种病原体或均未检出的人数。治疗后好转天数指启动抗感染及全身治疗方案为起始,经同1名主任医师参考临床综合指征评估后认定为好转时间为终止,两者时间差值为治疗后好转时间。该指标为本研究的次要终点,用于诊断评价与后续临床疗效评估。

1.2.3 资料收集与质量控制 2组入组患者均由同1名本科室专职操作者进行肺泡灌洗,并由专职护士进行数据监测和记录。研究前对参与本研究的护理人员进行统一的专项培训并获得《医疗器械临床试验质量管理规范培训证书》。

1.2.4 统计学处理 采用SPSS 26.0软件分析。符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 $t$ 检验;无序分类变量采用频率和构成比表示,采用 $\chi^2$ 检验或Fisher精确检验;有序分类变量采用Mann-Whitney  $U$ 检验进行分析。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 两组患者一般资料比较 两组患者的一般资料比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ ),具有可比性,见表1。

2.2 两组患者BALF回收率及术中不良反应发生比较 两组患者经负压吸引后,观察组BALF回收率高于对照组( $P < 0.05$ );术中观察组发生SpO<sub>2</sub>降低风险较低且程度相对较轻( $P < 0.05$ ),观察组发生肺出血人数少于对照组( $P < 0.05$ )。但在支气管痉挛及误吸等不良反应发生人数差异无统计学意义

( $P > 0.05$ ),详见表2。

表1 两组患者一般资料比较( $n=84$ )

项目	对照组	观察组	$\chi^2$ 或 $t$ 或 $U$	$P$
	( $n=42$ )	( $n=42$ )		
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	67.62±11.76	69.79±12.20	0.829	0.410
性别[ $n(\%)$ ]			0.207	0.649
男	28(66.67)	26(61.90)		
女	14(33.33)	16(38.10)		
CURB-65评分	3.95±0.66	3.86±0.72	0.632	0.529
(分, $\bar{x} \pm s$ )	30.24±8.75	29.79±8.58	0.239	0.811
合并呼吸系统疾病(种)			767.000 <sup>a</sup>	0.274
0	12(28.57)	8(19.05)		
1	23(54.76)	24(57.14)		
2	7(16.67)	10(23.81)		
术前 SpO <sub>2</sub> (%, $\bar{x} \pm s$ )	97.48±1.61	96.98±1.81	1.335	0.185

a:表示采用 Mann-Whitney  $U$  检验

表2 两组患者BALF回收率及术中不良反应发生比较

项目	对照组	观察组	$\chi^2$ 或 $U$	$P$
	( $n=42$ )	( $n=42$ )		
BALF回收率(%, $\bar{x} \pm s$ )	53.21±7.64	57.74±6.55	2.914	0.005
SpO <sub>2</sub> 降低程度[ $n(\%)$ ]			554.000 <sup>a</sup>	0.002
轻度	10(23.81)	24(57.14)		
中度	14(33.33)	10(23.81)		
重度	18(42.86)	8(19.05)		
肺出血[ $n(\%)$ ]			651.000 <sup>a</sup>	0.028
有	28(66.67)	17(40.48)		
无	14(33.33)	25(59.52)		
支气管痉挛[ $n(\%)$ ]			756.000 <sup>a</sup>	0.270
有	27(64.29)	21(50.00)		
无	15(35.71)	21(50.00)		
误吸[ $n(\%)$ ]			798.000 <sup>a</sup>	0.313
有	7(16.67)	3(7.14)		
无	35(83.33)	39(92.86)		

a:表示采用 Mann-Whitney  $U$  检验

2.3 两组患者的病原体检出率及治疗后好转天数比较 观察组病原体整体检出率对照组较高( $P < 0.05$ );经抗感染治疗后,观察组在3d内出现病情好转且有效缩短好转时间( $P < 0.05$ ),见表3。

表3 两组患者的病原体检出情况及治疗后好转天数比较[ $n(\%)$ ]

项目	对照组	观察组	$\chi^2$ 或 $U$	$P$
	( $n=42$ )	( $n=42$ )		
病原体检出率(%)			6.222	0.013
检出	32(76.19)	40(95.24)		
未检出	10(23.81)	2(4.76)		
病原体类型(%)			2.145	0.342
细菌	29(69.05)	28(66.66)		
真菌	11(26.19)	7(16.67)		
病毒	2(4.76)	7(16.67)		
一致性比较(%)			0.212	0.645
一致性	33(78.57)	32(76.19)		
非一致性	9(21.43)	10(23.81)		
治疗后好转天数(%)			542.000 <sup>a</sup>	0.017
≤3d	8(19.05)	16(38.10)		
>3d且≤7d	18(42.86)	16(38.10)		
>7d	16(38.09)	10(23.80)		

a:表示采用 Mann-Whitney  $U$  检验

### 3 讨论

3.1 DST-EB 可提高重症肺炎受试者床旁 BALF 回收率 本研究中,应用 DST-EB 的重症肺炎患者 BALF 回收率更高。研究<sup>[9]</sup>指出,相同部位注射等量生理盐水,注射时间越长且灌洗深度越深,灌洗液回收率越低<sup>[5]</sup>。根据灌洗肺段方向由护理人员协助调整受试者体位也可能影响 BALF 回收率。由于其前端伸出气管镜钳口端,一次性喷洒管向前延展及喷洒范围较常规电子支气管镜更长,理论上其 BALF 回收率更低,这与本研究结果不同。这可能与本研究纳入的机械辅助通气重症肺炎患者,术前处于镇静状态,肺泡灌洗时呼吸肌肉松弛伴气道收缩力减弱可致 BALF 回收率提高有关。此外,由护理人员辅助肺泡灌洗时,喷洒速度可控且喷洒范围广,可能进一步提高 BALF 回收率。这提示使用辅助机械通气的重症肺炎患者在床旁接受由护理人员辅助的 DST-EB 肺泡灌洗时,可有效提高 BALF 回收率并保证操作安全。

3.2 DST-EB 可降低肺泡灌洗术不良反应发生率 本研究显示,两组受试者在接受电子支气管镜肺泡灌洗时均可出现不同程度的 SpO<sub>2</sub> 降低等不良反应,但 DST-EB 组 SpO<sub>2</sub> 降低程度较低,且较少出现肺出血等不良反应,但两组发生支气管痉挛及误吸等不良反应无显著性差异。DST-EB 工作特点导致其灌注范围较传统经气管镜直接灌注的范围更广,喷洒液体对气道冲击更温和,这导致术中 SpO<sub>2</sub> 减低更轻微<sup>[10]</sup>。另外,使用 DST-EB 进行灌洗时,护理人员独立控制灌注速度及液体量,有效减少灌洗液对肺组织的瞬时冲击并降低肺出血等不良反应发生<sup>[11]</sup>。针对接受辅助机械通气的重症肺炎患者,DST-EB 肺泡灌洗时需护理人员全程参与,包括术前风险评估、术中统筹协调与术后动态监测等方面确保受试者安全,这在一定程度上有助于操作不良事件的发现与处理,这与传统肺泡灌洗术存在显著不同。

3.3 DST-EB 提高病原体检出率并缩短治疗后好转时间 本研究中,应用 DST-EB 肺泡灌洗能够提高病原体检出率并缩短治疗好转时间。由于 DST 外径仅约 2 mm,其能够通过活检孔直接达到亚段支气管进行灌洗,在以局限性肺部感染、小叶中心及支气管周围病变的病原学诊断中具有明显优势<sup>[12]</sup>。另外,两组受试者在病原体检出类型及一致性比较中差异无统计学意义,说明采用 DST-EB 进行肺泡灌洗时并未造成样本污染,其在提高病原体检出率的

同时确保样本质量<sup>[13]</sup>。这可能与护理人员辅助 DST-EB 操作,全程无菌操作,避免单人操作时因反复拿取一次性喷洒管造成潜在污染有关。

### 4 小结

针对拟行床旁诊断性肺泡灌洗的辅助机械通气重症肺炎患者,由护理人员辅助应用 DST-EB 可提高 BALF 回收率,降低术中 SpO<sub>2</sub> 下降及肺出血等不良反应发生率,提高病原体检出率并缩短治疗后好转时间。虽然本研究纳入样本有限且未针对病原体与治疗方案进行均一化处理,但在增加样本量的多中心研究中仍可能取得积极结果,以便积累更多临床支持证据和应用经验。

#### 【参考文献】

- [1] 杨宁,姚瑶,辛瑞夏,等.支气管镜肺泡灌洗对重症肺炎患者的治疗效果分析[J].成都医学院学报,2025,20(2):246-249,255.
- [2] XIAO K,CAO Y,HAN Z,et al.A pan-immune panorama of bacterial pneumonia revealed by a large-scale single-cell transcriptome atlas[J/OL].[2025-03-10].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11701081/>.DOI:10.1038/s41392-024-02093-8.
- [3] 刘亚萌,李冠英,刘翠,等.肺泡灌洗液快速现场评价联合宏基因组二代测序在重症肺炎患者中的应用价值[J].临床误诊误治,2025,38(1):45-49.
- [4] 吴阿晨,赵颖,葛淑华.降低老年肺炎患者支气管肺泡灌洗时低氧血症发生率[J].中国卫生质量管理,2024,31(3):66-71.
- [5] 孙博文,张敏,孙勇,等.喷洒管灌洗与常规肺泡灌洗的对比研究[J].黑龙江医学,2019,43(7):776-777.
- [6] 曹季平.基于《社区获得性肺炎诊断和治疗指南(2016版)》对医院成人 CAP 患者抗菌药物使用的相关因素分析[J].抗感染药学,2020,17(3):323-327.
- [7] 王珺,宋琼雅,许岳培,等.效应量置信区间的原理及其实现[J].心理技术与应用,2019,7(5):284-296.
- [8] 中国老年保健医学研究会老龄健康服务与标准化分会.中国社区吞咽功能障碍康复护理与照护专家共识[J].中国老年保健医学,2019,17(4):7-15.
- [9] HOTTA T,KURIMOTO N,OKIMOTO T,et al.New procedure of bronchoalveolar lavage using a balloon catheter in diffuse lung diseases[J].Respir Investig,2020,58(1):68-73.
- [10] 梁鹏,王辉艺.经电子支气管镜介入注药治疗气管、支气管结核患者的临床效果[J].名医,2023(3):36-38.
- [11] SIEMIENIUK R A,MEADE M O,ALONSO-COELLO P,et al.Corticosteroid therapy for patients hospitalized with community-acquired pneumonia:a systematic review and Meta-analysis[J].Ann Intern Med,2015,163(7):519-28.
- [12] 戈霞晖,韩锋锋,刘松,等.气管镜测量人体气管长度和内径及左、右主支气管长度的研究[J].中国呼吸与危重监护杂志,2017,16(1):55-59.
- [13] 周晋.基于宏基因组测序鉴定感染性疾病病原微生物价值的初步探讨[D].十堰:湖北医药学院,2022.

(本文编辑:王园园)