

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.03.022

M-ROSE 技术联合支气管镜在重症肺炎病原学快速诊断及治疗优化中的价值

赵红斌, 白 鹭, 阿汝桂, 赵 兰, 徐道洪, 龚红梅

(大理白族自治州人民医院 呼吸与危重症医学科, 云南大理 671000)

【摘要】目的 探讨微生物学快速现场评价(microbiological rapid onsite evaluation, M-ROSE)联合支气管镜在重症肺炎病原学快速诊断及治疗优化中的价值。**方法** 纳入2024年1月至2025年12月大理州人民医院188例重症肺炎患者,按是否接受M-ROSE分为M-ROSE组($n=88$)和对照组($n=100$)。对照组行常规经验性抗感染及支气管肺泡灌洗液(bronchoalveolar lavage fluid, BALF)培养、宏基因组二代测序(metagenomic next-generation sequencing, mNGS)检测;M-ROSE组在支气管镜获取BALF后即时制片染色判读,并指导早期抗感染治疗。比较两组的临床结局、抗生素使用、费用及炎症指标[白细胞计数(white blood cell count, WBC)、C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、降钙素原(procalcitonin, PCT)],并评价M-ROSE诊断效能。**结果** 两组基线资料差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。M-ROSE组28 d病死率低于对照组(18.2% vs 32.0%, $P=0.034$),住院时间、抗生素使用天数、联合用药比例及住院费用均降低(均 $P<0.05$)。治疗后第3、7天, M-ROSE组WBC、CRP及PCT水平均低于对照组(均 $P<0.001$)。M-ROSE诊断敏感度为85.7%, 特异度为92.3%, Kappa值为0.75。**结论** M-ROSE联合支气管镜可快速提供病原学线索,优化重症肺炎早期抗感染治疗,改善预后并降低医疗负担。

【关键词】 重症肺炎; 微生物学快速现场评价; 支气管镜; 肺泡灌洗; 病原学诊断

【中图分类号】 R563.1

【文献标志码】 A

文章编号: 1674-1242 (2026) 03-0117-05

The value of M-ROSE technology combined with bronchoscopy in the rapid diagnosis of pathogenic factors and the optimization of treatment for severe pneumonia

ZHAO Hongbin, BAI Lu, A Rugui, ZHAO Lan, XU Daohong, GONG Hongmei

(Department of Respiratory and Critical Care Medicine, People's Hospital of Dali Bai Autonomous Prefecture, Dali 671000, Yunnan, China)

【Abstract】 Objective To evaluate the value of microbiological rapid onsite evaluation (M-ROSE) combined with bronchoscopy in the rapid diagnosis of pathogen in severe pneumonia and the optimization of treatment. **Methods** A total of 188 patients with severe pneumonia from Dali People's Hospital from January 2024 to December 2025 were included. They were divided into the M-ROSE group ($n=88$) and the control group ($n=100$) based on whether they received M-ROSE treatment. The control group received routine empirical anti-infection treatment and underwent bronchoalveolar lavage fluid (BALF) culture as well as metagenomic next-generation sequencing (mNGS) testing. In the M-ROSE group, after obtaining BALF through bronchoscopy, the samples were immediately processed for staining and interpretation, and early anti-infection treatment was guided accordingly. The clinical outcomes, antibiotic usage, costs, and inflammatory indicators (white blood cell count (WBC), C-reactive protein (CRP), procalcitonin (PCT)) of the two groups were compared, and the diagnostic efficacy of M-ROSE was evaluated. **Results** There was no statistically significant difference in the baseline data between the two groups (all $P>0.05$). The 28-day mortality rate in the M-ROSE group was lower than that in the control group (18.2% vs 32.0%, $P=0.034$), and the length of hospital stay, the number of days of antibiotic use, the proportion of combined medication, and the hospitalization cost were all reduced (all $P<0.05$). On the 3rd and 7th days after treatment, the levels of WBC, CRP and PCT in the M-ROSE group were all lower than those in the control group (all $P<0.001$). The diagnostic sensitivity of M-

收稿日期: 2026-01-18。

基金项目: 大理州(市)科技计划项目(项目编号: 20242903B030015)。

作者简介: 赵红斌, 本科, 副主任医师, 研究方向: 呼吸与危重症医学。E-mail: 279295570@qq.com。

ROSE was 85.7%, the specificity was 92.3%, and the Kappa value was 0.75. **Conclusion** The combination of M-ROSE and bronchoscopy can quickly provide pathogenic clues, optimize the early anti-infection treatment for severe pneumonia, improve prognosis and reduce medical burden.

【**Key words**】 Severe pneumonia; Microbiological rapid on-site evaluation; M-ROSE; Bronchoscopy; Bronchoalveolar lavage; Etiological diagnosis

重症肺炎进展迅速,常合并急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)、脓毒性休克及多器官功能障碍综合征(multiple organ dysfunction syndrome, MODS),院内病死率可达22.9%^[1-3]。早期精准抗感染对改善预后至关重要,但传统培养耗时48~72 h、阳性率低,临床依赖经验性广谱抗生素易致耐药及加重医疗负担^[4-7]。宏基因组二代测序(metagenomic next-generation sequencing, mNGS)虽可提高病原检出率,但报告周期超24 h且费用较高,限制了其在急危重症中的即时应用。微生物学快速现场评价(microbiological rapid onsite evaluation, M-ROSE)技术可在支气管镜操作过程中即时制片染色判读,30 min内提供病原体形态学线索,为早期抗感染决策提供依据。目前M-ROSE联合支气管镜在重症肺炎诊疗中的相关研究仍不足,基于此,本研究旨在探讨其在重症肺炎病原学快速诊断及治疗优化中的价值。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本研究纳入大理州人民医院2024年1月至2025年12月收治的重症肺炎住院患者,根据支气管肺泡灌洗液(bronchoalveolar lavage fluid, BALF)送检时是否同步接受M-ROSE即时评估并指导早期抗感染决策进行分组。M-ROSE按标准化流程操作,采用Diff-Quik快速染色,必要时联合革兰染色,由经培训合格人员判读,按病原体类别初步归类,包括革兰阳性球菌、革兰阴性杆菌、真菌、分枝杆菌样细菌及混合感染等。所有BALF标本同步行培养及mNGS检测,比较M-ROSE、培养和mNGS在不同病原体中的检出特点及临床价值,结果不一致时结合临床、影像、炎症指标及疗效综合判定。样本量估算为:

$$n = \frac{\left[Z_{\alpha/2} \sqrt{2\bar{p}(1-\bar{p})} + Z_{\beta} \sqrt{p_1(1-p_1) + p_2(1-p_2)} \right]^2}{(p_1 - p_2)^2}$$

其中, n 为每组所需样本量, $Z_{\alpha/2}$ 为双侧检验水准对应标准正态分位数, Z_{β} 为检验效能对应分位数, p_1 、 p_2 为两组检出率, $\bar{p}$ 为两组检出率的平均值。根据前期预

实验结果,M-ROSE组早期病原学提示阳性率约为72%,对照组约为52%。本研究以早期病原学提示阳性率作为样本量估算依据,设 $\alpha=0.05$ 、检验效能 $(1-\beta)=0.80$,按两独立样本率比较计算,每组至少需纳入69例。考虑约10%的失访或资料缺失,最终计划每组纳入不少于80例患者。最终本研究共纳入188例重症肺炎患者。为进一步明确不同研究分组间病原体构成差异,本研究分别统计各类病原体分布情况(包括革兰阳性球菌、革兰阳性杆菌、革兰阴性球菌、革兰阴性杆菌、酵母样真菌、丝状真菌/霉菌、病毒感染及合并感染)。其中,革兰阴性杆菌仍为最主要病原体,共76例(40.43%);其次为革兰阳性球菌28例(14.89%);合并感染20例(10.64%);酵母样真菌18例(9.57%);病毒感染15例(7.98%);革兰阳性杆菌12例(6.38%);革兰阴性球菌10例(5.32%);丝状真菌/霉菌9例(4.79%)。

纳入标准:①符合重症肺炎诊断标准;②年龄 ≥ 18 岁;③住院期间因病情需行支气管镜检查并留取BALF送检;④综合临床、影像学及实验室检查判断为感染性肺部病变,需行病原学评估及抗感染治疗。排除标准:①年龄 < 18 岁;②合并活动性肺结核、肺部肿瘤、间质性肺疾病等可能影响疗效评价的疾病;③存在支气管镜检查禁忌证;④BALF采集失败、明显污染或关键研究资料缺失,无法完成主要观察指标评价;⑤重复住院者仅纳入首次资料完整病例。

1.2 研究方法

所有患者入院后均接受标准化重症监护治疗。对照组给予经验性抗感染治疗,并于72 h内行支气管镜检查留取BALF,送涂片、培养、药敏、血清学、核酸检测及必要时mNGS,根据结果调整治疗。M-ROSE组在BALF获取后立即开展床旁M-ROSE分析,获得初步病原学线索并据此实施早期个体化抗感染治疗,同时将标本送常规培养及mNGS检测验证;对照组依据常规培养等检测结果,于约72 h后获取病原学信息并调整治疗。结果不一致时,结合临床症状、影像学表现、C反应蛋白(C-reactive

protein, CRP)、降钙素原(procalcitonin, PCT)及治疗反应综合判定。两组比较的实质为“即时获得初步病原学线索指导治疗”与“延迟获得常规病原学结果指导治疗”的临床策略差异。因此,病死率、住院时间等结局的差异反映早期病原学信息支持下治疗决策优化的综合效应,不单独归因于 M-ROSE 技术本身。

1.3 M-ROSE 操作流程与判读

1.3.1 M-ROSE 操作流程

操作流程参考 BALF 采集与检测规范执行。支气管镜楔入病变肺段后注入 37 °C 无菌生理盐水 60 ml 并回收 BALF,第 1 管用于 M-ROSE 及微生物学检测,其余标本用于常规细胞学分析。M-ROSE 具体流程:取 BALF 2~3 ml 离心后制片,常规采用 Diff-Quik 快速染色,必要时根据病原体形态学判读需要补充革兰染色,全程 3~5 min,在床旁光学显微镜下即时阅片。标本质量判定标准:鳞状上皮细胞<1%、柱状上皮细胞<5%、红细胞<10% 视为合格;鳞状上皮细胞≥1% 提示上呼吸道污染。

1.3.2 感染与定植的初步判读

根据炎症细胞组成及吞噬现象综合判断。中性粒细胞比例>50% 常提示急性肺损伤、吸入性肺炎或化脓性感染;中性粒细胞吞噬现象比例>5% 提示感染可能性较大,吞噬细菌者倾向为致病菌而非单纯定植菌。

1.3.3 病原体初步识别与分类分析

在标准化阅片基础上,对病原体进行初步形态学识别与分类,包括革兰阳性球菌、革兰阳性杆菌、革兰阴性球菌、革兰阴性杆菌、酵母样真菌及丝状真菌/霉菌等。人工智能形态学识别平台仅作为辅助参考,不作为独立诊断依据;因其来源及验证资料有限,本文不单独评价其诊断效能。M-ROSE 结果由两名经培训医师独立判读,不一致时由上级医师复核,并采用 Kappa 检验评价一致性,在结果中报告 Kappa 值。

1.4 观察指标

主要指标为 28 d 全因病死率。次要指标包括:① 抗生素使用情况 首次调整时间、总使用天数、联合种类和总费用;② 住院情况 重症监护病房(intensive care unit, ICU)住院时间、总住院时间及费用;③ 炎症指标 治疗前及第 3、7 天的白细胞计数

(white blood cell count, WBC)、CRP、PCT 水平。以 mNGS 或培养阳性为金标准,评估 M-ROSE 诊断常见细菌和真菌感染的敏感度、特异度、阳性预测值(positive predictive value, PPV)、阴性预测值(negative predictive value, NPV)及 Kappa 值。

1.5 统计方法

采用 SPSS 26.0 分析研究数据。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验($n>100$)行正态性验证,符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用独立样本 t 检验;非正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例(%)表示,比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。WBC、CRP 和 PCT 均采用组别×时间混合设计的重复测量方差分析,其中时间为组内因素,组别为组间因素。采用 Mauchly 球形检验评价球形假设;当球形假设不满足时,采用 Greenhouse-Geisser 法进行校正自由度。分析组别主效应、时间主效应及组别×时间交互作用;交互作用有统计学意义时,进一步采用 Bonferroni 法进行简单效应比较。M-ROSE 一致性采用 Kappa 检验。均为双侧检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者基线资料比较

本研究纳入 188 例重症肺炎患者(M-ROSE 组 88 例,对照组 100 例)。两组在性别、年龄、体重指数(body mass index, BMI)、吸烟史、急性生理学与慢性健康状况评分 II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)、序贯器官衰竭评估评分(sequential organ failure assessment, SOFA)、合并基础疾病、入院时氧疗方式、住院期间激素使用情况等基线资料比较,差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),具有可比性(表 1)。

2.2 两组患者临床结局、抗生素使用及费用比较

M-ROSE 组 28 d 病死率、ICU 住院时间及总住院时间、抗生素总使用天数及联合抗生素≥3 种比例、住院总费用均显著低于对照组(均 $P<0.05$)(表 2)。

2.3 两组患者炎症指标变化比较

治疗前,两组 WBC、CRP 和 PCT 水平比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。结果显示,两组治疗后 WBC、CRP 及 PCT 水平均较治疗前下降,时间主效应有统计学意义(均 $P<0.05$);M-ROSE 组下降幅度更

表 1 两组患者基线资料比较

组别	性别 (男/女, 例)	年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	BMI ($\bar{x}\pm s$, kg/ m ²)	吸烟史 [例 (%)]	APACHE II 评分 ($\bar{x}\pm s$, 分)	SOFA 评分 ($\bar{x}\pm s$, 分)	合并基础疾病 [例 (%)]						入院时氧疗方式 [例 (%)]		住院期 间激素 使用 [例 (%)]
							慢性 肺病	心脏病	高血压	糖尿病	脑血 管病	肿瘤	有创机械 通气	无创/高 流量	
对照组 ($n=100$)	68/32	65.4 $\pm$ 12.8	23.1 $\pm$ 3.5	45 (45.00)	18.5 $\pm$ 4.6	7.2 $\pm$ 2.5	32 (32.00)	28 (28.00)	51 (51.00)	35 (35.00)	22 (22.00)	15 (15.00)	58 (58.00)	42 (42.00)	65 (65.00)
M-ROSE 组 ($n=88$)	61/27	64.9 $\pm$ 13.5	22.8 $\pm$ 3.9	38 (43.2)	18.9 $\pm$ 4.2	7.5 $\pm$ 2.3	29 (33.0)	25 (28.4)	42 (47.7)	29 (33.0)	18 (20.5)	14 (15.9)	53 (60.2)	35 (39.8)	55 (62.5)
t/χ^2	0.015	0.265	0.584	0.063	-0.643	-0.891	0.030	0.005	0.252	0.091	0.069	0.035	0.090		0.127
P	0.902	0.791	0.560	0.802	0.521	0.374	0.862	0.943	0.616	0.763	0.793	0.852	0.764		0.721

注: BMI: 体重指数; APACHE II: 急性生理学与慢性健康状况评分 II; SOFA: 序贯器官衰竭评估。

表 2 两组患者临床结局、抗生素使用及费用比较

项目	对照组 ($n=100$)	M-ROSE 组 ($n=88$)	χ^2/t	P
28 d 病死率 [例 (%)]	32 (32.00)	16 (18.18) #	4.512	0.034
ICU 住院时间 ($\bar{x}\pm s$, d)	12.4 $\pm$ 4.5	9.5 $\pm$ 3.8#	4.598	0.039
总住院时间 ($\bar{x}\pm s$, d)	19.6 $\pm$ 6.1	15.8 $\pm$ 5.2#	4.673	0.037
抗生素总使用天数 ($\bar{x}\pm s$, d)	14.5 $\pm$ 4.2	10.2 $\pm$ 3.1#	8.169	0.046
联合抗生素 ≥ 3 种 [例 (%)]	48 (48.00)	22 (25.00) #	10.155	0.014
住院总费用 ($\bar{x}\pm s$, 万元)	8.9 $\pm$ 2.8	6.8 $\pm$ 2.1#	5.901	0.017

注: ICU: 重症监护病房。

明显,组别 $\times$ 时间交互效应有统计学意义(均 $P<0.05$)。进一步 Bonferroni 法校正后显示,治疗后第 3

天和第 7 天,M-ROSE 组上述炎症指标均低于同期对照组(均 $P<0.05$)(表 3)。

表 3 两组治疗前后炎症指标水平的比较($\bar{x}\pm s$)

组别	时间点	WBC ($\times 10^9/L$)	CRP (mg/L)	PCT (ng/ml)
M-ROSE 组 ($n=88$)	治疗前	15.6 $\pm$ 5.1	165.2 $\pm$ 58.3	10.28 $\pm$ 2.09
	治疗后第 3 天	10.8 $\pm$ 3.9*#	88.5 $\pm$ 40.1*#	5.21 $\pm$ 1.07*#
	治疗后第 7 天	8.1 $\pm$ 2.6*#	45.1 $\pm$ 25.7*#	1.23 $\pm$ 0.34*#
对照组 ($n=100$)	治疗前	15.9 $\pm$ 5.5	168.9 $\pm$ 60.1	11.09 $\pm$ 2.11
	治疗后第 3 天	13.5 $\pm$ 4.8*	125.6 $\pm$ 49.8*	8.11 $\pm$ 1.61*
	治疗后第 7 天	11.2 $\pm$ 3.5*	80.3 $\pm$ 38.4*	3.65 $\pm$ 1.67*
t	治疗前	0.386	0.428	2.638
P		0.701	0.67	0.009
t	治疗后第 3 天	4.196	5.576	14.336
P		<0.001	<0.001	<0.001
t	治疗后第 7 天	5.937	7.281	13.405
P		<0.001	<0.001	<0.001

注: WBC: 白细胞计数; CRP: C 反应蛋白; PCT: 降钙素原。Greenhouse-Geisser 校正后, 时间主效应: $F=165.233$, $P<0.001$; 组别 $\times$ 时间交互作用: $F=35.661$, $P<0.001$; 组别主效应: $F=60.265$, $P<0.001$ 。不同时间点的组间比较采用 Bonferroni 法校正, P 调整为校正后 P 。与本组患者治疗前比较, * $P<0.05$; 与同期对照组比较, # $P<0.05$ 。

2.4 M-ROSE 诊断效能分析

M-ROSE 组中 70 例病原学阳性。鉴于培养敏感度有限,mNGS 可能检出定植菌或污染菌,本研究未将“培养或 mNGS 任一阳性”作为绝对金标准。最终病原学判定由两名医师结合培养、mNGS、M-ROSE、临床表现、影像学、炎症指标及治疗反应综合判断,分歧时由上级医师裁定。以综合判定结果为参照,M-ROSE 敏感度为 85.7%、特异度为 92.3%、PPV 为 95.2%、NPV 为 71.4%,Kappa 值为 0.75($P<0.05$),提

示其与综合判定具有较好的一致性。

3 讨论

重症肺炎病死率高,主要与早期病原学诊断延迟及经验性抗感染不精准有关^[8-10]。能够在床旁迅速提供病原线索的技术对改善预后具有重要意义。M-ROSE 技术可在支气管镜检查后 30 min 内完成 BALF 即时制片与显微判读,为临床诊断提供微生物学依据^[11]。本研究显示,与传统诊疗相比,M-ROSE 早期介入显著降低 28 d 病死率,缩短 ICU 与住院时

间,减少总费用,提示其在改善临床结局、优化资源利用方面具有优势。其核心作用在于实现病原学诊断的“时间前移”。M-ROSE对常见细菌及真菌具有较好的诊断效能,诊断敏感度和特异度分别为85.7%和92.3%,与培养及mNGS结果具有中等一致性,可作为重症肺炎病原学诊断的有效初筛工具^[12]。该技术不仅有助于快速区分感染与定植,还可为病原体类型判断提供提示。基于M-ROSE早期结果,临床医生可更及时地优化抗感染治疗策略:提示革兰阴性杆菌感染时尽早调整抗菌药物覆盖范围,发现菌丝等真菌形态学依据时及时加用抗真菌药物^[13]。此外,M-ROSE组的CRP、PCT下降更快,提示其有助于感染的快速控制^[14],并可减少抗生素暴露及相关费用,契合抗生素管理策略,对优化抗感染治疗方案具有一定借鉴价值。但本研究为单中心、非随机对照研究,且对照组多在入组后72 h行支气管镜检查,可能造成检测时机不一致所致的时间偏倚,影响两组病原学检出率、治疗调整时点及预后指标比较。未来需开展多中心随机对照研究,并统一支气管镜检查及标本采集时间,以进一步验证M-ROSE的临床价值。

综上,M-ROSE技术可在支气管镜检查过程中即时提供诊断线索,显著降低重症肺炎病死率、缩短住院时间,优化抗生素使用。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 江玲玲. 基于循证质量反馈机制的精准护理对ICU老年重症肺炎患者的影响[J]. 医疗装备, 2026, 39(2): 137-139, 143.
- [3] 赵智岭, 杜先智. 重症肺炎的病原学诊断进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(1): 2115-2122.
- [4] 马森林, 张典, 袁依诺, 等. 多病原体共感染在病毒性肺炎重症化过程中的免疫特征与机制研究[J]. 临床急诊杂志, 2025, 26(12): 685-691.
- [5] 瞿介明, 曹彬. 中国成人社区获得性肺炎诊断和治疗指南(2016年版)修订要点[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2016, 39(4): 241-242.
- [6] 邵曰凯. 血清miR-21-5p和lncRNA GADD7表达水平预测ARDS严重程度及预后的价值分析[D]. 遵义: 遵义医科大学, 2025.
- [7] 解立新, 詹庆元. ICU患者支气管肺泡灌洗液采集、送检、检测及结果解读规范[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2020, 43(9): 744-756.
- [8] 李颖, 麻锦敏. 宏基因组测序技术在重症感染中的临床应用专家共识(第一版)[J]. 感染、炎症、修复, 2020, 21(2): 75-81.
- [9] 吴媛媛, 黄宏. 支气管肺泡灌洗液二代测序在检测肺部感染病原体中的应用[J]. 内科急危重症杂志, 2023, 29(4): 280-285.
- [10] 李云平. 重症支原体肺炎危险因素分析及预测模型的建立[D]. 南昌: 南昌大学, 2025.
- [11] 莫文棟. 重症肺炎支原体肺炎患儿大环内酯类抗生素耐药情况及治疗效果探讨[D]. 合肥: 安徽医科大学, 2025.
- [12] 张雪姣, 张伟娟, 王锦涛. 宏基因组检测仪联合肺泡灌洗液快速现场评价技术指导的抗感染方案在肺部感染治疗中的应用[J]. 临床医学工程, 2025, 32(8): 853-856.
- [13] 房宇坤, 李玉, 王剑, 等. 微生物学快速现场评估在支气管镜下诊断肺部感染的价值[J]. 中国当代医药, 2020, 27(14): 4-7, 29.
- [14] 魏建华. HAdV-7重症感染致死性危险因素及发病机制研究[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2024.