

脑电双频指数对结核ICU有创机械通气患者镇静效果评估

陈奕霏, 刘晓霞*, 杨超, 姚蓉, 杨小艺, 雷丽梅, 李园园

成都市公共卫生临床医疗中心重症医学一科, 四川 成都

收稿日期: 2026年7月14日; 录用日期: 2026年8月8日; 发布日期: 2026年8月18日

摘要

目的: 评估脑电双频指数(BIS)监测应用于结核病重症监护室(ICU)接受有创机械通气患者时, 对比传统镇静评估方法, 能否在提升镇静管理精确性、控制药物使用及改善患者安全预后方面发挥显著作用。方法: 本研究实施了一项随机对照试验。于2024年6月至2025年12月, 纳入成都市某传染病院结核ICU中符合标准、需行有创机械通气的患者60名, 借助随机数字表法将之分为两组。干预组(30例)接受基于BIS数值(目标值65~84)与里士满躁动镇静量表(RASS)评分的双重镇静调控; 对照组(30例)仅依据RASS评分(目标值0至-2)进行镇静管理。所有患者均采用咪达唑仑方案实施镇静。对比分析的主要指标涉及镇静目标实现耗时、目标维持稳定性(24小时达成率)、镇静药物消耗总量, 以及非计划性拔管、低血压、谵妄等不良事件发生率。次要指标包括机械通气时长、ICU住院时间等。结果: 数据显示, 干预组达到预设镇静水平所需的时间显著短于对照组。在维持阶段, 干预组患者处于理想镇静状态的时间比例更高, 同时其咪达唑仑的平均使用量更低。安全性层面, 干预组发生非计划性拔管的病例数明显少于对照组。然而, 两组患者在低血压、心动过缓和谵妄的发生情况上未体现统计差异。临床转归上, 干预组患者的平均机械通气时间和ICU停留天数均较对照组有所缩短。结论: 对于结核ICU内的机械通气患者, 在RASS主观评估基础上辅以BIS客观监测, 能够实现更灵敏、更精准的镇静深度调控。该策略不仅可以加速镇静目标的达成并增强其维持的稳定性, 减少镇静药物的需求量, 还可能有效降低如非计划性拔管等关键风险事件的发生概率, 从而为优化此类患者的整体镇静管理方案提供了新的实践依据。

关键词

脑电双频指数, 结核, 重症监护病房, 人工气道, 镇静评估

Evaluation of the Sedative Effect of Bispectral Index of Electroencephalogram on Patients with Invasive Mechanical Ventilation in Tuberculosis ICU

*通讯作者。

文章引用: 陈奕霏, 刘晓霞, 杨超, 姚蓉, 杨小艺, 雷丽梅, 李园园. 脑电双频指数对结核 ICU 有创机械通气患者镇静效果评估[J]. 临床医学进展, 2026, 16(8): 1408-1414. DOI: 10.12677/acm.2026.1682917

Yifei Chen, Xiaoxia Liu*, Chao Yang, Rong Yao, Xiaoyi Yang, Limei Lei, Yuanyuan Li

First Department of Critical Care Medicine, Public Health Clinical Center of Chengdu, Chengdu Sichuan

Received: July 14, 2026; accepted: August 8, 2026; published: August 18, 2026

Abstract

Objective: To evaluate whether the application of bispectral index (BIS) monitoring in the intensive care unit (ICU) for patients receiving invasive mechanical ventilation with tuberculosis can significantly improve the accuracy of sedation management, control the use of drugs, and enhance the safety prognosis of patients compared to traditional sedation assessment methods. **Methods:** This study conducted a randomized controlled trial. From June 2024 to December 2025, 60 patients meeting the criteria and requiring invasive mechanical ventilation in the tuberculosis ICU of a certain infectious disease hospital were included. Using the random number table method, they were divided into two groups. The intervention group (30 cases) received dual sedation regulation based on BIS values (target range 65~84) and the Richmond Agitation-Sedation Scale (RASS) score; the control group (30 cases) only received sedation management based on the RASS score (target range 0 to -2). All patients received midazolam for sedation. The main indicators for comparison analysis included the time required to achieve the preset sedation level, the stability of the target level (24-hour achievement rate), the total consumption of sedative drugs, and the incidence of unplanned extubation, hypotension, delirium, etc. Secondary indicators included the duration of mechanical ventilation, ICU stay time, etc. **Results:** The data showed that the time required for the intervention group to reach the preset sedation level was significantly shorter than that of the control group. During the maintenance stage, the proportion of patients in the intervention group in an ideal sedation state was higher, and the average usage of midazolam was lower. In terms of safety, the number of cases of unplanned extubation in the intervention group was significantly less than that in the control group. However, there was no statistical difference in the occurrence of hypotension, bradycardia, and delirium between the two groups. Clinically, the average duration of mechanical ventilation and ICU stay time of the intervention group were shorter than those of the control group. **Conclusion:** For patients receiving invasive mechanical ventilation in the tuberculosis ICU, supplementing BIS objective monitoring on the basis of RASS subjective assessment can achieve more sensitive and precise sedation depth regulation. This strategy can not only accelerate the achievement of sedation goals and enhance their stability, reduce the demand for sedative drugs, but also effectively reduce the probability of key risk events, such as unplanned extubation, thereby providing a new practical basis for optimizing the overall sedation management plan for such patients.

Keywords

Bispectral Index, Tuberculosis, Intensive Care Unit, Artificial Airway, Sedation Assessment

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来重症肺结核的患病率呈不断上升，且由于合并多种并发症，导致该疾病存在病情重、变化发

展快、死亡率高的特点。国外研究显示[1],重症结核病患者死亡率可高达 80%,我国的重症结核病死亡率为 58.8%~71.83% [2]。研究表明,存在呼吸衰竭的重症肺结核患者死亡率可高达 69% [3]。在结核危重症患者救治中,呼吸功能严重受损需建立有创气道并机械通气。为保障治疗并减轻痛苦,需适度镇静。但镇静管理尺度难把握:过浅易致躁动、人机对抗与非计划拔管;过深则抑制呼吸循环,延长通气,增加谵妄风险。里士满躁动镇静量表(Richmond Agitation and Sedation Scale, RASS)等主观评估工具虽为主流,但易受执行者经验影响,无法持续监测。脑电双频指数(bispectral index, BIS)通过分析脑电图信号,提供连续、客观的镇静深度指标,已广泛用于麻醉,但在结核 ICU 患者中的实用性尚未明确。考虑结核病及其治疗药物对患者生理状态的影响,探讨 BIS 的辅助价值尤为必要。本研究设计随机对照试验,系统检验 BIS 监测对改善结核 ICU 机械通气患者镇静管理质量的有效性。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

最终参与研究的 60 例患者被均衡分配至干预组与对照组,每组各 30 例。分析显示,两组在入组前的各项基础指标上均处于均衡状态。人口学信息概况:全部患者的平均年龄为 58.4 岁,标准差 12.7 岁;男性患者占总数三分之二以上(68.3%);民族分布绝大多数为汉族;已婚状态者超过八成。从临床基本情况看,所有入选者均依据 WS 288-2017 标准确诊为结核病,其入住 ICU 的首要原因集中于重症肺结核引发的呼吸衰竭。入组时,患者的格拉斯哥昏迷评分介于 9 至 13 分之间,平均值接近 11 分。研究严格排除了具有癫痫病史、精神类疾病史或长期服用精神类药物记录的个体。

2.2. 设计方案

两组患者接受的基础镇静方案一致:先静脉给予咪达唑仑 5~10 mg 作为负荷量,随即改为持续泵注维持,初始速度设定在每公斤体重每小时 0.04 至 0.20 毫克之间。全体患者均获得标准化的 ICU 基础护理。两组的核心区别在于镇静深度的监测与调控方式:(1) 对照组遵循常规实践,即医护人员依据 RASS 量表的周期性评估结果来调整镇静药物输注速率,致力于使患者 RASS 评分稳定在 0 到-2 分之间[4]。(2) 干预组则采用 BIS 与 RASS 相结合的监测模式。在患者前额部特定位置(鼻梁上方、额心、双侧颞部等)正确粘贴 BIS 监测电极。相应的配套护理措施着重于:① 电极维护:粘贴前需备皮并彻底清洁皮肤以优化导电性;监测中注意观察电极有无松脱,及时处理以保证信号持续稳定。② 镇静调控:以维持 BIS 值于 65~84 区间为主要目标,同时每 6 小时辅以 RASS 评估作为参照与验证,尤其关注 BIS 值处于极端区域时与临床体征的吻合度[5]。③ 干扰管理:护理人员需具备辨识并排除电信号干扰(如肌电、心电干扰)的能力,确保 BIS 读数的可靠性。④ 加强监护:鉴于对镇静深度有了更精细的把握,需同步加强对血压、心率及呼吸状态的观察,尤其在调整用药后,预防并及时处理可能的循环抑制等不良反应[6]。

2.3. 评价指标

研究评价分为主要与次要指标。主要指标聚焦于镇静过程的质量与安全:包括从开始镇静到连续三次评估符合目标所需的时间(目标达成时间),该项评估由责任护士每两小时评估一次;目标达成后 24 小时内评估达标的频率百分比(24 小时达成率);24 小时内所使用的全部镇静药物总量;以及记录到的非计划性拔管、特定定义的低血压(收缩压低于 90 mmHg 和/或舒张压低于 60 mmHg)与心动过缓(静息心率低于 50 次/分钟)事件、以及通过 CAM-ICU 方法诊断的谵妄发生情况。次要指标则用于衡量对临床进程与资源消耗的影响[7],具体为总的机械通气时长、ICU 住院天数、总住院天数和 ICU 阶段产生的医疗费用。

2.4. 统计学分析

研究采用 SPSS 26.0 统计学软件开展数据分析, 计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示, 组内不同时间点对比采用重复测量方差分析, 组间对比采用协方差分析; 计数资料以率(%)表示, 采用 χ^2 检验。P < 0.05 为差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 基线资料比较

干预组和对照组在年龄、性别构成、入组时疾病严重程度评分(GCS、APACHE II)以及主要诊断分类等关键基线资料上, 均未表现出具有统计学意义的差别, 证实分组后的两组患者起始条件相似, 具有可比性。详细对比数据参见表 1。

Table 1. Comparison of baseline characteristics between the two groups

表 1. 两组患者基线资料比较

项目	干预组(n = 30)	对照组(n = 30)	统计量值	P 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	57.8 $\pm$ 13.1	59.0 $\pm$ 12.4	-0.368	0.714
性别[男, n (%)]	21 (70.0%)	20 (66.7%)	0.069	0.793
GCS 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	11.3 $\pm$ 1.4	11.1 $\pm$ 1.2	0.597	0.553
主要诊断[n (%)]			0.556	0.757
重症肺结核伴呼吸衰	22 (73.3%)	21 (70.0%)		
结脑并发呼吸障碍	8 (26.7%)	9 (30.0%)		
APACHE II 评分($\bar{x} \pm s$)	18.5 $\pm$ 4.2	19.1 $\pm$ 3.9	-0.551	0.584

3.2. 主要镇静效果指标比较

对核心镇静效果指标的分析显示, 干预组的表现优于对照组。其在达到镇静目标上耗时更少, 在后续 24 小时内维持目标镇静水平的成功率更高, 并且所使用的咪达唑仑平均剂量明显更少。具体数值与统计分析结果呈现在表 2 中。

Table 2. Comparison of primary sedation efficacy outcomes between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

表 2. 两组患者主要镇静效果指标比较($\bar{x} \pm s$)

指标	干预组(n = 30)	对照组(n = 30)	t/ χ^2 值	P 值
镇静目标达成时间(min)	45.6 $\pm$ 12.3	62.4 $\pm$ 18.9	-4.212	<0.001
24 h 镇静目标达成率(%)	88.3 $\pm$ 5.9	76.7 $\pm$ 8.4	6.307	<0.001
24 h 咪达唑仑用量(mg)	142.5 $\pm$ 35.8	185.3 $\pm$ 42.1	-4.316	<0.001

3.3. 镇静相关不良事件比较

在安全性结局方面, 干预组患者发生非计划性拔管的比例显著低于对照组。然而, 关于药物可能引发的低血压、心动过缓, 以及由 CAM-ICU 评估确定的谵妄发生率, 两组之间并未发现具有统计学意义的差异。详细数据见表 3。

Table 3. Comparison of sedation-related adverse events between the two groups [n (%)]
表 3. 两组患者镇静相关不良事件比较[n (%)]

不良事件	干预组(n = 30)	对照组(n = 30)	χ^2 值	P 值
非计划性拔管	1 (3.3%)	6 (20.0%)	4.043	0.044
低血压	4 (13.3%)	5 (16.7%)	0.185	0.667
心动过缓	2 (6.7%)	3 (10.0%)	0.000	1.000
谵妄(CAM-ICU 阳性)	5 (16.7%)	7 (23.3%)	0.417	0.519

3.4. 临床结局指标比较

从对患者临床进程的影响来看,干预组所需的平均机械通气时间以及住在 ICU 的天数均短于对照组,该差异达到了统计学显著水平。两组患者的总住院时间则未见明显区别。具体比较数据列于表 4。

Table 4. Comparison of clinical outcome measures between the two groups ($\bar{x} \pm s$)
表 4. 两组患者临床结局指标比较($\bar{x} \pm s$)

指标	干预组(n = 30)	对照组(n = 30)	t 值	P 值
机械通气时间(h)	125.8 $\pm$ 40.3	156.4 $\pm$ 52.7	-2.588	0.012
ICU 住院时间(d)	8.2 $\pm$ 2.5	10.1 $\pm$ 3.3	-2.588	0.012
总住院时间(d)	22.5 $\pm$ 6.8	24.1 $\pm$ 7.5	-0.866	0.390

4. 讨论

本研究的结果为 BIS 监测在结核 ICU 这一特定场景下的应用提供了支持性证据。最直观的益处体现在效率提升上,即干预组更快地达到了预定的镇静目标[8]。这一现象可以归因于 BIS 监测的连续性特质,它消除了依赖间断性临床评估所带来的时间滞后,使得镇静水平的调控能够近乎实时地进行反馈与修正,从而压缩了摸索适宜镇静剂量的过程[3]。

进一步分析发现,干预组不仅在达成目标上更快,在维持目标镇静状态上也更为稳定,表现为更高的 24 小时达标率,同时伴随的是更低的镇静药物消耗[9]。这提示 BIS 提供的量化数据帮助临床医生避免了在缺乏客观依据时,因担心患者躁动而倾向于使用偏大剂量的“经验性”用药习惯。它使得镇静管理从一种相对模糊的经验判断,转向了基于明确数字反馈的精细调节,有助于在确保患者安静合作的同时,探寻并维持其个体化的最低有效镇静水平,符合药物最小化的治疗原则[10]。

尤为重要的是,在患者安全方面,干预组显著降低的非计划性拔管率具有明确的临床意义。非计划性拔管是 ICU 中的严重安全隐患[11]。BIS 监测作为一种预警系统,可能通过识别 BIS 值升高的趋势[12],在患者出现明显躁动行为(导致 RASS 评分升高)之前,就提前警示医护人员镇静深度正在变浅,从而为预防性干预赢得了时间窗口。这体现了客观监测技术在主动预防而非被动应对不良事件方面的潜在优势[13]。

对于其他不良反应,如低血压、心动过缓以及谵妄,两组间发生率相似的结果可能说明,在本次研究所设定的中等程度镇静目标下,BIS 的引入并未额外增加这些事件的风险;反过来看,也未显示出特别的保护作用[14]。谵妄的发生机制复杂,涉及炎症、代谢、环境等多重因素,单纯的镇静深度精确控制可能不足以单独扭转其发生率[15]。

干预组患者更短的机械通气时间和 ICU 住院时间,可以看作是优化镇静管理所带来的综合积极效应的体现[16]。更平稳的镇静减少了呼吸机对抗及相关并发症,更合理的药物用量促进了自主呼吸功能的早

日恢复,加之更低的关键性并发症(如非计划拔管)风险,共同促成了更顺畅的临床恢复路径和更高效的医疗资源利用[17]。尽管 BIS 监测涉及一次性电极及设备的使用成本,但本研究中干预组所表现出的更短 ICU 住院时间及更低的镇静药物总消耗量,均构成了潜在的成本节约来源。ICU 床位日均费用通常较高,干预组平均住院日的缩短有望抵消甚至超过 BIS 监测及电极的材料支出。此外,镇静药物的减量直接降低了药占比。虽然本研究未进行严格的成本-效用分析,但基于现有数据的定性判断表明,通过减少医疗资源占用和优化药物使用, BIS 监测在结核 ICU 中的应用具有良好的成本-效益比。

综上,本研究存在若干限制。样本来自单一专科 ICU,其结论向其他类型 ICU 或普通病房推广时需持审慎态度。此外, BIS 监测的设备投入、对操作者的培训要求以及在某些患者(如额部皮肤条件不佳者)中的应用可行性,都是临床实践中需要考虑的实际问题。后续研究可以着眼于成本效益分析,并探索 BIS 监测对不同镇静目标策略下患者远期神经肌肉功能恢复等方面的影响。

声明

本研究已通过医院伦理委员会审批(审批号: YJ-K2024-99-01),患者均签署知情同意书。

基金项目

四川省卫生健康委员会科技项目资助(24QNMP049); 2024 年成都市医学科研项目(2024573)。

参考文献

- [1] 张晓林,李锋.肺结核致呼吸衰竭研究进展[J]. 结核与肺部疾病杂志, 2022, 3(4): 320-324.
- [2] 王鑫,魏云霞,龙雪娟,等.重症肺结核死亡的多因素分析及风险模型建立[J]. 临床肺科杂志, 2024, 29(7): 1078-1083.
- [3] 黄伟强,袁楚楚,张欢,等. 45 例有创机械通气重症结核病患者静脉使用抗结核药物血药浓度分析[J]. 中国防痨杂志, 2025, 47(6): 798-807.
- [4] 韩东梅,来守永,李莉,等. CT 影像学特征联合肿瘤标志物对肺结核合并肺癌的诊断效果分析[J]. 中国医学装备, 2023, 20(5): 59-63.
- [5] 李春晓,李怀臣. 肺结核患者血清甲壳质酶蛋白 40, β -防御素-2 水平及其对肺结核的诊断价值[J]. 传染病信息, 2024, 37(2): 142-146.
- [6] 杨敏,谭春建,陶崎峰,等. 临床针对性护理对骨结核外科手术患者的效果分析[J]. 中国防痨杂志, 2025, 47(S2): 204-207.
- [7] 夏斌,卫建民,冯万立,等. 术前抗结核治疗时间对腰椎结核手术效果的影响[J]. 海南医学, 2023, 34(3): 335-339.
- [8] 黄巧云,查姗姗,关力理,等. 机械通气治疗呼吸衰竭临床研究年度进展 2025 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2026, 49(4): 448-452.
- [9] 朱玢,崔春晓,毕玉霞,等. 针对性护理干预在结核性脑膜炎合并颅内高压患者中的应用效果[J]. 中国防痨杂志, 2024, 46(S2): 294-296.
- [10] 林艳,薛卫朵. PDCA 循环护理管理模式对肺结核患者的院内感染影响[J]. 贵州医药, 2023, 47(2): 302-303.
- [11] 刘有芳,詹庆元,黄絮,等. 急性呼吸窘迫综合征患者保护性肺通气策略依从性现况调查[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2024, 47(5): 419-429.
- [12] 何艳玲,羊军. 利奈唑胺辅助治疗对肺结核合并重症肺炎患者 TNF- α , IL-6, IL-8 的水平分析[J]. 中国防痨杂志, 2025, 47(S2): 116-118.
- [13] 郝明晓,米洁,许宗仪. 延续性护理路径在结核性脑膜炎患者中的应用效果分析[J]. 中国防痨杂志, 2025, 47(4): 477-481.
- [14] 吴登助,沈灵芬,郑君,等. 综合护理对肺结核患者治疗效果的 Meta 分析[J]. 中国防痨杂志, 2025, 47(12): 1635-1643.
- [15] 谢星,王艳. MDT 式延续护理干预对耐药肺结核患者的作用[J]. 中国防痨杂志, 2024, 46(S2): 288-290.
- [16] 李秀丽,张崇丽,吴玲玲,等. 现实导向训练对患有肺结核的长期住院精神分裂症患者的生活技能影响[J]. 中国

防痨杂志, 2024, 46(S2): 158-161.

- [17] 黄俊, 杜志祥, 胡春梅. 代谢相关脂肪性肝病对初治肺结核患者抗结核治疗短期疗效影响因素[J]. 中国防痨杂志, 2026, 48(5): 631-640.