

# SAT-TB检测肺泡灌洗液对肺结核诊断价值的Meta分析

李若兰<sup>1\*</sup>, 吴江东<sup>1\*</sup>, 张 蕾<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>石河子大学医学院, 新疆 石河子

<sup>2</sup>石河子大学医学院第一附属医院检验科, 新疆 石河子

收稿日期: 2023年7月23日; 录用日期: 2023年8月15日; 发布日期: 2023年8月22日

## 摘要

目的: 通过Meta分析评估结核分枝杆菌RNA恒温扩增检测(simultaneous amplification and testing for *Mycobacterium tuberculosis*, SAT-TB)支气管肺泡灌洗液对肺结核的诊断价值。方法: 通过检索万方、维普、中国知网、PubMed、Embase等数据库, 检索从建库至2020年6月20日前发表的与SAT-TB检测肺泡灌洗液诊断肺结核相关的文献, 筛选文献, 阅读全文并提取纳入文献的原始数据, 使用Review Manager 5.3根据诊断精确性研究质量评估工具(QUADAS-2)评估纳入文献的质量。使用Meta-Disc 1.4对纳入文献提取的数据进行分析, 判断是否存在异质性, 绘制森林图及SROC曲线图, 计算汇总灵敏度、特异度、似然比、诊断比值比及其95%可信区间。结果: 共检索出182篇文献, 依据文献纳入和排除标准, 共纳入15篇文献。SAT-TB技术检测肺泡灌洗液诊断肺结核, 汇总灵敏度0.58 (95%CI: 0.57~0.59)、汇总特异度0.95 (95%CI: 0.95~0.96), 汇总阳性似然比15.16 (95%CI: 7.85~29.29), 汇总阴性似然比0.37 (95%CI: 0.31~0.45), 汇总诊断比值比40.89 (95%CI: 24.34~68.70)。绘制SROC显示AUC = 0.87。结论: SAT-TB检测支气管肺泡灌洗液诊断肺结核有较高的诊断价值, 可作为诊断菌阴性肺结核的有效方法。

## 关键词

肺结核, 肺泡灌洗液, SAT-TB, 诊断, Meta分析

# Meta-Analysis of the Diagnostic Value of SAT-TB for Alveolar Lavage Fluid in the Diagnosis of Pulmonary Tuberculosis

Ruolan Li<sup>1\*</sup>, Jiangdong Wu<sup>1\*</sup>, Lei Zhang<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>School of Medicine, Shihezi University, Shihezi Xinjiang

\*共同第一作者。

#通讯作者。

<sup>2</sup>Department of Laboratory, First Affiliated Hospital of Shihezi University School of Medicine, Shihezi Xinjiang

Received: Jul. 23<sup>rd</sup>, 2023; accepted: Aug. 15<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 22<sup>nd</sup>, 2023

## Abstract

**Objective:** By meta-analysis to assess the diagnostic value of *Mycobacterium tuberculosis* RNA simultaneous amplification and testing for *Mycobacterium tuberculosis* (SAT-TB) in bronchoalveolar lavage for the diagnosis of pulmonary TB. **Method:** The literature related to SAT-TB testing alveolar lavage fluid for the diagnosis of TB was searched by searching the databases of Wanfang, Wipu, China National Knowledge Infrastructure, PubMed and Embase from the time the database that was built to 20 June 2020, screening the literature, reading the full text and extracting the raw data of the included literature, and using Review Manager 5.3 to assess the quality of the included literature according to the Diagnostic Accuracy Study Assessment tool (QUADAS-2). Data extracted from the included literature were analysed for heterogeneity using Meta-Disc 1.4, forest plots and SROC plots were drawn, and summary sensitivities, specificities, likelihood ratios, diagnostic ratios and their 95% confidence intervals were calculated. **Results:** A total of 182 papers were searched and 15 papers were included according to the inclusion and exclusion criteria. The SAT-TB technique for alveolar lavage fluid diagnosis of tuberculosis had a pooled sensitivity of 0.58 (95%CI: 0.57~0.59), a pooled specificity of 0.95 (95%CI: 0.95~0.96), a pooled positive likelihood ratio of 15.16 (95%CI: 7.85~29.29), a pooled negative likelihood ratio of 0.37 (95%CI: 0.31~0.45) and a pooled diagnostic ratio of 40.89 (95%CI: 24.34~68.45). Plotting the SROC showed an AUC = 0.87. **Conclusions:** SAT-TB test for bronchoalveolar lavage fluid has a high diagnostic value for the diagnosis of pulmonary tuberculosis and can be used as an effective method for the diagnosis of bacillary negative tuberculosis.

## Keywords

Tuberculosis, Bronchoalveolar Lavage Fluid, SAT-TB, Diagnosis, Meta-Analysis

Copyright © 2023 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

结核病(Tuberculosis, TB)是一种由生长缓慢的分枝杆菌(*mycobacterium tuberculosis*, MTB)感染引起的一种人畜共患的慢性呼吸道传染病。是全球第 13 大死因之一[1]。根据世界卫生组织全球结核病报告估计 2021 年全球新增结核病患者约 1060 万例,在 30 个高负担国家中的结核病的患病例数占约全球的 86%, 2021 年中国新发结核病患者约 84.2 万, 约占全球 8.5%, 我国是全球第 2 大结核病高负担国家[2], 目前结核病防治形势仍然十分严峻[3]。肺结核(PTB)早期有效的诊断和治疗对于结核病的防治至关重要。

目前结核病的诊断金标准仍是细菌学方法[4]。抗酸杆菌显微镜检诊断特异性高, 但灵敏度低且不能区分结核杆菌和非结核杆菌[5]。结核杆菌培养法灵敏度较抗酸杆菌显微镜提高, 但耗时长需 2~8 周才能取得培养结果, 对实验室级别要求较高, 目前应用并不广泛, 不利于肺结核的早期诊断[6]。结核分枝杆菌 RNA 恒温扩增实时荧光检测技术(Simultaneous amplification and testing, SAT-TB)是以 Mtb 特异性的 16s

rRNA 为起始扩增靶标, 可特异检测标本中是否有存活状态的 Mtb。不仅可用于肺结核的诊断, 还可以用肺外结核诊断及作为抗结核疗效评价的指标。SAT-TB 有检测速度快、周期短、灵敏度及特异度高等优点[7]。近年来, SAT-TB 多应用于痰液标本的检测上, 以支气管肺泡灌洗液(bronchoalveolar lavage fluid, BALF)为标本的研究较少且所得结果存在一定差异。本研究对 SAT-TB 检测肺泡灌洗液诊断肺结核的相关文献进行 Meta 分析, 评估其检测 BALF 在肺结核诊断中的应用价值。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 文献检索策略

两名研究人员独立检索了万方、维普、中国知网、PubMed、EMBASE 等数据库, 选取从建库至 2023 年 6 月 20 日前发表的 SAT-TB 技术检测肺泡灌洗液诊断肺结核的相关文献, 中文检索词为“结核”、“RNA 恒温扩增实时荧光检测技术”、“支气管肺泡灌洗液”, 英文检索词为“tuberculosis”、“Bronchoalveolar Lavage Fluids”、“RNA simultaneous amplification, testing”。

### 2.2. 文献纳入与排除标准

文献纳入标准: 1) 研究目的是评估 SAT-TB 检测 BALF 对肺结核的诊断价值; 2) 入选研究组经临床诊断符合肺结核诊断标准(WS 288-2017); 3) 入选对照组为有肺结核相关症状体征需与肺结核相鉴别的非肺结核疾病; 4) 参考标准为 BALF 结核杆菌培养或临床综合诊断。5) 数据完整能提诊断试验四格表数据。

文献排除标准: 1) 研究类型是文摘、病例报告、会议论文、综述的文献。2) 研究资料不完整, 无法提取诊断试验四格表数据。3) 无法获取全文的文献。4) 同一作者重复发表的文献(仅纳入一篇)。

### 2.3. 文献筛选及数据提取

2 名研究者按照纳入及排除标准独立筛选文献, 阅读纳入文献全文并提取数据, 当 2 名研究者有意见分歧时, 则增加 1 名研究者, 经讨论达成一致意见。

### 2.4. 文献质量评价

2 名研究人员通过诊断精确性研究质量评估工具(QUADAS-2)评估纳入研究的文献质量。包括偏倚风险和适用性两方面进行评价。满足标准为“是”, 不满足标准为“否”, 部分满足或描述不详细为“不清楚”。每个部分中所有问题均回答为“是”时即为“低风险”, 其中任一问题回答为“否”即为“高风险”, 其他情况为“不清楚风险”。当 2 名研究人员有意见分歧时, 必要时小组讨论决定。

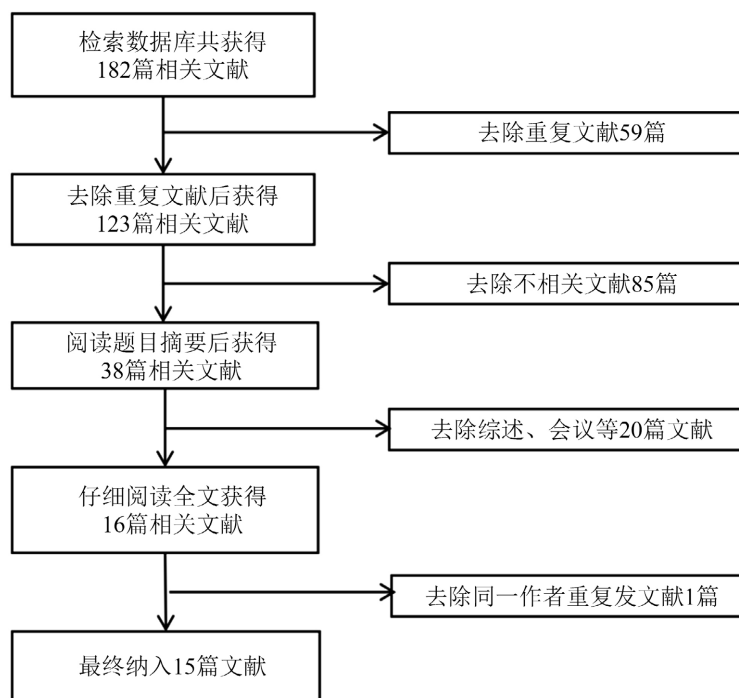
### 2.5. 统计学方法

应用 Meta-Disc 1.4, 通过 Spearman 相关系数评估是否存在阈值效应。采用 Cochrane-Q 检验, 以  $I^2$  大小作为异质性判断为指标判断非阈值效应。绘制森林图判断各纳入研究的结果差异情况。若各研究之间无异质性则采用固定效应模型进行汇总分析, 若各研究之间有异质性采用随机效应模型进行汇总分析。绘制 SROC 曲线图。

## 3. 结果

### 3.1. 文献检索结果

共检索到文献 182 篇, 应用 EndNote X9 去除重复文献后得到 123 篇文献, 阅读标题及摘要后获得 38 篇文献, 阅读全文后最终纳入 15 篇文献(文献筛选流程见图 1)。



**Figure 1.** Literature screening flowchart  
**图 1.** 文献筛选流程图

### 3.2. 纳入文献的基本特征

15 项研究[8]-[22]共纳入 15,941 例患者。纳入文献的研究对象均来自中国。其中 13 篇为中文文献, 2 篇为英文文献。其中 5 项研究使用结核杆菌培养作为参考标准, 10 项研究使用临床综合诊断作为参考标准; 8 篇文献研究组为涂阴肺结核患者, 6 篇文献研究组为疑似肺结核患者, 1 篇文献研究组为确诊肺结核患者(纳入研究资料表, 见表 1)。

**Table 1.** Table of information on included studies

**表 1.** 纳入研究资料表

| 第一作者            | 发表年份 | 研究设计 | TP  | FP | FN  | TN  | 患者类型   | 参考标准 |
|-----------------|------|------|-----|----|-----|-----|--------|------|
| 任斐[8]           | 2015 | 前瞻性  | 51  | 1  | 44  | 66  | 涂阴 PTB | CRS  |
| 范琳[9]           | 2015 | 前瞻性  | 47  | 2  | 11  | 62  | 涂阴 PTB | 培养   |
| 秦志华[10]         | 2016 | 前瞻性  | 37  | 1  | 6   | 53  | 涂阴 PTB | 培养   |
| Liping Yan [11] | 2017 | 前瞻性  | 272 | 12 | 264 | 216 | 疑似 PTB | CRS  |
| 吴璇[12]          | 2017 | 前瞻性  | 52  | 2  | 16  | 45  | 疑似 PTB | 培养   |
| 王静[13]          | 2018 | 前瞻性  | 625 | 18 | 367 | 141 | 确诊 PTB | CRS  |
| 许蕴怡[14]         | 2018 | 前瞻性  | 8   | 2  | 7   | 15  | 涂阴 PTB | 培养   |
| 刘立宾[15]         | 2019 | 前瞻性  | 137 | 7  | 60  | 48  | 涂阴 PTB | CRS  |
| 袁瑛[16]          | 2019 | 前瞻性  | 301 | 25 | 230 | 494 | 涂阴 PTB | CRS  |

## Continued

|                   |      |     |      |     |      |      |        |     |
|-------------------|------|-----|------|-----|------|------|--------|-----|
| 胡佳娜[17]           | 2020 | 前瞻性 | 40   | 0   | 35   | 30   | 疑似 PTB | CRS |
| 王彦朝[18]           | 2020 | 前瞻性 | 1393 | 5   | 469  | 200  | 涂阴 PTB | CRS |
| Zhengxing Wu [19] | 2022 | 前瞻性 | 90   | 1   | 107  | 118  | 涂阴 PTB | CRS |
| 彭利君[20]           | 2022 | 回顾性 | 2215 | 25  | 2477 | 3001 | 疑似 PTB | CRS |
| 洪炳[21]            | 2023 | 前瞻性 | 30   | 1   | 16   | 13   | 疑似 PTB | CRS |
| 邹远妩[22]           | 2023 | 前瞻性 | 399  | 176 | 96   | 1259 | 疑似 PTB | 培养  |

## 3.3. 文献质量评价

“病例选择”部分，文献 9 排除了年龄小于 18 岁患者被判断为“高风险”，文献 18 为回顾性研究排除了出院诊断不明确的患者，被判断为“高风险”，“待评价试验”部分文献 11 是在已知金标准情况下进行的被判断为“高风险”，“适用性”评价文献 11 研究组病例为住院确诊的肺结核患者被判断为“高风险”；其余各部分文献评价均无“高风险”。(纳入研究 QUADAS-2 量表风险评价结果见表 2；文献质量评价条例图见图 2；文献质量评价结果图见图 3。)

**Table 2.** Results of risk evaluation of QUADAS-2 scale in included studies

**表 2.** 纳入研究 QUADAS-2 量表风险评价结果

| 第一作者    | 偏倚风险评估 |       |      |       | 适用性评价 |       |      |
|---------|--------|-------|------|-------|-------|-------|------|
|         | 病例选择   | 待评价试验 | 参考标准 | 流程与进度 | 病例选择  | 待评价试验 | 参考标准 |
| 任斐[6]   | 不清楚    | 不清楚   | 低    | 不清楚   | 低     | 不清楚   | 不清楚  |
| 范琳[7]   | 低      | 低     | 低    | 低     | 低     | 低     | 低    |
| 秦志华[8]  | 低      | 低     | 低    | 不清楚   | 低     | 低     | 低    |
| Yan [9] | 高      | 低     | 低    | 低     | 不清楚   | 低     | 低    |
| 吴璇[10]  | 低      | 低     | 低    | 低     | 低     | 低     | 低    |
| 王静[11]  | 不清楚    | 高     | 低    | 不清楚   | 高     | 低     | 低    |
| 许蕴怡[12] | 低      | 低     | 低    | 不清楚   | 低     | 低     | 低    |
| 刘立宾[13] | 低      | 低     | 低    | 低     | 低     | 低     | 低    |
| 袁瑛[14]  | 低      | 不清楚   | 低    | 不清楚   | 低     | 低     | 低    |
| 胡佳娜[15] | 低      | 低     | 低    | 不清楚   | 低     | 低     | 低    |
| 王彦朝[16] | 低      | 低     | 低    | 不清楚   | 低     | 低     | 低    |
| Wu [17] | 低      | 低     | 低    | 不清楚   | 低     | 低     | 低    |
| 彭利君[18] | 高      | 不清楚   | 不清楚  | 不清楚   | 低     | 低     | 低    |
| 洪炳[19]  | 低      | 低     | 低    | 不清楚   | 低     | 低     | 低    |
| 邹远妩[20] | 低      | 低     | 低    | 低     | 低     | 低     | 低    |

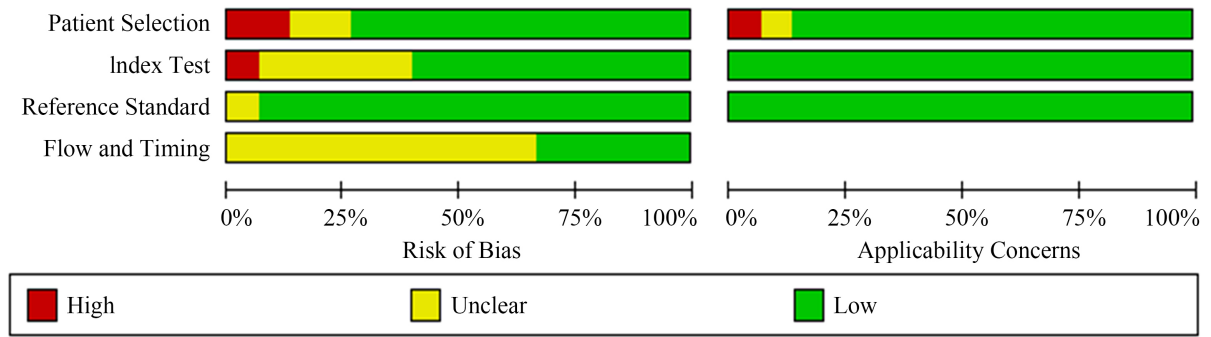


Figure 2. Diagram of literature evaluation regulations  
图 2. 文献评价条例图



Figure 3. Graph of the results of the evaluation of the quality of literature  
图 3. 文献质量评价结果图

### 3.4. 异质性分析

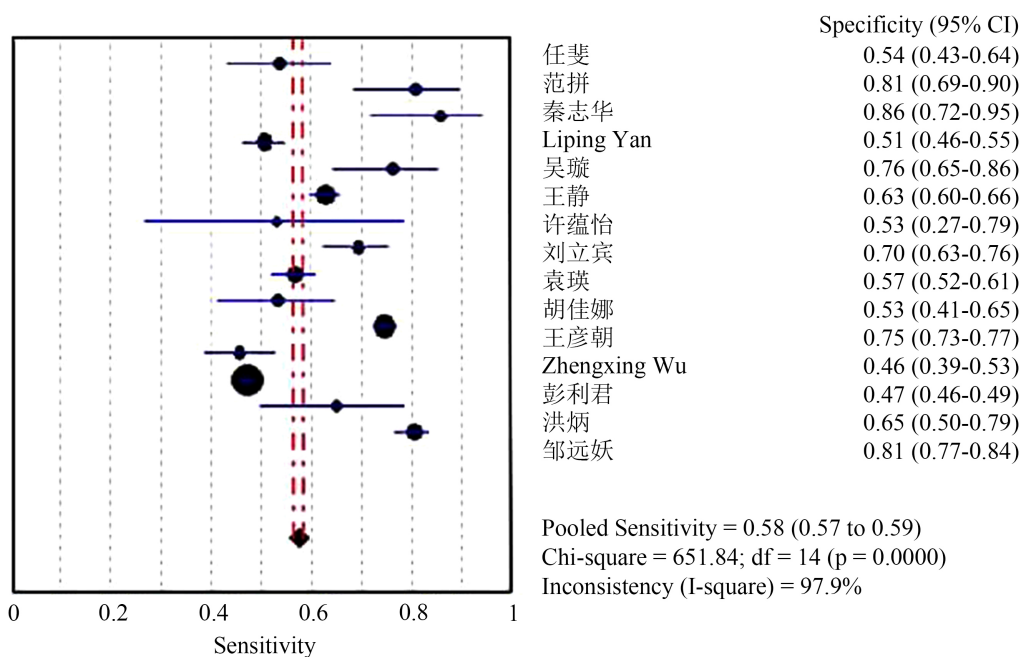
阈值效应分析: Spearman 相关系数为 0.350,  $p = 0.201$ , 提示不存在阈值效应。非阈值效应分析: SAT-TB 检测支气管肺泡灌洗液诊断肺结核, 其敏感度的  $I^2 = 97.9\%$ , Cochrane-Q = 651.84,  $p < 0.001$ ; 特异度的  $I^2 = 95.6\%$ , Cochrane-Q = 315.39,  $p < 0.001$ ; 阳性似然比的  $I^2 = 93.9\%$ , Cochrane-Q = 230.26,  $p < 0.001$ ; 阴性似然比的  $I^2 = 96.7\%$ , Cochrane-Q = 418.40,  $p < 0.001$ ; 诊断比值比的  $I^2 = 83.9\%$ , Cochrane-Q = 86.80,  $p < 0.001$ 。提示均存在较大异质性。采用随机效应模型进行合并。

### 3.5. SAT-TB 检测肺泡灌洗液诊断肺结核的诊断价值分析

SAT-TB 检测肺泡灌洗液对肺结核诊断, 汇总灵敏度 0.58 (95%CI: 0.57~0.59)、汇总特异度 0.95 (95%CI: 0.95~0.96), 汇总阳性似然比 15.16 (95%CI: 7.85~29.29), 汇总阴性似然比 0.37 (95%CI: 0.31~0.45), 汇总诊断比值比 40.89 (95%CI: 24.34~68.70) (森林图见图 4-8)。SROC 曲线图显示 AUC = 0.87 (SROC 曲线见图 9)。

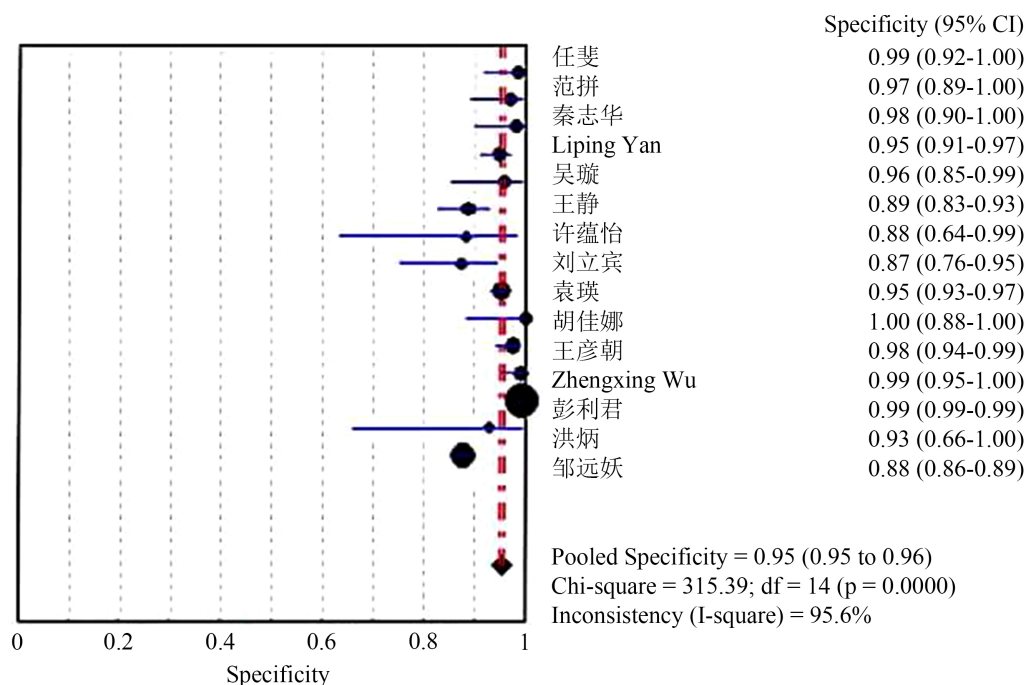
### 3.6. 亚组分析

以 CRS 为参考标准的 10 项研究, 其汇总灵敏度、特异度、DOR 分别为: 0.56 (0.55~0.57)、0.98 (0.97~0.98)、37.88 (18.51~77.52), AUC 为 0.80。以细菌培养为参考标准的 5 项研究, 汇总灵敏度、特异度、DOR 分别为: 0.80 (0.77~0.83)、0.89 (0.87~0.90)、51.94 (19.38~139.23), AUC 为 0.89。研究组为涂阴肺结核患者的 8 项研究, 其汇总灵敏度、特异度、DOR 分别为: 0.69 (0.67~0.71)、0.96 (0.95~0.97)、50.29 (22.84~110.71), AUC 为 0.88。研究组为疑似肺结核患者的 6 项研究, 汇总灵敏度、特异度、DOR 分别为: 0.51 (0.50~0.52)、0.95 (0.95~0.96)、42.62 (17.97~101.04), AUC 为 0.89 (SAT-TB 检测 BALF 诊断肺结核的亚组分析情况见表 3)。



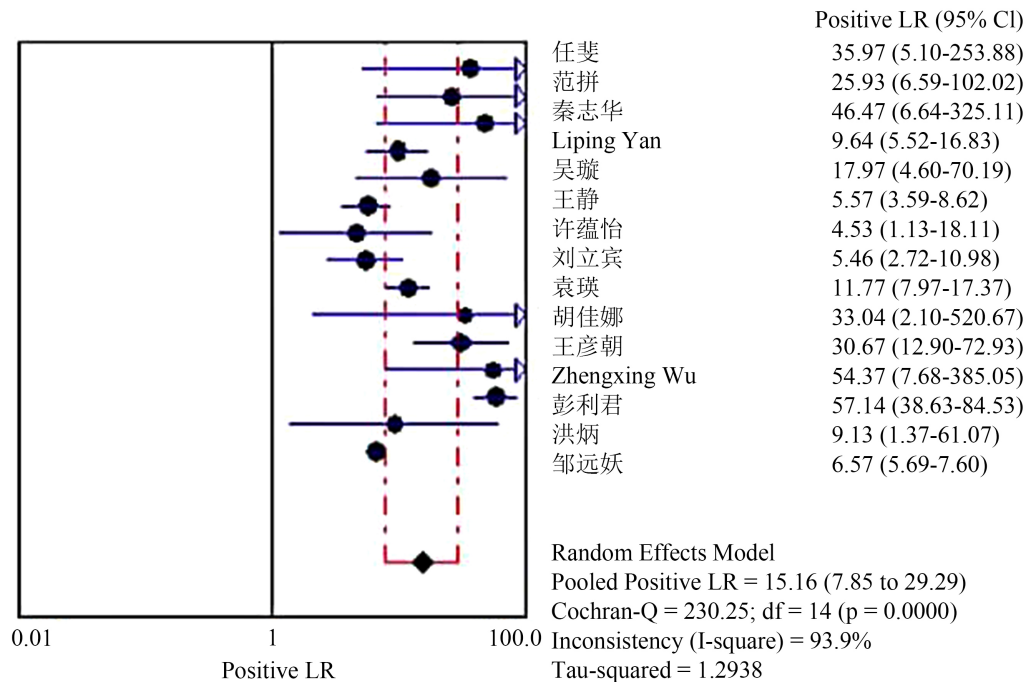
**Figure 4.** Pooled sensitivity of the SAT-TB technique for detecting PTB diagnosed by bronchoalveolar lavage fluid. (Diamonds represent pooled sensitivities; lines represent 95% CIs for each study)

**图 4.** SAT-TB 技术检测支气管肺泡灌洗液诊断 PTB 的汇总灵敏度。(菱形代表汇集的灵敏度; 线条代表各研究的 95%CI)



**Figure 5.** Pooled specificity of the SAT-TB technique for detecting PTB diagnosed by bronchoalveolar lavage fluid. (Diamonds represent pooled sensitivities; lines represent 95% CIs for each study)

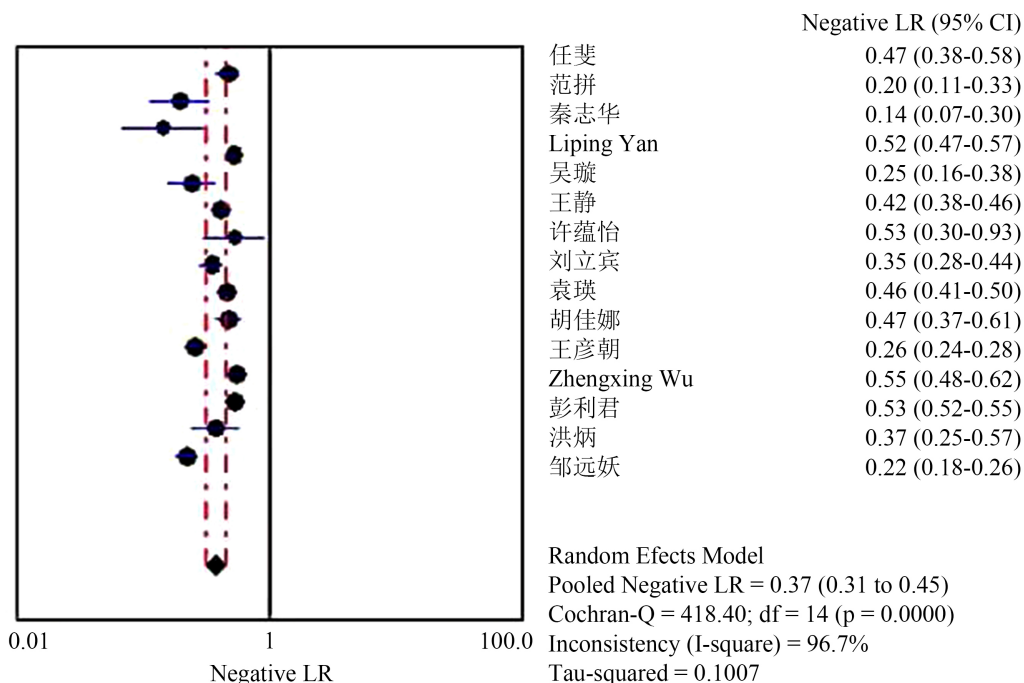
**图 5.** SAT-TB 技术检测支气管肺泡灌洗液诊断 PTB 的汇总特异度。(菱形代表汇集的敏感度; 线条代表各研究的 95%CI)



**Figure 6.** Pooled positive likelihood ratios for the diagnosis of PTB by the SAT-TB technique for detecting bronchoalveolar lavage fluid. (Diamonds represent pooled sensitivities; lines represent 95% CIs for each study)

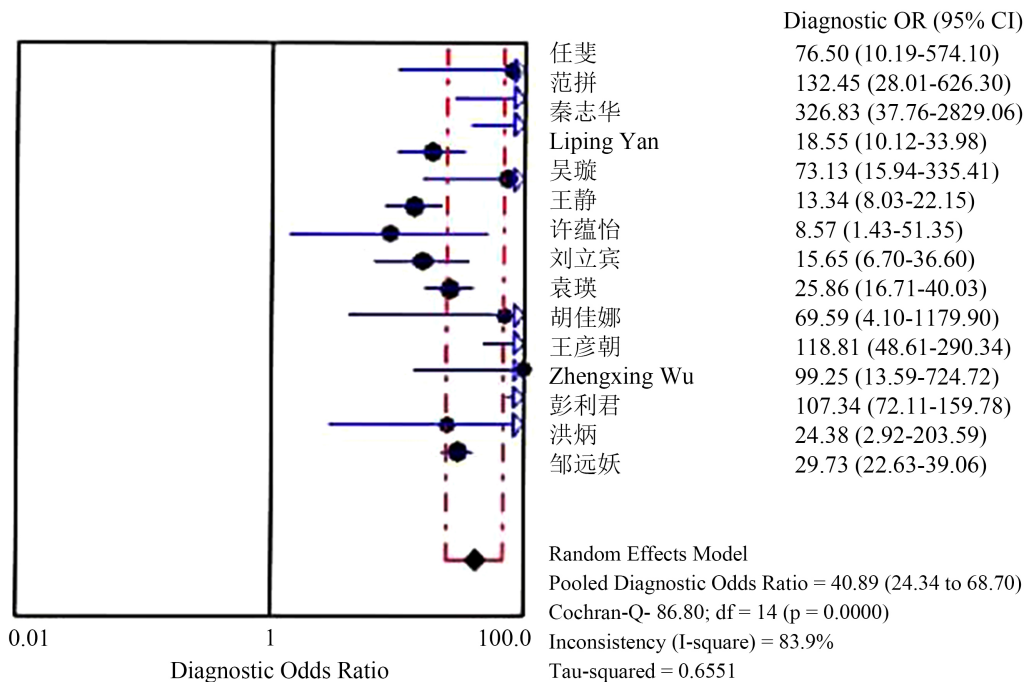
**图 6.** SAT-TB 技术检测支气管肺泡灌洗液诊断 PTB 的汇总阳性似然比。(菱形代表汇集的敏感度; 线条代表各研究的 95%CI)





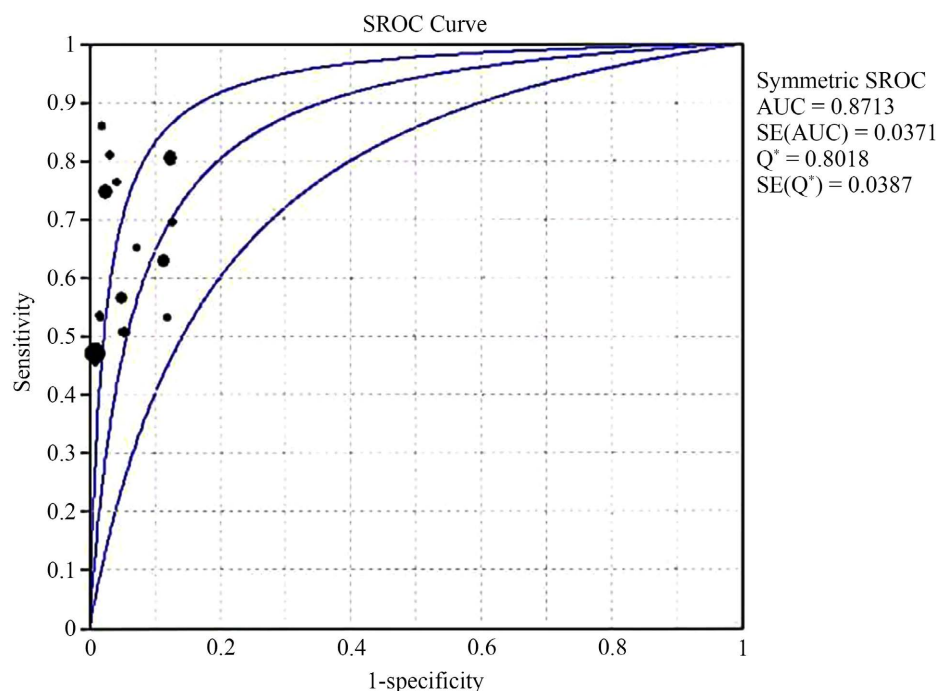
**Figure 7.** Pooled negative likelihood ratios for the diagnosis of PTB by the SAT-TB technique for detecting bronchoalveolar lavage fluid. (Diamonds represent pooled sensitivities; lines represent 95% CIs for each study)

**图 7.** SAT-TB 技术检测支气管肺泡灌洗液诊断 PTB 的汇总阴性似然比。(菱形代表汇集的敏感度; 线条代表各研究的 95%CI)



**Figure 8.** Pooled diagnostic ratio of PTB diagnosed by bronchoalveolar lavage fluid detected by the SAT-TB technique. (Diamonds represent pooled sensitivities; lines represent 95% CIs for each study)

**图 8.** SAT-TB 技术检测支气管肺泡灌洗液诊断 PTB 的汇总诊断比值比。(菱形代表汇集的敏感度; 线条代表各研究的 95%CI)



**Figure 9.** SROC plot of the SAT-TB technique for the detection of PTB diagnosed by bronchoalveolar lavage fluid

**图 9.** SAT-TB 技术检测支气管肺泡灌洗液诊断 PTB 的 SROC 曲线图

**Table 3.** Subgroup analysis of SAT-TB test for BALF diagnosis of tuberculosis

**表 3.** SAT-TB 检测 BALF 诊断肺结核的亚组分析情况

| 组别    | 灵敏度              | 特异度              | DOR                  | AUC  |
|-------|------------------|------------------|----------------------|------|
| 培养组   | 0.80 (0.77~0.83) | 0.89 (0.87~0.90) | 51.94 (19.38~139.23) | 0.89 |
| CRS 组 | 0.56 (0.55~0.57) | 0.98 (0.97~0.98) | 37.88 (18.51~77.52)  | 0.80 |
| 涂阴组   | 0.69 (0.67~0.71) | 0.96 (0.95~0.97) | 50.29 (22.84~110.71) | 0.88 |
| 疑似组   | 0.51 (0.50~0.52) | 0.95 (0.95~0.96) | 42.62 (17.97~101.04) | 0.89 |

#### 4. 讨论

SAT-TB 是一种基于 RNA 的恒温扩增技术, 国内学者孙宝彬的一项 Meta 分析显示: SAT-TB 检测痰液诊断肺结核的汇总敏感度为 87.0%, 汇总特异度为 90.0% [23]。这显示其检测痰液标本对肺结核的诊断有较好的应用价值。然而, 对于痰涂片阴性及痰液稀少的肺结核患者, 收集 BALF 标本对肺结核的诊断是必要的。

国外一项纳入 19 项研究的 Meta 分析显示。Xpert MTB/RIF 检测 BALF 诊断肺结核, 以培养法为参考标准, 汇总灵敏度、特异性 0.87 (95%CI: 0.84~0.90)、0.92 (95%CI: 0.91~0.93), AUC = 0.95。以 CRS 为参考标准, 其汇总灵敏度、特异性分别为 0.69 (95%CI: 0.65~0.72)、0.98 (95%CI: 0.98~0.99), AUC = 0.96 [24]。

目前, SAT 在检测 BALF 样本对肺结核的诊断价值仍不清楚。本研究 SAT-TB 检测 BALF 样本诊断肺结核的汇总灵敏度 0.58 (95%CI: 0.57~0.59)、汇总特异度 0.95 (95%CI: 0.95~0.96), AUC = 0.87。本研究

没有观察到阈值效应。各研究之间的敏感性和特异性存在较大异质性。亚组分析显示, 以 CRS 为参考标准其汇总灵敏度、特异度为: 0.56 (95%CI: 0.55~0.57)、0.98 (95%CI: 0.97~0.98), AUC 为 0.80。以细菌培养为参考标准其汇总灵敏度、特异度、0.80 (95%CI: 0.77~0.83)、0.89 (95%CI: 0.87~0.90), AUC 为 0.89。研究组为涂阴肺结核患者的其汇总灵敏度、特异度为 0.69 (95%CI: 0.67~0.71)、0.96 (95%CI: 0.95~0.97), AUC 为 0.88。研究组为疑似肺结核患者的其汇总灵敏度、特异度为: 0.51 (95%CI: 0.50~0.52)、0.95 (95%CI: 0.95~0.96), AUC 为 0.89。这显示异质性可能与参考标准不同以及各研究纳入患者疾病不同阶段相关, 尽管如此, 本研究纳入的大多数研究显示了较高的诊断效能, SAT-TB 检测 BALF 诊断肺结核与 Xpert MTB/RIF 有相当的诊断效能。

总之, 本研究显示, 使用 SAT-TB 检测 BALF 对肺结核有较高的诊断价值, 可作为一种替代的快速诊断工具, 对临床诊断和治疗有指导作用。尤其是对痰涂片镜检阴性或痰液稀少的肺结核患者。但是, 本研究纳入文献研究人群多为成人可能造成偏倚。

## 参考文献

- [1] 卢春容, 房宏霞, 陆普选, 季乐财. WHO 2021 年全球结核病报告: 全球与中国关键数据分析[J]. 新发传染病电子杂志, 2021, 6(4): 368-372.
- [2] World Health Organization (2021) Global Tuberculosis Report 2021. Geneva.
- [3] 徐彩红, 赵雁林. 从《2020 年全球结核病报告》看我国结核病防治工作[J]. 中华传染病杂志, 2021, 39(7): 392-397.
- [4] 马俊, 沙巍. 结核病分子生物学诊断新技术的研究进展[J]. 同济大学学报(医学版), 2022, 43(4): 579-585.
- [5] Steingart, K.R., Ramsay, A. and Pai, M. (2007) Optimizing Sputum Smear Microscopy for the Diagnosis of Pulmonary Tuberculosis. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 5, 327-331. <https://doi.org/10.1586/14787210.5.3.327>
- [6] 张薇, 赵立. 结核分枝杆菌感染的实验室诊断及检测技术研究进展[J]. 国际呼吸杂志, 2019, 39(20): 1586-1591.
- [7] 李姗姗, 王玉峰, 舒薇, 等. 结核病实验室诊断技术研发新进展[J]. 中国防痨杂志, 2023, 45(5): 446-453. <https://doi.org/10.19982/j.issn.1000-6621.20220535>
- [8] 任斐, 周永, 严文, 等. 支气管肺泡灌洗液 RNA 恒温扩增检测涂阴肺结核的诊断价值[J]. 临床肺科杂志, 2015(11): 1968-1972.
- [9] 范琳, 王鹏, 杨妍, 等. RNA 恒温扩增实时荧光检测技术检测支气管肺泡灌洗液对涂阴肺结核的快速诊断价值[J]. 中国防痨杂志, 2015, 37(2): 140-144.
- [10] 秦志华, 施军卫, 邱青, 等. RNA 恒温扩增实时荧光检测技术对涂阴肺结核患者支气管肺泡灌洗液检测的价值[J]. 中国防痨杂志, 2016, 38(10): 884-887.
- [11] Yan, L.P., Zhang, Q. and Xiao, H.P. (2017) Clinical Diagnostic Value of Simultaneous Amplification and Testing for the Diagnosis of Sputum-Scarce Pulmonary Tuberculosis. *BMC Infectious Diseases*, 17, Article No. 545. <https://doi.org/10.1186/s12879-017-2647-7>
- [12] 吴璇, 毛晓辉, 王勃, 等. 肺泡灌洗液 RNA 恒温扩增实时检测在肺结核诊断中的应用价值[J]. 陕西医学杂志, 2017, 46(5): 600-601, 608.
- [13] 王静, 刘立宾, 岳永宁, 等. TB-SAT 检测支气管肺泡灌洗液诊断肺结核的价值研究[J]. 预防医学, 2018, 30(4): 429-431.
- [14] 许蕴怡, 蔡杏珊, 谭耀驹, 等. SAT-TB 检测支气管肺泡灌洗液对涂阴肺结核的快速临床诊断价值[J]. 现代医院, 2018, 18(2): 298-300.
- [15] 刘立宾, 潘爱珍, 王静, 等. T-SPOT.TB 和 SAT-TB 联合检测诊断涂阴肺结核[J]. 预防医学, 2019, 31(4): 426-429.
- [16] 袁瑛, 明湘虹, 郑宏, 等. SAT 技术与荧光定量 PCR 在痰涂片阴性肺结核诊断中的价值研究[J]. 临床肺科杂志, 2019, 24(3): 538-540.
- [17] 胡佳娜, 范大鹏, 陈园园, 等. 结核分枝杆菌检测试剂盒优化方案对结核分枝杆菌的诊断价值[J]. 浙江实用医学, 2020, 25(5): 345-346, 362.
- [18] 王彦朝. SAT-TB 联合 FQ-PCR 检测在痰涂片阴性肺结核诊断中的应用价值[J]. 河南医学研究, 2020, 29(4):

713-714.

- [19] Wu, Z.X., Shi, J.C., Zhou, Y.Y., *et al.* (2022) The Diagnostic Value of the Thermostatic Amplification of Ribonucleic Acid in Bronchoalveolar Lavage Fluid in Smear-Negative Pulmonary Tuberculosis. *Frontiers in Public Health*, **10**, Article 830477. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.830477>
- [20] 彭利君, 刘立宾, 王静, 等. 五种结核检测方法在支气管肺泡灌洗液中对结核病的独立和联合诊断价值[J]. 全科医学临床与教育, 2022, 20(9): 778-782.
- [21] 洪炳, 李希玖, 钟益锴, 等. 肺泡灌洗液 TB-SAT 快速诊断涂阴肺结核价值的研究[J]. 中国当代医药, 2023, 30(10): 82-85.
- [22] 邹远妩, 李静, 王彪, 等. 结核分枝杆菌 RNA 恒温扩增实时荧光检测技术检测肺泡灌洗液诊断肺结核的价值[J]. 中国防痨杂志, 2023, 45(4): 434-436.
- [23] 孙宝彬, 谢明娟, 陈效友. 恒温扩增实时荧光检测技术检测痰液对肺结核患者诊断价值的 Meta 分析[J]. 中国防痨杂志, 2017, 39(5): 511-517.
- [24] Liu, H.C., Gao, Y.L., Li, D.F., Zhao, X.Y., Pan, Y.Q. and Zhu, C.T. (2021) Value of Xpert MTB/RIF Using Bronchoalveolar Lavage Fluid for the Diagnosis of Pulmonary Tuberculosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Microbiology*, **59**, e02170-20. <https://doi.org/10.1128/JCM.02170-20>