

学校肺结核患者密切接触者重组结核杆菌融合蛋白皮肤试验结果及影响因素分析



邱瑶雪¹, 陈 诚¹, 吴丹青², 周 清³, 王 瑜¹

1. 南京医科大学附属江宁医院感染病科 (南京 211100)
2. 南京医科大学附属江宁医院公共卫生科 (南京 211100)
3. 南京医科大学附属江宁医院药学部 (南京 211100)

【摘要】目的 了解学校肺结核 (PTB) 患者密切接触者重组结核杆菌融合蛋白皮肤试验 (EC-ST) 结果及 EC-ST 阳性的影响因素, 为学校 PTB 防控提供理论依据。**方法** 对 2024 年 1 月至 2025 年 3 月南京市江宁区诊断的学校 PTB 患者校内密切接触者开展 EC-ST 及问卷调查, 采用单因素和多因素广义估计方程 (GEE) 模型分析学校密切接触者 EC-ST 阳性的影响因素。**结果** 基于 40 名 PTB 患者, 共筛查与其密切接触的 1 860 名校内密切接触者, 经 EC-ST 发现 55 名密切接触者呈阳性反应, 阳性率为 2.96%。不同年龄段、职业、筛查次数的密切接触者 EC-ST 阳性率不同, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。多因素 GEE 分析结果显示, 肥胖是学校 PTB 密切接触者 EC-ST 阳性的保护因素 [OR=0.74, 95%CI (0.56, 0.98), $P=0.037$], 无卡介苗疤痕 [OR=1.29, 95%CI (1.12, 1.49), $P < 0.001$]、无结核病/潜伏结核感染既往史 [OR=1.48, 95%CI (1.09, 2.01), $P=0.012$] 是密切接触者 EC-ST 阳性的危险因素。**结论** 学校应加强对 PTB 流行的监测管理, 及时开展密切接触者的筛查工作, 应提高对体重过轻、无卡介苗疤痕等重点密切接触人群的关注度, 尽早发现结核分枝杆菌感染者及 PTB 患者, 及时阻止 PTB 在学校内传播流行。

【关键词】 肺结核; 学校; 密切接触者; 重组结核杆菌融合蛋白皮肤试验; 影响因素

【中图分类号】 R521;R183.3 **【文献标识码】** A

Analysis of the results and influencing factors of the ESAT6-CFP10 skin test for close contacts of pulmonary tuberculosis patients in the school

QIU Yaoyue¹, CHEN Cheng¹, WU Danqing², ZHOU Qing³, WANG Yu¹

1. Department of Infectious Diseases, The Affiliated Jiangning Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 211100, China
2. Department of Public Health, The Affiliated Jiangning Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 211100, China
3. Department of Pharmacy, The Affiliated Jiangning Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 211100, China

Corresponding author: CHEN Cheng, Email: ccalcemma@163.com

【Abstract】Objective To investigate the outcomes of the ESAT6-CFP10 skin test (EC-ST) among close contacts of pulmonary tuberculosis (PTB) patients in school settings and to identify factors associated with positive EC-ST results, and to provide a theoretical basis for PTB prevention

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202603110

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (82270015); 南京市卫生科技发展项目一般性课题 (YKK23228)

通信作者: 陈诚, 副主任医师, Email: ccalcemma@163.com

yxxz.whuznhmedj.com

and control strategies in schools. **Methods** From January 2024 to March 2025, EC-ST screening and a questionnaire survey were conducted among close contacts of school-diagnosed PTB patients in Jiangning District, Nanjing City. Univariate and multivariate generalized estimating equations (GEE) models were employed to explore potential factors associated with positive EC-ST results among school-based close contacts. **Results** Based on 40 confirmed PTB cases, a total of 1,860 close contacts within schools who had been exposed to these cases were screened. EC-ST results identified 55 individuals with positive reactions, resulting in a positivity rate of 2.96%. The positivity rates varied significantly among different age groups, occupations, and screening frequencies ($P < 0.05$). Multivariate GEE analysis revealed that obesity was a protective factor for positive EC-ST result among close contacts in school settings [OR=0.74, 95%CI (0.56, 0.98), $P=0.037$], absence of Bacillus Calmette-Guérin (BCG) vaccination scar [OR=1.29, 95%CI (1.12, 1.49), $P < 0.001$], and no previous history of tuberculosis/latent tuberculosis infection [OR=1.48, 95%CI (1.09, 2.01), $P=0.012$] were risk factors for positive EC-ST result among close contacts in school settings. **Conclusion** Schools should enhance the monitoring and management of PTB infection by implementing timely screening measures for close contacts of confirmed cases. Particular attention should be given to high-risk groups, including individuals with underweight and absence of BCG vaccination scar. Early detection of *Mycobacterium tuberculosis* infections and active PTB cases is essential for effective prevention of transmission within schools.

【Keywords】 Pulmonary tuberculosis; School; Close contacts; ESAT6-CFP10 skin test; Influencing factors

肺结核 (pulmonary tuberculosis, PTB) 是由结核分枝杆菌 (*Mycobacterium tuberculosis*, MTB) 引起的一种呼吸系统传染病, 对公众健康构成严重威胁。2024 年全球估算新增结核病患者 1 070 万例, 其中我国新增病例数约占全球的 6.5%, 在 30 个结核病高负担国家中排名第 4 位, 其传播流行形势依然严峻^[1]。为应对结核病流行, 我国制定了相应的战略规划, 提出至 2030 年将全国结核病发病率降至 43/10 万以下, 并确保 PTB 患者密切接触者的结核病检查率 $\geq 90\%$ ^[2]。研究表明, 结核病患者密切接触者中的结核病检出率比普通人群高 10 倍^[3]。学校环境中人员密集, 学习和生活空间相对拥挤, 一旦出现 PTB 患者, 易引发聚集性或暴发性结核疫情^[4]。因此, 学校作为 PTB 防控的重点场所, 需对校内确诊病例的密切接触者进行重点筛查和管理^[5]。目前我国已研发重组结核杆菌融合蛋白皮肤试验 (ESAT6-CFP10 skin test, EC-ST), 其试剂为通过基因工程方法制备、表达 MTB 特异性的 ESAT-6 和 CFP-10 融合蛋白, 可用于 MTB 感染的检测和结核病的辅助诊断, 并已获国家药品监督管理局批准上市^[6]。世界卫生组织推荐将 EC-ST 作为新型结核菌素皮肤试验用于结核病筛查^[7-8]。本研究对 2024 年 1 月至 2025 年 3 月南京市江宁区诊断的学校 PTB 患者的校内密切接触者进行 EC-ST 检测, 汇总和分析 EC-ST 结果, 评估 EC-ST 筛查的阳性率及其影响因素,

并评价该方法的有效性, 为南京市学校结核病防控策略的制定提供数据支持。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选择 2024 年 1 月至 2025 年 3 月南京市江宁区诊断的学校 PTB 患者的校内密切接触者为研究对象。纳入标准: ①年龄为 3~65 岁; ②经流行病学调查人员判断为 PTB 患者的密切接触者; ③对 EC-ST 筛查无免疫禁忌证; ④研究对象或其监护人知情同意。排除标准: ①患有急性发作疾病、全身性皮肤病、过敏体质以及其他禁忌证者; ②拒绝调查者。本研究已获得南京医科大学附属江宁医院医学伦理委员会审批 (批号: 2023-03-149-K01), 研究对象或其监护人均签署知情同意书。

1.2 资料收集

由研究人员通过学校信息采集、发放自行设计的调查问卷的方式收集 PTB 密切接触者的资料信息, 包括年龄、性别、身高、体重、体重指数 (body mass index, BMI)、学校类型、家庭住址、民族、吸烟情况、与指示病例的关系、PTB 或结核潜伏感染 (latent tuberculosis infection, LTBI) 病史和卡介苗接种情况等。同时, 由实验室人员对研究对象进行 EC-ST 筛查试验。本研究对 40 名 PTB 患者的所有密切接触者进行第 1 次 EC-ST

筛查试验; 2 个月后, 除毕业后离校的部分密切接触者未纳入外, 对第 1 次 EC-ST 筛查试验阴性的密切接触者进行第 2 次 EC-ST 筛查试验。对所有 EC-ST 筛查试验阳性的密切接触者进行胸部 X 线检查, 以便进一步诊断是否患 TB。

1.3 相关定义

指示病例: 符合《WS288—2017 肺结核诊断》^[9] 标准, 由结核病定点医院结核科医生确认为活动性 PTB 的患者。密切接触者: 与活动性 PTB 患者在同一宿舍居住的同学, 在同一教室学习的师生, 或与病原学阳性/症状明显的病原学阴性/重症病原学阴性患者在诊断前 3 个月至开始治疗后 14 d 内直接接触 8 h 及以上或累计 40 h 者, 或其他病原学阴性患者在诊断前 1 个月内累计接触达 40 h 者^[10]。病原学阳性 PTB: 痰涂片阳性或 MTB 培养阳性或分子生物学检测阳性 PTB。病原学阴性 PTB: 痰涂片、MTB 培养及分子生物学检测均为阴性的 PTB。无病原学结果 PTB: 包括结核性胸膜炎在内的未痰检 PTB。MTB 感染标准: EC-ST 阳性。LTBI: 宿主感染 MTB 后对 MTB 抗原存在持续的免疫应答, 但无临床活动性结核病证据的一种特殊状态^[11]。

1.4 EC-ST 筛查

吸取 EC-ST 试剂 (安徽智飞龙科马生物制药有限公司, 规格: 50 U/mL) 0.1 mL (5U), 采取孟都法注射于前臂掌侧皮内, 使用时所有试剂均在有效期内。注射后 48~72 h 检查注射部位的反应, 红晕或硬结平均直径 $[(\text{横径} + \text{纵径}) / 2] < 5 \text{ mm}$ 或无反应者为阴性, 红晕或硬结平均直径 $\geq 5 \text{ mm}$ 为阳性反应, 凡有水疱、坏死、淋巴管炎者均属强阳性反应^[12]。

1.5 质量控制

由结核病定点医院医疗机构的医护人员统一完成 EC-ST 操作、结果测量及判断, 筛查试验操作人员于研究开始前均接受统一培训, 以确保操作规范及质量控制。问卷调查采用线上填写调查问卷的方式, 由 2 名专业人员对问卷填写进行现场指导, 避免诱导作答。

1.6 统计学分析

采用 Excel 软件对数据进行汇总、清洗与整理, 使用 SAS 9.4 软件对数据进行统计分析。符合正态分布者以均数和标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 不符合正态分布者以中位数和四分位数 [$M (P_{25}, P_{75})$]

表示。计数资料以频数和百分数 ($n, \%$) 表示, 组间比较采用 χ^2 检验或校正 χ^2 检验。采用单因素及多因素广义估计方程 (generalized estimating equations, GEE) 模型分析学校 PTB 密切接触者 EC-ST 阳性的影响因素。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

第 1 次 EC-ST 筛查共纳入校内密切接触者 1 860 名; 第 2 次 EC-ST 筛查共纳入校内密切接触者 1 322 名。

密切接触者平均年龄 (19.68 ± 7.5) 岁, 其中男性 1 012 人, 女性 848 人, 男女比例 1.19 : 1。幼儿园/小学师生 126 人 (6.77%); 初中师生 330 人 (17.74%); 高中/中专师生 115 人 (6.18%); 高校师生 1 289 人 (69.30%), 见表 1。

2.2 PTB 密切接触者 EC-ST 结果

共筛查出 EC-ST 阳性人数 55 人, 阳性率 2.96%。其中, 第 1 次筛查出 EC-ST 阳性人数为 42 人, 阳性率为 2.26%; 第 2 次筛查出 EC-ST 阳性人数为 13 人, 阳性率为 0.98%。2 次筛查结果的阳性率差异有统计学意义 ($\chi^2=7.39, P=0.007$)。

对 2 次 EC-ST 筛查出的 55 名阳性密切接触者进一步行胸部 X 线检查, 共发现 PTB 患者 3 名, 检出率为 16.13/万 (3/1 860), 且 3 名 PTB 患者第 1 次 EC-ST 均为阴性, 第 2 次筛查 EC-ST 结果为阳性。不同年龄段密切接触者 EC-ST 阳性率差异有统计学意义; 教职工 EC-ST 阳性率为 14.53%, 显著高于学生 (2.18%), 差异有统计学意义, 见表 1。

2.3 EC-ST 阳性的影响因素分析

共收集到密切接触者调查问卷 695 份, 其中, EC-ST 阳性 36 人 (5.18%)。以 EC-ST 结果阳性为因变量 (0=否, 1=是) 进行单因素 GEE 分析, 结果显示, 肥胖、无卡介苗疤痕、无结核病/LTBI 既往史与 PTB 密切接触者 EC-ST 结果相关, 见表 2。

将单因素分析有统计学意义的变量纳入多因素 GEE 分析。结果显示, 肥胖是 TB 密切接触者 EC-ST 阳性的保护因素 [OR=0.74, 95%CI (0.56, 0.98), $P=0.037$], 无卡介苗疤痕 [OR=1.29, 95%CI (1.12, 1.49), $P<0.001$], 无结核病/LTBI 既往史 [OR=1.48, 95%CI (1.09, 2.01), $P=0.012$] 是 PTB 密切接触者 EC-ST 阳性的危险因素, 见表 2。

表 1 学校 PTB 密切接触者的 EC-ST 阳性率情况 (n, %)

Table 1. EC-ST positive rates among close contacts of PTB patients in the school (n, %)

分类	筛查人数 (n=1 860)	阳性例数 (n=55)	阳性率 (%)	χ^2 值	P 值
性别				1.83	0.176
男	1 012 (54.41)	25 (45.45)	2.47		
女	848 (45.59)	30 (54.55)	3.54		
年龄 (岁)				13.69	< 0.001
< 18	509 (27.37)	3 (5.45)	0.59		
≥ 18	1 351 (72.63)	52 (94.55)	3.85		
职业				58.27	< 0.001
学生	1 743 (93.71)	38 (69.09)	2.18		
教职工	117 (6.29)	17 (30.91)	14.53		
学校类型				2.57	0.462
幼儿园/小学	126 (6.77)	1 (1.82)	0.79		
初中	330 (17.74)	9 (16.36)	2.73		
高中/中专	115 (6.18)	3 (5.45)	2.61		
高校	1 289 (69.30)	42 (76.36)	3.26		
接触的指示病例病原学结果				0.46	0.796
阳性	1 451 (78.01)	42 (76.36)	2.89		
阴性	311 (16.72)	9 (16.36)	2.89		
无	98 (5.27)	4 (7.27)	4.08		
接触的指示病例职业				0.03	0.855
学生	1 406 (75.59)	41 (74.55)	2.92		
教职工	454 (24.41)	14 (25.45)	3.08		

表 2 学校 TB 密切接触者 EC-ST 阳性的 GEE 分析 (n, %)

Table 2. GEE analysis of EC-ST positive cases among close contacts of tuberculosis patients in the school (n, %)

变量	EC-ST 阴性组 (n=659)	EC-ST 阳性组 (n=36)	GEE 单因素分析		GEE 多因素分析	
			OR 值 (95%CI)	P 值	OR 值 (95%CI)	P 值
BMI						
体重过低	88 (13.35)	4 (11.11)	Ref.		Ref.	
正常	398 (60.39)	19 (52.78)	0.99 (0.85, 1.16)	0.884	1.00 (0.85, 1.17)	0.997
超重	121 (18.36)	12 (33.33)	1.20 (0.90, 1.60)	0.203	1.24 (0.93, 1.65)	0.149
肥胖	52 (7.89)	1 (2.78)	0.76 (0.59, 0.99)	0.042	0.74 (0.56, 0.98)	0.037
家庭住址						
城镇	422 (64.04)	26 (72.22)	Ref.			
农村	237 (35.96)	10 (27.78)	0.97 (0.88, 1.06)	0.448		
民族						
汉族	641 (97.27)	35 (97.22)	Ref.			
其他	18 (2.73)	1 (2.78)	1.13 (0.74, 1.74)	0.564		
吸烟情况						
每天吸烟	34 (5.16)	2 (5.56)	Ref.			
偶尔吸烟	25 (3.79)	1 (2.78)	0.78 (0.57, 1.07)	0.125		
无吸烟史	600 (91.05)	33 (91.67)	1.01 (0.78, 1.30)	0.955		
卡介苗疤痕						
有	321 (48.71)	10 (27.78)	Ref.		Ref.	
无	338 (51.29)	26 (72.22)	1.26 (1.10, 1.44)	< 0.001	1.29 (1.12, 1.49)	< 0.001
与指示病例的关系						
其他 ^a	389 (59.03)	10 (27.78)	Ref.			
同宿舍	39 (5.92)	4 (11.11)	1.11 (0.72, 1.71)	0.647		
同班	231 (35.05)	22 (61.11)	1.15 (0.93, 1.43)	0.201		
结核病/LBTI 既往史						
有	16 (2.43)	1 (2.78)	Ref.		Ref.	
无	643 (97.57)	35 (97.22)	1.39 (1.08, 1.80)	0.012	1.48 (1.09, 2.01)	0.012

注: ^a其他与指示病例的关系包括同事、同宿舍楼层、同专业、同选课等。

3 讨论

近年来,学校结核病防控日益受到社会关注,若处理不当,易导致结核病传播流行,不仅威胁师生健康,也可能严重影响学校教学秩序和社会稳定^[13]。学生群体受学业压力较大、营养摄入不均衡、缺乏体育锻炼、作息不规律等因素影响,导致机体免疫力下降,更易感染 MTB,属于结核病发病的高危人群^[14]。因此,强化学校结核病防控措施,已成为学校公共卫生工作的重中之重。及时发现、隔离并有效治疗 PTB 患者,积极做好 PTB 密切接触者的筛查工作,以及对 LBTI 者进行预防性治疗等,均是学校结核病防治的重要措施。研究表明,EC-ST 不仅检测成本较低,且兼具传统纯化蛋白衍生物(purified protein derivative, PPD)试验操作简便的优势和 γ -干扰素释放试验(interferon gamma release assay, IGRA)较高的特异性和准确性,适用于密切接触者的筛查,可在学校结核病防控处置中推广使用^[15]。

本研究结果显示,南京市江宁区诊断的学校 PTB 患者的密切接触者 EC-ST 阳性率为 2.96%,低于洛阳市某高校 PTB 密切接触者的 PPD 强阳性率(5.00%)^[16],但高于扬州市入学新生的 EC-ST 阳性率(1.01%)^[17]。导致上述差异的原因可能包括:①地区间 PTB 流行水平及人口特征存在差异;②与 PPD 试验相比,EC-ST 不受卡介苗接种和非 MTB 的干扰,能更精准地筛查出 LBTI 者^[18];③扬州市研究对象为多所学校的入学新生,属于结核感染的普查人群,而本研究聚焦于 PTB 患者的密切接触者,其感染风险相对更高。此外,本研究中有 13 名密切接触者在第 1 次筛查时 EC-ST 结果为阴性,间隔 2 个月后第 2 次筛查呈阳性反应,提示首次筛查时可能处于 MTB 感染的窗口期^[19]。根据美国疾病预防控制中心标准,结核感染窗口期为 8~10 周^[20]。提示在学校 PTB 防控处置过程中,应充分关注结核感染窗口期的影响,对首次筛查阴性的密切接触者建议间隔 2 个月后进行第 2 次筛查,以更真实地反映其感染状态。本研究共检出 3 名 PTB 患者,均为第 2 次筛查 EC-ST 阳性的密切接触者,可能原因是首次筛查阳性者可能既往接触过其他 PTB 患者,长期处于潜伏感染状态,而第 2 次筛查阳性的密切接触

者多为近期接触过本研究时段中的 PTB 患者而新近感染,其发生活动性 PTB 的概率较高。因此,对于第 2 次筛查阳性的密切接触者,建议进一步行影像学检查,以及时确诊 PTB 患者。

本研究结果显示,不同年龄段密切接触者 EC-ST 阳性率存在差异,年龄较大的密切接触者 EC-ST 阳性率较高,与黎桂福等^[21]调查结论一致。可能原因为随着年龄增长,学生课程负担加重、学习压力增大,免疫力下降,感染 MTB 的风险增加,且年龄较大的校园人员密度增加,暴露风险也随之上升^[22]。教职工 EC-ST 阳性率明显高于学生群体,与年龄因素分析结果具有一致性,也符合 TB 的流行特征,即 15 岁及以上人群中 LTBI 发生率随年龄增长而升高^[23]。此外,教职工通常代课多个班级,与学生接触频繁,且接触的环境相对复杂,导致感染风险增加^[24]。一旦教职工中有新发 PTB 病例,易引发聚集性感染,因此需要重点筛查和防控。本研究结果显示,不同病原学结果患者的密切接触者之间 EC-ST 阳性率无差异,与张赛男等^[25]研究结果一致。提示无论病原学阳性、阴性或无病原学结果的人群,在结核病预防和控制传播的环节中均具有同等的公共卫生意义^[26]。因此,学校应关注所有人群,而不仅限于病原学阳性者,及时开展密切接触者的筛查工作,以实现早发现、早治疗,有效遏制结核病在校园内的传播。

影响因素分析结果显示,肥胖的密切接触者 EC-ST 阳性率较低,与国内相关研究结论一致^[27],肥胖可显著降低 LTBI 风险,且该保护效应在 EC-ST 诊断时最突出。国外研究也表明, BMI 每增加 1 个单位, LTBI 风险降低 15%^[28]。其机制尚不明确,可能与高 BMI 者体内循环中促炎性细胞因子水平升高有关^[29],也可能与脂肪细胞分泌瘦素参与免疫调节相关^[30]。然而,也有相关研究得出相反结论,认为肥胖与 LTBI 呈正相关^[31],该差异可能源于研究对象、样本量等方面的不同,后续可通过大样本、多中心的研究进一步验证。此外,无卡介苗疤痕的 PTB 密切接触者 EC-ST 阳性风险较高,与卢鹏等^[32]研究结论相似,提示卡介苗接种对 LTBI 具有一定保护作用。无结核病/LBTI 既往史与 EC-ST 阳性呈正相关,与崔延雯等^[33]研究结论相反,可能原因包括:①对既往史的调查存在一定回忆偏倚,可能导致结果偏

差；②本研究中具有结核病/LBTI 既往史的 EC-ST 阳性 PTB 密切接触者仅 1 人，样本量小，也可能导致结果出现偏差。

本研究也存在一定局限性：①研究样本量有限，仅为南京市江宁区学校学生及教职工，结论的推广可能存在地区限制；②调查问卷的填写存在主观性，缺乏医护工作者的专业判断，可能导致风险因素分析结果存在偏倚；③因 EC-ST 阳性的密切接触者需到医院进一步检查及治疗，更易获得其问卷报告，可能存在选择偏倚。

综上所述，基于 40 名 PTB 患者，共筛查了其密切接触的 1 860 名学校内密切接触者，发现 55 名密切接触者呈阳性反应，阳性率为 2.96%；肥胖是密切接触者 EC-ST 阳性的保护因素，无卡介苗疤痕、无结核病/LBTI 既往史是 EC-ST 阳性的危险因素。为进一步做好学校结核病防治工作，应做到以下几点：①做好入学新生体检工作，加强结核病症状监测，尤其应提高对年龄大于 18 岁、体重过轻、无卡介苗疤痕的学生以及教职工等重点人群的关注程度，出现 PTB 可疑症状应及时就医，避免带病上学、带病上岗；②一旦发现结核病患者，应及时做好密切接触者的筛查工作，尤其是与确诊病例同宿舍、同班的密切接触者，推荐使用 EC-ST 进行筛查，并且增加二次筛查，延长随访时间；③学校应加强结核病知识的宣传教育工作，在学校宿舍、教室、食堂等场所定期进行通风、消毒等工作，管理好环境卫生，减少聚集性感染的发生。

伦理声明：本研究已获得南京医科大学附属江宁医院医学伦理委员会审批（批号：2023-03-149-K01）

作者贡献：研究设计：邱瑶雪、陈诚；研究实施、数据采集与分析：邱瑶雪、陈诚、周清；文献查阅：邱瑶雪、吴丹青、王瑜；论文撰写：邱瑶雪；论文修改、审阅与经费支持：陈诚

数据获取：本研究中使用和（或）分析的数据可联系通信作者获取
利益冲突声明：无

致谢：不适用

参考文献

- 1 World Health Organization. Global tuberculosis report 2025[EB/OL]. (2025)[2026-02-03]. <https://www.who.int/teams/global-programme-on-tuberculosis-and-lung-health/tb-reports/global-tuberculosis-report-2025>.
- 2 陈伟, 李雪, 刘小秋, 等. 《全国结核病防治规划(2024-2030年)》解读[J]. 中国防痨杂志, 2025, 47(2): 130-136. [Chen W, Li X, Liu XQ, et al. Interpretation and explanation about the National Tuberculosis Prevention and Control Plan(2024-2030) [J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2025, 47(2): 130-136.]
- 3 Park SY, Lee EJ, Kim YK, et al. Aggressive contact investigation of in-hospital exposure to active pulmonary tuberculosis[J]. J Korean Med Sci, 2019, 34(7): e58.
- 4 杨奎, 陈伟. 学生结核分枝杆菌潜伏感染筛查和预防性治疗研究进展[J]. 结核与肺部疾病杂志, 2021, 2(4): 361-365. [Yang K, Chen W. Advances about screening and preventive treatment of Mycobacterium tuberculosis latent infection in students[J]. Journal of Tuberculosis and Lung Disease, 2021, 2(4): 361-365.]
- 5 Getahun H, Matteelli A, Chaisson RE, et al. Latent mycobacterium tuberculosis infection[J]. N Engl J Med, 2015, 372(22): 2127-2135.
- 6 程晓, 陈哲, 焦雪峰, 等. 重组结核杆菌融合蛋白(EC)用于诊断结核分枝杆菌感染的有效性和安全性系统评价[J]. 中国防痨杂志, 2022, 44(9): 917-926. [Cheng X, Chen Z, Jiao XF, et al. Efficacy and safety of recombinant Mycobacterium tuberculosis fusion proteins(EC) for the diagnosis of Mycobacterium tuberculosis infection: a system review[J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2022, 44(9): 917-926.]
- 7 World Health Organization. Global tuberculosis report 2020[EB/OL]. (2020)[2026-02-03]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240013131>.
- 8 World Health Organization. WHO consolidated guidelines on tuberculosis. Module 3: diagnosis—tests for tuberculosis infection[M]. Geneva: World Health Organization, 2022.
- 9 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. WS 288-2017 肺结核诊断[J]. 结核与肺部疾病杂志, 2024, 5(4): 376-378. [National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. WS 288-2017 diagnosis of pulmonary tuberculosis[J]. Journal of Tuberculosis and Lung Diseases, 2024, 5(4): 376-378.]
- 10 廖龙, 陈慧娟, 李进岚, 等. 贵州省 2022 年学校肺结核接触者筛查结果分析[J]. 现代预防医学, 2023, 50(24): 4463-4468. [Liao L, Chen HJ, Li JL, et al. Analysis of the results of school tuberculosis contacts screening, Guizhou, 2022[J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50(24): 4463-4468.]
- 11 王森路, 黄涛, 菅辉勇, 等. 新疆维吾尔自治区结核潜伏感染者对预防性治疗的认知态度分析[J]. 华南预防医学, 2025, 51(8): 851-856, 863. [Wang SL, Huang T, Jian HY, et al. Cognitive attitudes toward preventive treatment among latent tuberculosis infection patients in Xinjiang Uygur Autonomous Region[J]. South China Journal of Preventive Medicine, 2025, 51(8): 851-856, 863.]
- 12 卢水华, 陆伟. 重组结核杆菌融合蛋白(EC)临床应用专家共识[J]. 中国防痨杂志, 2020, 42(8): 761-768. [Lu SH, Lu W. Expert consensus of clinical application of the recombinant Mycobacterium tuberculosis fusion protein (EC)[J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2020, 42(8): 761-768.]
- 13 雷蓉蓉, 张婷, 吴成果, 等. 重庆市某高校一起肺结核聚集性疫情调查[J]. 中国热带医学, 2022, 22(3): 289-292. [Lei RR, Zhang T, Wu CG, et al. Investigation of a tuberculosis epidemic at a college in Chongqing[J]. China Tropical Medicine, 2022, 22(3): 289-292.]
- 14 World Health Organization. WHO guidelines on tuberculosis infection prevention and control: 2019 update[M]. Geneva: World Health Organization, 2019.
- 15 徐春华, 朱士玉, 胡屹, 等. 重组结核杆菌融合蛋白在肺结核密切接触者中筛查结核分枝杆菌感染效果分析[J]. 中国防痨杂志, 2024, 46(8): 897-902. [Xu CH, Zhu SY, Hu Y, et al. Analysis of screening effect of recombinant Mycobacterium tuberculosis fusion protein in screening Mycobacterium tuberculosis infection in close contacts of pulmonary tuberculosis patients[J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2024, 46(8): 897-902.]

- 16 李颖雪, 杨慧敏. 2018–2021 年洛阳市某高校学生肺结核散发病例密切接触者筛查结果分析[J]. *中国校医*, 2023, 37(4): 287–289. [Li YX, Yang HM. Analysis of screening results of close contacts of sporadic cases of pulmonary tuberculosis in a university in Luoyang City from 2018 to 2021[J]. *Chinese Journal of School Doctor*, 2023, 37(4): 287–289.]
- 17 李锦成, 王慧, 竺丽梅, 等. 2023 年江苏省扬州市 17093 名入学新生重组结核杆菌融合蛋白皮肤试验结果与肺结核检出情况分析[J]. *疾病监测*, 2024, 39(6): 726–731. [Li JC, Wang H, Zhu LM, et al. Results of recombinant mycobacterium tuberculosis fusion protein skin test and detection of pulmonary tuberculosis in 17093 freshmen in Yangzhou, Jiangsu, 2023[J]. *Disease Surveillance*, 2024, 39(6): 726–731.]
- 18 Xia L, Xu M, Li F, et al. High accuracy of recombinant fusion protein early secretory antigenic target protein 6–culture filtrate protein 10 skin test for the detection of tuberculosis infection: a phase III, multi-centered, double-blind, hospital-based, randomized controlled trial[J]. *Int J Infect Dis*, 2023, 126: 98–103.
- 19 Du J, Su Y, Dong E, et al. LTBI-negative close contacts of tuberculosis are more likely to develop the disease: enlightenment and lessons from a cluster outbreak[J]. *Front Public Health*, 2023, 11: 1136355.
- 20 吴蕴华, 唐利红, 严慧琴, 等. 上海闵行区 2011–2019 年学生肺结核聚集性疫情及筛查方式[J]. *中国学校卫生*, 2020, 41(9): 1401–1403. [Wu YH, Tang LH, Yan HQ, et al. Clustered pulmonary tuberculosis outbreaks and screening methods among students in Minhang District Shanghai from 2011 to 2019[J]. *Chinese Journal of School Health*, 2020, 41(9): 1401–1403.]
- 21 黎桂福, 周喆, 朱士玉, 等. 2019–2023 年上海市两郊区学校肺结核患者密切接触者筛查分析[J]. *应用预防医学*, 2025, 31(2): 145–149. [Li GF, Zhou Z, Zhu SY, et al. Screening and analysis of close contacts of pulmonary tuberculosis patients in two suburban schools of Shanghai from 2019 to 2023[J]. *Journal of Applied Preventive Medicine*, 2025, 31(2): 145–149.]
- 22 Velavan A, Purty AJ, Shringarpure K, et al. Tuberculosis retreatment outcomes and associated factors: a mixed-methods study from Puducherry, India[J]. *Public Health Action*, 2018, 8(4): 187–193.
- 23 高磊, 张慧, 胡茂桂. 全国结核分枝杆菌潜伏感染率估算专家共识[J]. *中国防痨杂志*, 2022, 44(1): 4–8. [Gao L, Zhang H, Hu MG. Expert consensus on the estimation of the national burden on latent tuberculosis infection[J]. *Chinese Journal of Antituberculosis*, 2022, 44(1): 4–8.]
- 24 张瑞, 郝艳星, 王中林, 等. “TST-IGRA”两步法在三起中学校结核病密切接触者筛查中的应用[J]. *公共卫生与预防医学*, 2023, 34(5): 60–63. [Zhang R, Hao YX, Wang ZL, et al. Application of the TST-IGRA two-step method in screening close contacts of active tuberculosis patients among three high schools[J]. *Journal of Public Health and Preventive Medicine*, 2023, 34(5): 60–63.]
- 25 张赛男, 杨美霞, 蔡晓峰, 等. 2020–2022 年上海市徐汇区学校结核病密切接触者潜伏感染现状[J]. *上海预防医学*, 2023, 35(12): 1223–1226. [Zhang SN, Yang MX, Cai XF, et al. Latent tuberculosis infection and screening method among close contacts in schools in Xuhui District, Shanghai from 2020 to 2022[J]. *Shanghai Journal of Preventive Medicine*, 2023, 35(12): 1223–1226.]
- 26 龚芳, 谭守勇, 包婉玲, 等. 广州市越秀区病原学阴性肺结核患者密切接触者筛查结果分析[J]. *中国防痨杂志*, 2024, 46(12): 1485–1489. [Gong F, Tan SY, Bao WL, et al. Analysis of screening results of close contacts of patients with etiologically negative pulmonary tuberculosis in Yuexiu District, Guangzhou City[J]. *Chinese Journal of Antituberculosis*, 2024, 46(12): 1485–1489.]
- 27 Ning J, Lu P, Pan Y, et al. The impact of body mass index on latent tuberculosis infection: combined assessment in people living with HIV[J]. *Pathogens*, 2025, 14(11): 1078.
- 28 Badawi A, Liu CJ, Rehim AA, et al. Artificial neural network to predict the effect of obesity on the risk of tuberculosis infection[J]. *J Public Health Res*, 2021, 10(1): 1985.
- 29 Anuradha R, Munisankar S, Bhootra Y, et al. High body mass index is associated with heightened systemic and mycobacterial antigen-specific pro-inflammatory cytokines in latent tuberculosis[J]. *Tuberculosis (Edinb)*, 2016, 101: 56–61.
- 30 Monteiro L, Pereira JADS, Palhinha L, et al. Leptin in the regulation of the immunometabolism of adipose tissue-macrophages[J]. *J Leukoc Biol*, 2019, 106(3): 703–716.
- 31 彭成, 钱超俊, 李亭亭. 无锡市梁溪区肺结核家庭密切接触者感染情况及影响因素[J]. *江苏预防医学*, 2026, 37(1): 97–99. [Peng C, Qian CJ, Li TT. Infection status and influencing factors of close contacts of pulmonary tuberculosis in Liangxi District, Wuxi City[J]. *Jiangsu Journal of Preventive Medicine*, 2026, 37(1): 97–99.]
- 32 卢鹏, 丁慧, 刘巧, 等. 基于人群横断面调查的卡介苗卡痕数量与结核潜伏感染风险关系的探讨[J]. *江苏预防医学*, 2025, 36(2): 140–143, 147. [Lu P, Ding H, Liu Q, et al. Research on the relationship between the number of BCG vaccine scars and the risk of latent tuberculosis infection based on a cross-sectional survey of the population[J]. *Jiangsu Journal of Preventive Medicine*, 2025, 36(2): 140–143, 147.]
- 33 崔延雯, 陈莉莉, 徐敏, 等. 2019–2022 年上海市浦东新区学校密切接触者结核杆菌感染状况及影响因素研究[J]. *职业与健康*, 2025, 41(11): 1531–1535. [Cui YW, Chen LL, Xu M, et al. Study on the infection status and influencing factors of Mycobacterium tuberculosis among close contacts of schools in Pudong New Area of Shanghai from 2019 to 2022[J]. *Occupation and Health*, 2025, 41(11): 1531–1535.]

收稿日期: 2026 年 03 月 18 日 修回日期: 2026 年 08 月 16 日
本文编辑: 杨燕 曹越

引用本文: 邱瑶雪, 陈诚, 吴丹青, 等. 学校肺结核患者密切接触者重组结核杆菌融合蛋白皮肤试验结果及影响因素分析[J]. *医学新知*, 2026, 36(8): 869–875. DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202603110.

Qiu YX, Chen C, Wu DQ, et al. Analysis of the results and influencing factors of the ESAT6-CFP10 skin test for close contacts of pulmonary tuberculosis patients in the school[J]. *Yixue Xinzhi Zazhi*, 2026, 36(8): 869–875. DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202603110.