

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671—9638. 20257216

· 论 著 ·

## 高中生结核分枝杆菌感染状况的动态变化及影响因素

魏靖入<sup>1</sup>, 陈 卉<sup>1</sup>, 李 涛<sup>2</sup>, 张国钦<sup>3</sup>, 于燕明<sup>3</sup>, 张灿有<sup>1</sup>, 成 君<sup>1</sup>, 张 帆<sup>3</sup>

(1. 中国疾病预防控制中心结核病预防控制中心重点人群部, 北京 102206; 2. 中国疾病预防控制中心结核病预防控制中心监测预警部, 北京 102206; 3. 天津市结核病控制中心研究室, 天津 300041)

**[摘要]** **目的** 分析高中学生在高一入学时和入学一年后结核分枝杆菌感染的动态变化及影响因素。**方法** 选取 2022 年天津市滨海区和西青区 4 所高中的高二年级学生开展结核病筛查, 收集学生基本信息, 并回顾性收集学生高一入学时的结核分枝杆菌感染检测结果。比较学生的结核菌素皮肤试验 (TST) 检测结果阳性率、强阳性率及阳转率, 采用单因素和多因素 logistic 回归模型分析 TST 检测结果阳转的相关影响因素。**结果** 1 839 名学生入学一年后总体阳性率高于高一入学时 (46.82% VS 33.12%), 而强阳性率降低 (12.51% VS 13.00%), 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.001$ )。入学一年后, 高一 TST 检测阴性的 1 230 名学生中有 64 名阳转, 阳转率为 5.20% (95%CI: 3.93%~6.48%)。入学一年后学生 TST 检测结果硬结平均直径为 5(2,8)mm, 高一入学时为 2(0,5)mm, 差异无统计学意义 ( $P = 0.478$ )。硬结平均直径差值范围为  $\pm 21$  mm, 其中在  $\pm 2$  mm 的学生占 39.70%。硬结平均直径增加者和减少者分别占 65.09%、28.49%。多因素 logistic 回归分析结果显示, 寄宿制学校的学生 TST 检测结果阳转的风险高于非寄宿制学校学生 ( $OR = 4.842, 95\%CI: 2.794 \sim 8.392$ )。**结论** 应加强对高二学生结核分枝杆菌感染筛查, 并重点关注寄宿制学校学生, 早期发现肺结核患者和新近感染者, 为实施精准防控提供参考。

**[关键词]** 结核病; 结核分枝杆菌; 高中生; 结核菌素皮肤试验; 感染; 阳转

**[中图分类号]** R181.3 R521

## Dynamic changes and influencing factors of *Mycobacterium tuberculosis* infection among senior high school students

WEI Jingru<sup>1</sup>, CHEN Hui<sup>1</sup>, LI Tao<sup>2</sup>, ZHANG Guoqin<sup>3</sup>, YU Yanming<sup>3</sup>, ZHANG Canyou<sup>1</sup>, CHENG Jun<sup>1</sup>, ZHANG Fan<sup>3</sup> (1. Department of Key Population, National Center for Tuberculosis Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; 2. Department of Surveillance and Early Warning, National Center for Tuberculosis Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; 3. Division of Research, Tianjin Center for Tuberculosis Control, Tianjin 300041, China)

**[Abstract]** **Objective** To analyze the dynamic changes and influencing factors of *Mycobacterium tuberculosis* (TB) infection in grade-1 students in senior high school at the time of enrollment and one year after enrollment. **Methods** In 2022, TB screening was carried out among grade-2 students in 4 senior high schools in Binhai and Xiqing Districts of Tianjin. Basic information of students was collected, and TB infection detection results of grade-1 students in senior high school at the time of enrollment were collected retrospectively. Positive rate, strong positive rate and positive conversion rate from tuberculin skin test (TST) results of students were compared. Univariate and multivariate logistic regression models were used to analyze the relevant influencing factors for positive conversion of TST

**[收稿日期]** 2024-11-19

**[基金项目]** 国家疾病预防控制中心传防司委托项目学校结核病疫情综合干预策略研究(01078); 2025 年结核病预防控制项目基金项目 (2528)

**[作者简介]** 魏靖入 (1999-), 女 (汉族), 湖北省襄阳市人, 硕士研究生在读, 主要从事结核病预防与控制研究。

**[通信作者]** 张灿有 E-mail: zhangcy@chinacdc.cn; 成君 E-mail: chengjun@chinacdc.cn; 张帆 E-mail: 13312119095@126.com

results. **Results** The overall positive rate of 1 839 students one year after enrollment was higher than that at the enrollment (46.82% vs 33.12%), while strong positive rate was lower (12.51% vs 13.00%), both with statistically significant differences (both  $P < 0.001$ ). One year after enrollment, 64 out of 1 230 students who were originally negative for TST in their first year of senior high school turned positive, with a positive conversion rate of 5.20% (95% CI: 3.93% - 6.48%). One year after enrollment, TST results showed that the average diameter of induration was 5 (2, 8) mm, diameter was 2 (0, 5) mm at the enrollment of the first year of senior high school, but the difference was not statistically significant ( $P = 0.478$ ). The difference range of average diameter of induration was  $\pm 21$  mm, 39.70% of students being within  $\pm 2$  mm. Students with increased and decreased average diameter of induration accounted for 65.09% and 28.49%, respectively. Multivariate logistic regression analysis result showed that students in boarding school had a higher risk of positive conversion compared with non-boarding school students ( $OR = 4.842$ , 95% CI: 2.794 - 8.392). **Conclusion** The screening of TB infection among grade-2 students in senior high school should be strengthened, with a focus on boarding school students. Early detection of tuberculosis patients and newly infected individuals can provide reference for implementing precise prevention and control.

[**Key words**] tuberculosis; *Mycobacterium tuberculosis*; senior high school student; tuberculin skin test; infection; positive conversion

肺结核是一种由结核分枝杆菌引起的严重危害公众健康的慢性呼吸道传染病<sup>[1]</sup>。高中是肺结核好发年龄段之一,一旦出现结核病患者,易造成校园内传播,危害学生健康,甚至影响学生学业<sup>[2-5]</sup>。2006—2020年,全国共报告110多起学校结核病突发公共卫生事件,其中发生在高中学校的比例最高;发生在高中的突发事件中,超50%发生在高三,近40%发生在高二<sup>[6]</sup>。在高二阶段开展结核病筛查,是防止结核病发病影响高考体检和大学升学的重要手段之一<sup>[7]</sup>,同时国家也建议有条件的地区可考虑开展高二的在校师生体检<sup>[8]</sup>,从而及早发现结核病患者,降低对学生高考的影响,减少校园内结核病的流行与传播。本研究基于中国疾病预防控制中心于2022年启动的“学生人群结核筛查和监测试点项目”,分析天津市4所高中学生高一入学时和一年后的感染检测结果,了解学生入学一年后的结核分枝杆菌感染状态的动态变化并分析相关影响因素,为早期识别结核病发病的高危人群,实施精准防控提供参考依据。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 根据天津市各学校基础工作条件、教育资源、学生人数等基本信息,采用典型抽样方法,选取天津市滨海新区和西青区的4所高中学校作为研究现场,以2022年9月升入高二年级的2 083名学生作为研究对象。

1.2 调查内容与方法 筛查工作开展前,由天津市

结核病预防控制中心收集学校和学生基本信息,组织开展下述筛查:(1)学校基本情况。收集学校所在地区、学校类型、学校种类、学校性质、肺结核报告情况、学校结核病疫情情况等相关信息。(2)学生筛查。①问卷调查。问卷调查开展前,学校在区级结核病定点医院协助下,对全体学生开展健康宣传和动员,动员其接受筛查并签署知情同意书,对签署知情同意书的学生发放调查问卷,收集学生的基本信息(性别、年龄、户籍所在地和就读学校),并回顾性收集各学校学生高一入学时的结核分枝杆菌感染检测结果。②感染检测。由市级和区级结核病定点医院组织体检车赴校内开展结核分枝杆菌感染状况筛查。入学一年后与高一入学时的感染检测方法完全相同,均采用2IU纯蛋白衍生物(purified protein derivative, PPD)稀释制剂(北京祥瑞生物制品股份有限公司)进行结核菌素皮肤试验(tuberculin skin test, TST),72 h 查验反应,以皮肤硬结为准,记录硬结横径和纵径,并计算直径<sup>[9]</sup>。对每名学生同时开展肺结核可疑症状问询和胸部X光片检查排除肺结核。

### 1.3 结果判定

1.3.1 TST检测结果判定 参照相关研究<sup>[10-12]</sup>结果,采用2IU PPD作为TST检测试剂者,将硬结平均直径 $\geq 5$  mm判定为阳性,硬结平均直径 $\geq 10$  mm或注射部位局部出现双圈、水疱、坏死及淋巴管炎判定为强阳性。

1.3.2 TST试验阳转 参照国内外相关研究<sup>[13-14]</sup>结果,将入学时TST检测结果为阴性,一年后TST

检测结果硬结平均直径 >10 mm 定义为阳转。

1.4 质量控制 本次筛查的 TST 试剂从注射到结果判定均由市级和区级结核病定点医疗机构执行, 问卷调查结果由区级结核病定点医疗机构填报录入, 现场工作结束后, 由中国疾病预防控制中心项目组对录入的数据进行完整性和准确性的逻辑核查, 并现场抽取 3%~5% 的原始问卷进行复核。

1.5 统计学方法 应用 Excel 表格建立数据库, 应用 SAS 9.4 软件进行统计分析。对研究对象基本信息和前后两次 TST 检测结果进行描述性分析, 以中位数(四分位数) [ $M(P_{25}, P_{75})$ ] 描述呈偏态分布数据, 采用配对设计 *Wilcoxon* 符号秩和检验比较前后两年硬结平均直径的差值, 采用配对卡方检验比较 TST 检测结果阳性率和强阳性率的差异, 采用 Fisher 精确概率法比较不同学校阳转率的差异。采用单因素和多因素 logistic 回归模型分析 TST 检测结果阳转的相关影响因素, 并计算 OR 值(95%CI),  $P \leq 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 基本特征 2 083 名学生中有 239 名学生仅有一次 TST 检测结果, 5 名学生基本信息不完整予以排除。因此, 本研究最终纳入 1 839 名学生。其中男性 868 名(47.20%), 女性 971 名(52.80%), 男女比例为 1:1.12; 年龄为 16~17 周岁; 本县区学生 1 174 名(63.84%), 外县区学生 665 名(36.16%); 农村籍学生 914 名(49.70%), 城市籍学生 925 名(50.30%); 非寄宿制学校的学生 1 340 名(72.87%), 寄宿制学校的学生 499 名(27.13%)。见表 1。

2.2 TST 检测结果 1 839 名学生中, 入学一年后学生 TST 检测总体阳性率(46.82%) 高于高一入学时(33.12%), 差异有统计学意义( $P < 0.001$ ), 且各学校学生入学一年后阳性率均高于高一入学时。入学一年后学生总体强阳性率(12.51%) 较高一入学时(13.00%) 有所下降, 差异有统计学意义( $P < 0.001$ )。除 A 学校学生 TST 检测结果强阳性率上升外, 其余 3 所学校学生 TST 检测结果强阳性率均有下降, 以 D 学校下降较为明显, 从 16.26% 下降至 5.93%。见表 2。

表 1 研究对象基本信息[名(%)]

Table 1 Basic information of research objects (No. of students [%])

特征	全部 (n = 1 839)	男性 (n = 868)	女性 (n = 971)
年龄(岁)			
≤16	1 148(62.43)	510(58.76)	638(65.71)
>16	691(37.57)	358(41.24)	333(34.29)
户籍所在地			
本县区	1 174(63.84)	523(60.25)	651(67.04)
外县区	665(36.16)	345(39.75)	320(32.96)
学校种类			
寄宿制学校(A 学校)	499(27.13)	230(26.50)	269(27.70)
非寄宿制学校	1 340(72.87)	638(73.50)	702(72.30)
B 学校	415(22.57)	205(23.62)	210(21.63)
C 学校	267(14.52)	121(13.94)	146(15.04)
D 学校	658(35.78)	312(35.94)	346(35.63)
来源县区			
西青区	914(49.70)	435(50.12)	479(49.33)
滨海新区	925(50.30)	433(49.88)	492(50.67)
来源城乡			
城市	925(50.30)	433(49.88)	492(50.67)
农村	914(49.70)	435(50.12)	479(49.33)

入学一年后 TST 检测结果硬结平均直径为 5(2, 8)mm, 高一入学时为 2(0, 5)mm, 差异无统计学意义( $P = 0.478$ )。前后两次 TST 检测硬结平均直径差值范围为  $\pm 21$  mm, 其中在  $\pm 2$  mm 的学生占 39.70% (730/1 839)。TST 检测结果硬结平均直径增加者占 65.09% (1 197/1 839), 硬结平均直径减少者占 28.49% (524/1 839)。见图 1。入学一年后硬结平均直径增加 10 mm 及以上者占 4.57% (84/1 839), 其中 A 学校学生人数最多, 占 76.19% (64/84), D 学校学生人数最少, 占 3.57% (3/84)。硬结平均直径增加在 10 mm 及以上者中女生占比 58.33% (49/84), 高于男生 41.67% (35/84); 寄宿制学校学生占比 76.19% (64/84), 高于非寄宿制学校学生 23.81% (20/84)。入学一年后硬结平均直径减小 10 mm 及以上者占 1.58% (29/1 839), 其中 D 学校学生人数最多, 占 48.28% (14/29), C 学校学生人数最少, 占 6.90% (2/29)。各学校学生前后两次 TST 检测硬结平均直径差值见图 2。

表 2 1 839 名学生高一入学时和入学一年后的 TST 检测结果

Table 2 TST results of 1 839 grade-1 students in senior high school at the time of enrollment and one year post-enrollment

学校	调查人数 (名)	硬结直径 (mm)	<i>t</i>	<i>P</i>	TST 检测 阳性人数 (名)	阳性率 (95%CI, %)	$\chi^2$	<i>P</i>	TST 检测 强阳性人数 (名)	强阳性率 (95%CI, %)	$\chi^2$	<i>P</i>
A 学校			0.477	0.634			55.518	<0.001			256.922	<0.001
2021 年	499	0(0,0)			71	14.23(10.92~17.54)			26	5.21(3.21~7.21)		
2022 年	499	5(2,9)			236	47.29(41.26~53.33)			92	18.44(14.67~22.20)		
B 学校			-0.565	0.573			43.710	<0.001			236.482	<0.001
2021 年	415	1(0,5)			139	33.49(27.93~39.06)			55	13.25(9.75~16.76)		
2022 年	415	4(3,7)			141	33.98(28.37~39.58)			49	11.81(8.51~15.11)		
C 学校			1.476	0.142			1.379	0.240			103.594	<0.001
2021 年	267	4(2,8)			112	41.95(34.18~49.72)			51	19.10(13.86~24.34)		
2022 年	267	5(3,8)			135	50.56(42.03~59.09)			50	18.73(13.54~23.92)		
D 学校			0.681	0.496			0.672	0.412			444.312	<0.001
2021 年	658	4(2,7)			287	43.62(38.57~48.66)			107	16.26(13.18~19.34)		
2022 年	658	5(2,7)			349	53.04(47.47~58.60)			39	5.93(4.07~7.79)		
合计			0.710	0.478			65.118	<0.001			1 025.623	<0.001
2021 年	1 839	2(0,5)			609	33.12(30.48~35.75)			239	13.00(11.35~14.64)		
2022 年	1 839	5(2,8)			861	46.82(43.69~49.95)			230	12.51(10.89~14.12)		

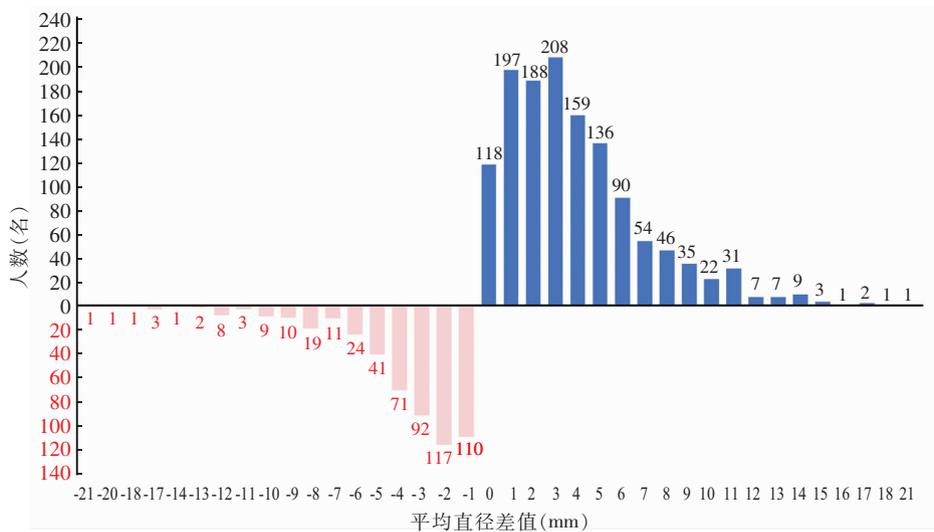


图 1 1 839 名学生高一入学时和入学一年后的 TST 检测硬结平均直径差值

Figure 1 The average diameter difference of induration detected by TST of 1 839 grade-1 students in senior high school at the time of enrollment and one year post-enrollment

2.3 入学一年后 TST 检测结果的阳转情况 入学一年后,高一 TST 检测结果呈阴性的 1 230 名学生中共有 64 例 TST 检测结果出现阳转,总体阳转率为 5.20%(95%CI:3.93%~6.48%)。不同学校学

生 TST 检测结果的阳转率比较,差异有统计学意义 ( $P<0.001$ ),其中 A 学校学生阳转率最高,D 学校学生阳转率最低。见表 3。

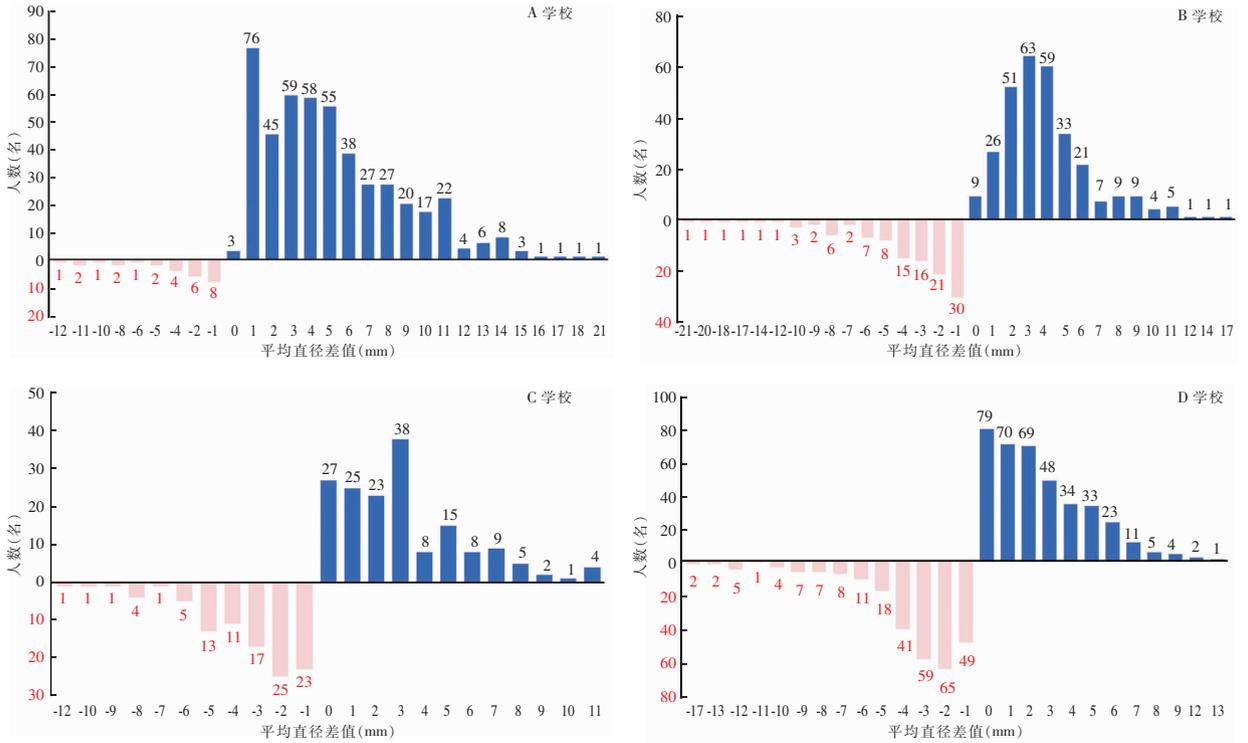


图 2 各学校学生高一入学时和入学一年后的硬结平均直径差值

Figure 2 The average diameter difference of induration of grade-1 students in each senior high school at the time of enrollment and one year post-enrollment

表 3 入学一年后 TST 检测结果阳转情况

Table 3 TST positive conversion one year after enrollment

学校	高一入学时 TST 检测阴性人数 (名)	一年后 TST 检测阳转人数 (名)	阳转率 (95%CI, %)
A 学校	428	45	10.51(7.44~13.59)
B 学校	276	8	2.90(1.25~5.71)
C 学校	155	7	4.52(1.81~9.30)
D 学校	371	4	1.08(0.29~2.76)
合计	1 230	64	5.20(3.93~6.48)

2.4 入学一年后 TST 检测结果阳转的影响因素分析 单因素分析结果显示,不同学校学生入学一年后 TST 检测阳转率比较,差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ )。以单因素分析中差异具有统计学意义的因素为自变量,将学生的性别、年龄、户籍等可能影响 TST 检测阳转的相关影响因素纳入多因素 logistic

回归模型,各因素赋值见表 4。结果显示,在调整混杂因素后,寄宿制学校的学生 TST 检测结果阳转的风险高于非寄宿制学校学生,调整 OR 值为 4.842 (95%CI:2.794~8.392)。见表 5。

表 4 logistic 回归分析中的各因素赋值

Table 4 Assignment of each factor in logistic regression analysis

变量	赋值
因变量	未阳转 = 0; 阳转 = 1
性别	男 = 0; 女 = 1
年龄*	≤16 岁 = 0; >16 岁 = 1
户籍	本县区 = 0; 外县区 = 1
学校所在地区	城市 = 0; 农村 = 1
学校种类	非寄宿制 = 0; 寄宿制 = 1

注: \* 为高二时的年龄。

表 5 TST 检测结果阳转的影响因素分析

Table 5 Influencing factors for TST conversion to positive

特征	调查人数 ( <i>n</i> = 1 230, 名)	阳转人数 ( <i>n</i> = 64, 名)	阳转率 (95%CI, %)	单因素分析			多因素分析 调整 OR(95%CI)
				$\chi^2$	<i>P</i>	OR(95%CI)	
性别				2.959	0.085		
男	602	24	3.99(2.39~5.58)			-	
女	628	40	6.37(4.40~8.34)			0.628(0.369~1.067)	
年龄(岁)				0.021	0.886		
≤16	758	39	5.15(3.53~6.76)			-	
>16	472	25	5.30(3.22~7.37)			0.962(0.567~1.632)	
户籍				1.668	0.197		
本县区	736	37	5.03(3.41~6.65)			-	
外县区	494	27	5.47(3.40~7.53)			0.706(0.416~1.197)	
学校所在地区				0.721	0.396		
城市	526	11	2.09(0.86~3.33)			-	
农村	704	53	7.53(5.50~9.56)			1.497(0.590~3.798)	
学校种类				11.952	<0.001		
非寄宿制	802	19	2.37(1.30~3.43)			-	-
寄宿制	428	45	10.51(7.44~13.59)			3.884(1.800~8.383)	4.842(2.794~8.392)

注: - 表示无数据。

### 3 讨论

PPD 作为世界卫生组织推荐的结核分枝杆菌感染检测方法之一,其阳性和强阳性结果是提示结核分枝杆菌感染的重要依据<sup>[15]</sup>。本研究通过对高一入学新生和入学一年后的学生进行感染状况筛查,获得了学生在不同时间的 TST 试验检测结果,结果显示,入学一年后学生总体阳性率高于高一入学时,总体强阳性率低于高一入学时,不同学校学生 TST 检测结果的阳转率有差异,寄宿制学校的学生发生阳转的风险高于非寄宿制学校学生。

本研究结果显示,入学一年后学生总体阳性率高于入学时,差异具有统计学意义,此发现与既往研究<sup>[16-18]</sup>结果一致。随着学生年龄的增长和学习阶段的提升,学生面临的生活和学习压力增加,PPD 试验阳性率也随之增加。学生总体强阳性率略低于高一入学时,与王未来等<sup>[19]</sup>研究报道一致,这可能与不同地区疫情水平以及各学校的管理措施有关。全国学生结核病疫情数据显示,2004—2021 年天津市学生肺结核报告平均发病率为 14.06/10 万<sup>[2]</sup>,低于全国平均水平(19.06/10 万),提示学校整体结核病疫情水平较低,且 4 所学校在 2019—2022 年均未发生结核病聚集性疫情,未发现结核病患者和密切

接触者,因此入学一年后学生总体强阳性率未明显增加。本研究显示,4 所学校中仅有 1 所学校学生入学一年后 TST 检测强阳性率高于高一入学时,其余三所学校学生 TST 检测强阳性率均下降。这可能与天津市高度重视学生结核病防治工作,卫生部门和教育部门加强配合,积极开展学校结核病防控知识宣传,动员学生开展筛查有关<sup>[20]</sup>。同时结合 4 所学校 2020—2021 年学生肺结核报告情况,除 D 学校近两年发生过结核病散发疫情,其余 3 所学校均未发生。D 学校学生强阳性率下降较为明显,这可能与测量误差和自我清除,以及散发疫情发生后学校加大了结核病防控工作力度<sup>[21-23]</sup>,积极开展体育活动、营养膳食、规律作息提高学生免疫力有关,但本研究没有对该情况进行深入调查。

经过文献检索,尚未发现有针对学生硬结平均直径动态变化进行定量分析的研究。本研究显示,入学一年后学生硬结平均直径既有增加也有减少,增加者多于减少者,硬结平均直径差值集中在  $\pm 2$  mm 的人数较多,这一结果可能是因为两次检测之间的测量误差造成的<sup>[24]</sup>,学生硬结平均直径实际变化不多。学生硬结平均直径增加在 10 mm 及以上者多于减少 10 mm 及以上者,提示随着学生年龄的增长和学龄阶段的提升,一旦接触结核病患者,会大大增加感染结核分枝杆菌的风险<sup>[13]</sup>,硬结平均直径增加

在 10 mm 的学生中,女生占比高于男生,寄宿制学校学生高于非寄宿制学校学生,这可能与女生课外活动少,体质较男生弱<sup>[25-26]</sup>,寄宿制学校学生在校时间长,学生之间相互活动更加密切、频繁有关<sup>[27-29]</sup>。本研究也有部分学生硬结平均直径减少在 10 mm 及以上,提示学生入学一年后 TST 检测结果有阴转的可能,这一结果在其他人群的研究<sup>[30-33]</sup>中也有体现,这可能与结核分枝杆菌感染的自清除,或者因免疫反应受损而导致的假阴性反应有关<sup>[30-31]</sup>,但具体原因尚不清楚。本研究与既往研究<sup>[32-33]</sup>结果一致,提示需要通过不定期的重新检测来识别那些已经清除结核分枝杆菌感染或可能发展成为活动性结核病的人,这一点也符合《中小学生健康体检管理办法》(2021 版)的推荐<sup>[34]</sup>。

研究<sup>[35]</sup>表明,近期感染结核分枝杆菌的人群发生结核病的危险是其他潜伏感染者的 10 倍左右,通过对在校学生开展结核分枝杆菌感染筛查以及健康监测能够早期发现新近感染者,精准圈定预防性治疗的高风险人群。入学一年后,寄宿制学校学生的 TST 检测结果阳转率高于非寄宿制学生,提示寄宿制学校学生的结核分枝杆菌新近感染风险高于非寄宿制学校学生,与既往研究<sup>[27-29]</sup>报道一致。寄宿制学校学生多为集体生活,在校时间长,相互之间接触频繁,且教室和宿舍环境相对密闭,缺乏通风换气,感染风险高,一旦校园内出现传染源,就会大大增加暴露感染强度与发病的风险<sup>[27-29]</sup>。为降低寄宿制学校结核病疫情,教育部门和学校应致力于改善在校学生的学习和生活环境,提升学生身体素质,增强抵抗疾病的能力。同时与疾病预防控制机构密切配合,切实做好新生入学体检以及在校学生健康体检工作,严格落实日常晨午检制度,加强对在校学生身体状况的追踪随访。

本研究虽然进行了严格的质控,但仍存在一定局限性。首先,本研究在低疫情区选择研究现场和研究对象,无法获得高疫情地区的相对情况并为其提供参考。其次,本研究调查问卷收集的基础资料有限,缺乏其他如卡介苗接种史、结核病患者接触史、体重、身高等信息,不能从学生个体水平上分析影响 TST 检测结果阳转的因素。

随着结核病控制工作的重心前移,发现控制新近感染者将会是未来结核病防控工作的重点<sup>[36]</sup>。2021 年国家卫生健康委与教育部印发的《中小学生健康体检管理办法》<sup>[34]</sup>中明确要求中小学校每年均需组织开展一次全体在校学生的健康体检,其中就

包括结核分枝杆菌感染检测,通过利用结核分枝杆菌感染检测数据,能够确定排除结核病诊断的新近感染者,并通过后续分类干预,降低其发病以及校园内潜在的结核病传播风险<sup>[37]</sup>。因此,学校不仅应重视高一新生的入学体检和高考体检,还需在高中阶段适当增加筛查频次,加强对高二学生感染状况筛查,及时发现新近感染者,为后续采取措施提供精准目标人群。同时学校应重视寄宿制学校的结核病防控工作,加强学生的日常健康检查、症状监测,密切关注学生结核分枝杆菌感染状态的变化。早期发现结核病新近感染者,有助于将学校结核病防控关口前移,准确界定预防干预的高危人群,精准实施防控措施,最终减少学校内结核病疫情的发生与传播。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

#### 【参 考 文 献】

- [1] WHO. Global tuberculosis report 2022[EB/OL]. [2024 - 11 - 15]. <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2022>.
- [2] 陈卉, 张灿有, 张慧, 等. 2004—2021 年全国学校肺结核疫情分析[J]. 中国防痨杂志, 2022, 44(8): 768 - 776.  
Chen H, Zhang CY, Zhang H, et al. Analysis on the epidemic situation of pulmonary tuberculosis in schools in China from 2004 to 2021[J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2022, 44(8): 768 - 776.
- [3] 陈卉, 夏愔愔, 张灿有, 等. 2014—2018 年全国学生肺结核疫情变化趋势及特征分析[J]. 中国防痨杂志, 2019, 41(6): 662 - 668.  
Chen H, Xia YY, Zhang CY, et al. Epidemic trends and characteristics of pulmonary tuberculosis in students in China from 2014 to 2018[J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2019, 41(6): 662 - 668.
- [4] 陈伟, 陈秋兰, 夏愔愔, 等. 2008—2012 年全国学生结核病疫情特征分析[J]. 中国防痨杂志, 2013, 35(12): 949 - 954.  
Chen W, Chen QL, Xia YY, et al. Analysis of the characteristics of national TB epidemic situation in schools from 2008 to 2012[J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2013, 35(12): 949 - 954.
- [5] 王倪, 张慧, 黄飞, 等. 在中学开展结核菌潜伏感染者预防性治疗的可行性研究[J]. 疾病监测, 2017, 32(1): 43 - 47.  
Wang N, Zhang H, Huang F, et al. Feasibility of preventive therapy for latent *Mycobacterium tuberculosis* infection in middle school students[J]. Disease Surveillance, 2017, 32(1): 43 - 47.
- [6] 成君, 赵雁林. 学校结核病防控工作的问题与对策[J]. 中国学校卫生, 2021, 42(12): 1761 - 1764, 1767.  
Cheng J, Zhao YL. Problem and solution for tuberculosis pre-

- vention and control in schools[J]. Chinese Journal of School Health, 2021, 42(12): 1761-1764, 1767.
- [7] 肖涛, 王巧智, 徐祖辉, 等. 长沙市城区中学生结核病筛查感染情况分析[J]. 实用预防医学, 2022, 29(11): 1295-1298. Xiao T, Wang QZ, Xu ZH, et al. Screening of tuberculosis infection among urban middle school students in Changsha City [J]. Practical Preventive Medicine, 2022, 29(11): 1295-1298.
- [8] 国家卫生健康委办公厅, 教育部办公厅. 国家卫生健康委办公厅 教育部办公厅关于印发中国学校结核病防控指南的通知[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2020(11): 22, 49-146. Office of the National Health Commission, Office of the Ministry of Education. Notice of the General Office of the Ministry of Education of the National Health Commission on issuing guidelines for the prevention and control of tuberculosis in Chinese schools[J]. Bulletin of Ministry of Education of the People's Republic of China, 2020(11): 22, 49-146.
- [9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 肺结核诊断 WS 288—2017[J]. 中国感染控制杂志, 2018, 17(7): 642-652. National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Diagnosis for pulmonary tuberculosis [J]. Chinese Journal of Infection Control, 2018, 17(7): 642-652.
- [10] 石婧, 高志东, 李艳圆, 等. 大学新生 2IU 和 5IU 结核菌素纯蛋白衍生物皮肤试验结果分析[J]. 首都公共卫生, 2022, 16(1): 8-12. Shi J, Gao ZD, Li YY, et al. Analysis of skin test results of 2IU and 5IU tuberculin pure protein derivatives for college freshmen[J]. Capital Journal of Public Health, 2022, 16(1): 8-12.
- [11] Cohn DL, O'Brien RJ, Geiter LJ, et al. Targeted tuberculin testing and treatment of latent tuberculosis infection[J]. MMWR Morb Mortal Wkly Rep, 2000, 49(6): 1-54.
- [12] Adams S, Ehrlich R, Baatjies R, et al. Incidence of occupational latent tuberculosis infection in South African healthcare workers[J]. Eur Respir J, 2015, 45(5): 1364-1373.
- [13] 潘冬香, 崔哲哲, 覃慧芳, 等. 外地和本地来源高中生入学一年后结核感染动态变化[J]. 中国热带医学, 2021, 21(10): 939-942. Pan DX, Cui ZZ, Qin HF, et al. Dynamic changes of tuberculosis infection among high school of local and non-local students after one year of enrollment[J]. China Tropical Medicine, 2021, 21(10): 939-942.
- [14] Monárrez-Espino J, Enciso-Moreno JA, Laflamme L, et al. Serial QuantiFERON-TB gold in-tube assay and tuberculin skin test to diagnose latent tuberculosis in household Mexican contacts: conversion and reversion rates and associated factors using conventional and borderline zone definitions [J]. Mem Inst Oswaldo Cruz, 2014, 109(7): 863-870.
- [15] 杨玲, 黄建斌, 崔晓永. 鹿泉区 2011—2015 年中小学新生结核菌素试验结果分析[J]. 中国学校卫生, 2017, 38(3): 407-409. Yang L, Huang JB, Cui XY. Tuberculosis infection among primary and secondary school students in Luquan district of Shijiazhuang during 2011-2015[J]. Chinese Journal of School Health, 2017, 38(3): 407-409.
- [16] 赵学刚, 郭付爱, 朱建良, 等. 石家庄市 2015—2016 年学生结核菌素试验分析[J]. 中国学校卫生, 2018, 39(7): 1090-1092. Zhao XG, Guo FA, Zhu JL, et al. Tuberculin test among students in Shijiazhuang during 2015-2016[J]. Chinese Journal of School Health, 2018, 39(7): 1090-1092.
- [17] 谢恬, 刘成刚, 刘欢, 等. 2015—2016 年石河子地区在校学生结核病筛查结果分析[J]. 现代预防医学, 2017, 44(20): 3714-3716, 3723. Xie T, Liu CG, Liu H, et al. Analysis on tuberculosis screening results among school student in Shihezi from 2015 to 2016 [J]. Modern Preventive Medicine, 2017, 44(20): 3714-3716, 3723.
- [18] 刘飞鹰, 崔哲哲, 区进. 2010—2012 年广西应用结核菌素试验进行结核病筛查结果分析[J]. 现代预防医学, 2014, 41(15): 2841-2843, 2871. Liu FY, Cui ZZ, Ou J. Analysis on the result of purified protein derivative of tuberculin test in Guangxi province from 2010 to 2012 [J]. Modern Preventive Medicine, 2014, 41(15): 2841-2843, 2871.
- [19] 王未来, 李明艳, 王宏伟, 等. 嵊州市 2014—2018 年中小学新生结核菌素筛查结果分析[J]. 中国公共卫生管理, 2020, 36(1): 99-101. Wang WL, Li MY, Wang HW, et al. Analysis of tuberculin test results of Shengzhou freshmen in primary and secondary schools, 2014-2018 [J]. Chinese Journal of Public Health Management, 2020, 36(1): 99-101.
- [20] 陈盛玉. 健康教育对天津市藏族中学师生结核病防治知识、信念、行为的影响[D]. 天津: 天津医科大学, 2014. Chen SY. Health education for high school teachers and students in Tianjin Tibetan TB influence knowledge, belief and behavior prevention[D]. Tianjin; Tianjin Medical University, 2014.
- [21] 李晓蓉, 庞学文. 天津市某职业技术学校一起结核病聚集性疫情的调查分析[J]. 广西医学, 2020, 42(19): 2550-2553, 2559. Li XR, Pang XW. Investigation and analysis of a cluster outbreak of tuberculosis epidemic in a vocational and technical school in Tianjin City [J]. Guangxi Medical Journal, 2020, 42(19): 2550-2553, 2559.
- [22] 于燕明, 李晓蓉, 李敬新, 等. 天津市 2005—2017 年学生肺结核疫情监测[J]. 中国热带医学, 2019, 19(5): 449-453. Yu YM, Li XR, Li JX, et al. Surveillance and characterization of registered pulmonary tuberculosis students in Tianjin, 2005-2017 [J]. China Tropical Medicine, 2019, 19(5): 449-453.
- [23] 天津市教育委员会. 市教委 市卫生健康委关于印发进一步加强高等学校结核病防控的措施的通知: 津教规范〔2019〕3 号

- [EB/OL]. (2020-01-03)[2024-11-15]. [https://jy.tj.gov.cn/ZW GK\\_52172/zcwj/sjwwj/202011/t20201111\\_4062706.html](https://jy.tj.gov.cn/ZW GK_52172/zcwj/sjwwj/202011/t20201111_4062706.html).
- Tianjin Municipal Education Commission. Notice of the municipal education commission of the municipal health and family planning commission on strengthening the prevention and control of tuberculosis in schools in Tianjin : J J G [2019] No. 3 [EB/OL]. (2020-01-03)[2024-11-15]. [https://jy.tj.gov.cn/ZW GK\\_52172/zcwj/sjwwj/202011/t20201111\\_4062706.html](https://jy.tj.gov.cn/ZW GK_52172/zcwj/sjwwj/202011/t20201111_4062706.html).
- [24] 成诗明, 王国治, 王黎霞, 等. 结核菌素皮肤试验使用指导手册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
- Cheng SM, Wang GZ, Wang LX, et al. The guidance handbook of TST [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2014.
- [25] 韩鹏, 赵丽萍, 陈永杰, 等. 武安市高中生结核菌素检查结果与结核病患病情况分析[J]. 医学动物防制, 2022, 38(2): 176-179.
- Han P, Zhao LP, Chen YJ, et al. Analysis on tuberculin test results and tuberculosis prevalence among high school students in Wu'an[J]. Journal of Medical Pest Control, 2022, 38(2): 176-179.
- [26] 康莉, 钟丽君, 陈建鸿. 自贡市中学生结核病感染的调查[J]. 现代预防医学, 2005, 32(12): 1670-1671.
- Kang L, Zhong LJ, Chen JH. Investigation of tuberculosis infection of high school students in Zigong City[J]. Modern Preventive Medicine, 2005, 32(12): 1670-1671.
- [27] 汪彝, 陈玮, 李进岚, 等. 贵州省毕节市学生肺结核密切接触者筛查结果分析[J]. 中国预防医学杂志, 2023, 24(9): 906-911.
- Wang B, Chen W, Li JL, et al. Analysis of screening results of close contacts with tuberculosis among school students in Bijie City, Guizhou Province [J]. Chinese Preventive Medicine, 2023, 24(9): 906-911.
- [28] 李源, 赵炫, 刘洁, 等. 2016—2020 年淄博市学生结核潜伏感染现状及预防性服药情况分析[J]. 现代预防医学, 2022, 49(11): 1987-1991, 1998.
- Li Y, Zhao X, Liu J, et al. Prevalence of latent tuberculosis infection and the use of preventive medication among students in Zibo city, 2016-2020 [J]. Modern Preventive Medicine, 2022, 49(11): 1987-1991, 1998.
- [29] 张永强, 刘兰瑞, 赵博兰, 等. 河北省保定市 2013—2019 年寄宿制学校结核病聚集性疫情[J]. 中国热带医学, 2019, 19(12): 1123-1126, 1154.
- Zhang YQ, Liu LR, Zhao BL, et al. TB cluster epidemic in boarding schools in Baoding, Hebei, 2013-2019 [J]. China Tropical Medicine, 2019, 19(12): 1123-1126, 1154.
- [30] Zhang HR, Xin HN, Li XW, et al. Reversion of QuantiFERON-TB gold in-tube test in individuals with and without prophylactic treatment for latent tuberculosis infection: a systematic review and Meta-analysis [J]. J Infect, 2018, 77(4): 276-282.
- [31] Schwab A, Emery JC, Dale KD, et al. Impact of reversion of *Mycobacterium tuberculosis* immunoreactivity tests on the estimated annual risk of tuberculosis infection [J]. Am J Epidemiol, 2023, 192(12): 1937-1943.
- [32] Zhang HR, Xin HN, Wang DK, et al. Serial testing of *Mycobacterium tuberculosis* infection in Chinese village doctors by QuantiFERON-TB gold plus, QuantiFERON-TB gold in-tube and T-SPOT. TB [J]. J Infect, 2019, 78(4): 305-310.
- [33] Dale KD, Schwab A, Coussens AK, et al. Overlooked, dismissed, and downplayed: reversion of *Mycobacterium tuberculosis* immunoreactivity [J]. Eur Respir Rev, 2024, 33(173): 240007.
- [34] 国家卫生健康委, 教育部. 卫生健康委 教育部关于印发中小学生健康体检管理办法(2021 年版)的通知 [J]. 中华人民共和国国务院公报, 2022(3): 85-89.
- National Health Commission, Ministry of Education. Notice of the Ministry of Education of the Health Commission on the issuance of administrative measures for health examination of primary and secondary school students (2021 Edition) [J]. Gazette of the State Council of the People's Republic of China, 2022(3): 85-89.
- [35] 张文涛, 孙新亮, 丁科亮, 等. 注射用母牛分枝杆菌对结核菌感染人群免疫干预效果的研究 [J]. 河北医药, 2008, 30(8): 1239.
- Zhang WT, Sun XL, Ding KL, et al. Study on the effect of *Mycobacterium vaccae* for injection on the immune intervention of people infected with tuberculosis [J]. Hebei Medical Journal, 2008, 30(8): 1239.
- [36] 宋其生, 陈秀琴, 赵琴, 等. 结核菌素纯蛋白衍生物试验净增值与  $\gamma$ -干扰素释放试验在结核病群体感染中的诊断价值 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2012, 35(9): 669-672.
- Song QS, Chen XQ, Zhao Q, et al. Evaluation of tuberculin skin test conversion and interferon-gamma release assay in diagnosis of tuberculosis infection [J]. Chinese Journal of Tuberculosis and Respiratory Diseases, 2012, 35(9): 669-672.
- [37] 成君, 高磊. 结核分枝杆菌感染检测在学校人群中的应用 [J]. 中国防痨杂志, 2022, 44(8): 757-761.
- Cheng J, Gao L. Application of tuberculosis infection detection in schools [J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2022, 44(8): 757-761.

(本文编辑:陈玉华)

**本文引用格式:**魏靖入, 陈卉, 李涛, 等. 高中生结核分枝杆菌感染状况的动态变化及影响因素 [J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(4): 460-468. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20257216.

**Cite this article as:** WEI Jingru, CHEN Hui, LI Tao, et al. Dynamic changes and influencing factors of *Mycobacterium tuberculosis* infection among senior high school students [J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(4): 460-468. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20257216.