

# 2000–2019 年中国青少年结核病流行情况及变化趋势

商伟静 刘民

北京大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系, 北京 100191

通信作者: 刘民, Email: liumin@bjmu.edu.cn

**【摘要】** 目的 分析 2000–2019 年我国青少年结核病的流行状况及变化趋势。方法 利用 2019 年全球疾病负担研究数据, 分析中国 10~19 岁青少年结核病的流行现状; 利用年估计变化百分比 (EAPC) 来分析 2000–2019 年间青少年结核病发病率和死亡率的变化趋势。结果 2019 年我国青少年结核病的发病数和死亡数分别为 37 815.670 例 (发病率为 25.938/10 万) 和 213.629 例 (死亡率为 0.147/10 万), 相比 2000 年分别下降了 71.84% 和 89.90%; 2019 年男性发病数 (21 371.747 例) 是女性 (16 443.923 例) 的 1.30 倍, 15~19 岁年龄组的发病数 (30 420.054 例) 是 10~14 年龄组 (7 395.616 例) 的 4.11 倍; 2000–2019 年, 青少年结核病的发病率 (EAPC=-3.95, 95%CI: -4.34~-3.55) 和死亡率 (EAPC=-9.18, 95%CI: -9.33~-9.02) 均呈下降趋势, 药物敏感性结核病、广泛耐药结核病和耐多药结核病的发病率和死亡率均呈下降趋势。结论 2000–2019 年, 我国青少年结核病及不同亚型结核病的发病率和死亡率总体呈下降趋势, 男性、15~19 岁年龄组青少年结核病及不同亚型结核病的流行强度较高, 需引起重视。

**【关键词】** 青少年; 结核病; 流行; 疾病负担

基金项目: 国家重点研发计划 (2021ZD0114104)

## Epidemic trend of tuberculosis in adolescents in China, 2000-2019

Shang Weijing, Liu Min

Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China

Corresponding author: Liu Min, Email: liumin@bjmu.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To analyze the epidemic trend of tuberculosis (TB) in adolescents in China from 2000 to 2019. **Methods** We used data from Global Burden of Disease Study 2019 to describe the epidemic trend of TB. The estimated annual percentage changes (EAPC) of the morbidity and mortality were calculated to assess epidemic trends from 2000 to 2019. **Results** In 2019, a total of 37 815.670 TB cases and 213.629 deaths were reported in adolescents in China, the morbidity was 25.938/100 000 and the mortality was 0.147/100 000. The cases and deaths of TB in 2019 decreased by 71.84% and 89.90% respectively compared with 2000. In 2019, the incident case number (21 371.747) was 1.30 times higher in male adolescents than in female adolescents (16 443.923), and was 4.11 times higher in age group 15-19 years (30 420.054) than in age group 10-14 years (7 395.616). From 2000 to 2019, the morbidity (EAPC=-3.95, 95%CI: -4.34- -3.55) and mortality (EAPC=-9.18, 95%CI: -9.33- -9.02) of TB in the adolescents showed decreasing trends. The morbidity and mortality of drug-sensitive TB, extensively drug-resistant TB and multidrug-resistant TB all showed decreasing trends. **Conclusions** The morbidity and mortality of

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20230726-00043

收稿日期 2023-07-26 本文编辑 万玉立

引用格式: 商伟静, 刘民. 2000-2019 年中国青少年结核病流行情况及变化趋势[J]. 中华流行病学杂志, 2024, 45(1): 78-86. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20230726-00043.

Shang WJ, Liu M. Epidemic trend of tuberculosis in adolescents in China, 2000-2019[J]. Chin J Epidemiol, 2024, 45(1): 78-86. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20230726-00043.



TB and its subtypes among adolescents in China decreased during 2000-2019. More attention should be paid to male adolescents and adolescents aged 15-19 years due to relatively higher incidence intensity of TB.

**【Key words】** Adolescent; Tuberculosis; Epidemiology; Disease burden

**Fund program:** National Key Research and Development Program of China (2021ZD0114104)

结核病是全球重大的公共卫生问题之一, WHO 最新的全球结核病报告显示, 2021 年全球约 1 060 万人罹患结核病<sup>[1-2]</sup>, 其中 <15 岁儿童占 11.32% (120 万), 15~24 岁的青少年和青年人群占 15.57% (165 万)<sup>[3]</sup>; 2021 年共计 160 万人死于结核病<sup>[4]</sup>。2021 年, 我国 10~19 岁的青少年人口约 1.62 亿, 占全国总人口数的 11.49%<sup>[5]</sup>, 这一群体多数为在校学生。研究表明, 全国学校 2021 年学生肺结核发病数为 3.99 万例<sup>[6]</sup>。青少年阶段被认为是结核病感染、患病、并发症和不良结局发生的关键风险期<sup>[7]</sup>。由于激素、免疫水平等的变化<sup>[8]</sup>, 青少年自主性增强, 社交广泛, 结核病的易感性增加<sup>[9]</sup>; 吸烟、熬夜等不良行为因素也增加了青少年结核病的发生风险<sup>[10]</sup>。已有研究显示, 我国的青少年结核病以校园的聚集性肺结核为主<sup>[10]</sup>。目前我国的结核病总体防控取得了良好进展, 但部分地区青少年群体结核病的发病率增加且存在延迟就诊的情况<sup>[10-12]</sup>。青少年时期的呼吸系统损伤会产生终身的后果, 对他们的身心健康、生活质量产生长期影响<sup>[8]</sup>。目前, 对于我国青少年结核病的发病率和死亡率变化趋势的研究较少, 因此本研究利用 2019 年全球疾病负担研究数据, 分析 2000-2019 年中国青少年结核病的发病率和死亡率变化趋势, 旨在为我国青少年结核病的防控策略制定提供科学依据。

## 资料与方法

1. 资料来源: 来源于 2019 年全球疾病负担研究, 该数据库包含 204 个国家和地区 369 种疾病或伤害、87 种危险因素的疾病负担数据, 包括结核病<sup>[13]</sup>。结核病不同性别、不同年龄和不同地区的发病和死亡数据为模型估计值, DisMod-MR 2.1 模型和 CODEm 模型分别用于估算发病率和死亡率。模型估计纳入的数据来源包括已发表的文献, 各国卫生部门官方网站、WHO 官方网站、人口健康调查报告数据, 国家及地区疾病监测数据等<sup>[13]</sup>。本研究收集了 2019 年全球疾病负担研究 2000-2019 年中国

10~19 岁青少年人群不同性别、不同年龄组的结核病、药物敏感性结核病、广泛耐药结核病、耐多药结核病的发病及死亡数据。

2. 相关定义: 参照 WHO 对青少年的定义<sup>[14]</sup>, 本研究中青少年指 10~19 岁的人群。药物敏感性结核病是指细菌学证实或临床诊断的结核病患者未发现对异烟肼或利福平耐药<sup>[15]</sup>; 耐多药结核病指结核病患者感染的结核分枝杆菌经体外药敏试验至少同时对抗结核一线药物异烟肼和利福平耐药<sup>[15]</sup>; 广泛耐药结核病指的是结核病患者除对异烟肼和利福平耐药外, 至少同时对任意一种氟喹诺酮类药物和对任意一种二线抗结核药物注射剂(卷曲霉素、卡那霉素、阿替米星)耐药<sup>[15]</sup>。

3. 研究方法: 采用 2019 年 10~19 岁中国青少年结核病及不同亚型结核病, 不同性别及年龄的结核病发病数和死亡数描述流行现状; 通过计算相对变化百分比 (PRC)、年估计变化百分比 (EAPC) 及其 95%CI 来分析 2000-2019 年中国青少年结核病和不同亚型结核病的发病率和死亡率的变化趋势。

4. 统计学分析: 采用 SAS 9.4 软件进行分析, 计算 2000-2019 年中国青少年结核病和不同亚型结核病发病数和死亡数的 PRC; 2000-2019 年中国青少年结核病和不同亚型结核病发病率和死亡率的 EAPC。2000-2019 年青少年结核病发病例数 PRC 计算公式:  $PRC = (2019 \text{ 年发病例数} - 2000 \text{ 年发病例数}) / 2000 \text{ 年发病例数} \times 100\%$ 。将该方程发病例数改为死亡例数计算死亡例数 PRC。EAPC 用于判断特定时间间隔内特定年龄组率的变化趋势, 对特定年龄组率的自然对数拟合线性回归模型, 即  $y = \alpha + \beta x + \varepsilon$ , 其中  $y = \ln(\text{特定年龄组率})$ ,  $x = \text{年份}$ 。EAPC =  $100 \times (e^\beta - 1)$ 。当 EAPC 值及其 95%CI 上限值均 < 0 时, 率在观察期内呈显著下降趋势; 当 EAPC 值及其 95%CI 的下限值均 > 0 时, 率在观察期内呈显著上升趋势; 否则率在观察期内无显著变化<sup>[16]</sup>。

## 结 果

1. 2019 年青少年结核病的发病及死亡情况:

2019年我国青少年结核病的发病数为37 815.670例,发病率为25.938/10万;男性发病数(21 371.747例)是女性(16 443.923例)的1.30倍,15~19岁年龄组的发病数(30 420.053例)是10~14岁年龄组(7 395.616例)的4.11倍;不同性别年龄组中,男性15~19岁年龄组的发病数(17 511.166例)是10~14岁组(3 860.581例)的4.49倍,女性15~19岁年龄组的发病数(12 908.888例)是10~14岁组(3 535.035例)的3.69倍。见表1。2019年我国青少年结核病的死亡数(率)为213.629例(0.147/10万);男性的死亡数(124.882例)多于女性(88.747例),15~19岁年龄组的死亡数(157.768例)高于10~14岁组(55.861例);男性15~19岁年龄组的结核病死亡数(93.468例)是10~14岁组(31.414例)的2.98倍,女性15~19岁组的死亡数(64.300例)是10~14岁组(24.447例)的2.63倍。见表2。

2. 2019年青少年不同亚型结核病的发病及死亡情况:2019年我国青少年药物敏感性结核病、广泛耐药结核病和耐多药结核病的发病数(率)分别是36 112.238例(24.770/10万)、142.340例(0.098/10万)和1 561.092例(1.071/10万)。见表1。死亡数(率)分别是193.994例(0.133/10万)、3.151例(0.002/10万)和16.484例(0.011/10万);2019年不同亚型结核病男性死亡数多于女性,15~19岁年龄组的死亡数多于10~14岁年龄组,不同性别15~19岁年龄组的死亡数均高于10~14岁组。见表2。

3. 2000-2019年青少年结核病的发病及死亡变化趋势:我国青少年结核病的发病数整体呈下降趋势(图1)。发病数从2000年的134 296.183例下降至2019年的37 815.670例,下降了71.84%,2000-2019年的发病率呈下降趋势(EAPC=-3.95, 95%CI: -4.34~-3.55);不同性别青少年人群结核病的发病率均呈下降趋势,女性发病率的下降速度(EAPC=-4.93, 95%CI: -5.36~-4.49)快于男性(EAPC=-2.95, 95%CI: -3.38~-2.53);不同年龄组中,10~14岁年龄组结核病发病率的下降速度(EAPC=-5.76, 95%CI: -6.36~-5.16)快于15~19岁组(EAPC=-3.47, 95%CI: -3.71~-3.22);不同性别10~14岁年龄组的发病率的下降速度均快于15~19岁组。见表3。

青少年结核病的死亡数整体在下降(图1)。从2000年的2 115.132例下降至2019年的213.629例,下降了89.90%(表3);2000-2019年青少年结核病的死亡率呈下降趋势(EAPC=-9.18, 95%CI: -9.33~

表1 2000、2019年中国10~19岁青少年结核病、药物敏感性结核病、广泛耐药结核病及耐多药结核病的发病数(例)及发病率(/10万)

类别	结核病		药物敏感性结核病		广泛耐药结核病		耐多药结核病	
	2000年	2019年	2000年	2019年	2000年	2019年	2000年	2019年
性别								
男	58 677.939(47.865)	21 371.747(27.254)	52 473.325(42.803)	20 409.089(26.026)	153.620(0.125)	80.440(0.103)	6 050.994(4.936)	882.218(1.125)
女	75 618.244(66.189)	16 443.923(24.407)	67 643.028(59.207)	15 703.149(23.308)	197.456(0.173)	61.900(0.092)	7 777.760(6.808)	678.874(1.008)
年龄组(岁)								
10~	43 857.076(33.848)	7 395.616(10.467)	39 224.135(30.272)	7 058.344(9.990)	114.707(0.089)	28.183(0.040)	4 518.234(3.487)	309.088(0.437)
15~19	90 439.107(84.314)	30 420.054(40.487)	80 892.218(75.414)	29 033.894(38.668)	236.369(0.220)	114.157(0.152)	9 310.520(8.680)	1 252.004(1.667)
分性别年龄组(岁)								
男								
10~	17 524.226(25.942)	3 860.581(10.074)	15 668.883(23.196)	3 684.461(9.615)	45.937(0.068)	14.717(0.038)	1 809.406(2.678)	161.403(0.421)
15~19	41 153.713(74.771)	17 511.166(43.673)	36 804.442(66.869)	16 724.628(41.712)	107.683(0.196)	65.723(0.164)	4 241.588(7.706)	720.815(1.798)
女								
10~	26 332.850(42.458)	3 535.035(10.933)	23 555.252(37.980)	3 373.883(10.435)	68.770(0.111)	13.466(0.042)	2 708.828(4.368)	147.685(0.457)
15~19	49 285.394(94.372)	12 908.888(36.840)	44 087.776(84.419)	12 329.266(35.186)	128.686(0.246)	48.434(0.138)	5 068.932(9.706)	531.189(1.516)
合计	134 296.183(56.704)	37 815.670(25.938)	120 116.353(50.717)	36 112.238(24.770)	351.076(0.148)	142.340(0.098)	13 828.754(5.839)	1 561.092(1.071)

表 2 2000、2019 年中国 10~19 岁青少年结核病、药物敏感性结核病、广泛耐药结核病及耐多药结核病的死亡数(例)及死亡率(10 万)

类别	结核病		药物敏感性结核病		广泛耐药结核病		耐多药结核病	
	2000 年	2019 年	2000 年	2019 年	2000 年	2019 年	2000 年	2019 年
性别								
男	1 064.159(0.868)	124.882(0.159)	867.598(0.707)	113.395(0.145)	10.008(0.008)	1.842(0.002 <sup>a</sup> )	186.553(0.152)	9.645(0.012)
女	1 050.973(0.920)	88.747(0.132)	858.184(0.751)	80.599(0.120)	9.819(0.009)	1.309(0.002 <sup>b</sup> )	182.969(0.160)	6.839(0.010)
年龄组(岁)								
10~	1 003.344(0.774)	55.861(0.079)	818.685(0.632)	50.720(0.072)	9.407(0.007)	0.824(0.001)	175.252(0.135)	4.316(0.006)
15~19	1 111.788(1.036)	157.768(0.210)	907.097(0.846)	143.274(0.191)	10.420(0.010)	2.327(0.003)	194.270(0.181)	12.168(0.016)
分性别年龄组(岁)								
男								
10~	494.593(0.732)	31.414(0.082)	403.100(0.597)	28.524(0.074)	4.662(0.007)	0.463(0.001)	86.831(0.129)	2.427(0.006)
15~19	569.566(1.035)	93.468(0.233)	464.498(0.844)	84.871(0.212)	5.346(0.010)	1.379(0.003)	99.722(0.181)	7.218(0.018)
女								
10~	508.751(0.820)	24.447(0.076)	415.585(0.670)	22.196(0.069)	4.745(0.008)	0.361(0.001)	88.421(0.142)	1.889(0.006)
15~19	542.222(1.038)	64.300(0.184)	442.599(0.847)	58.403(0.167)	5.074(0.010)	0.948(0.003)	94.548(0.181)	4.950(0.014)
合计	2 115.132(0.893)	213.629(0.147)	1 725.782(0.729)	193.994(0.133)	19.827(0.008)	3.151(0.002)	369.522(0.156)	16.484(0.011)

注:<sup>a</sup>保留四位小数为 0.002 3;<sup>b</sup>保留四位小数为 0.001 9

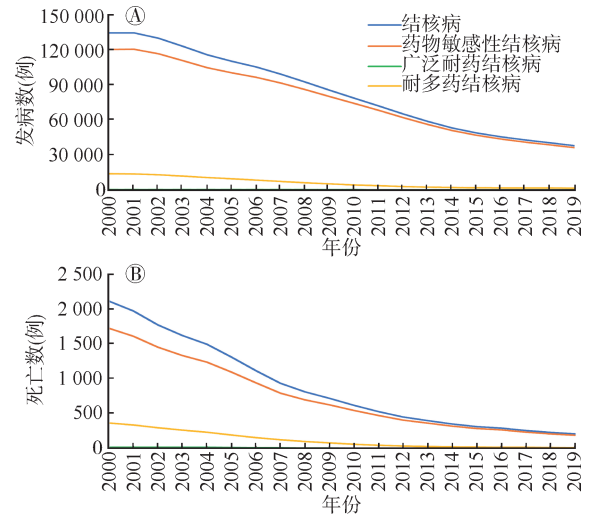


图 1 2000-2019 年中国 10~19 岁青少年结核病及不同亚型结核病的发病数及死亡数

-9.02); 女性结核病死亡率的下降速度(EAPC=-9.76, 95%CI: -9.97~-9.54) 快于男性(EAPC=-8.70, 95%CI: -8.92~-8.47); 10~14 岁年龄组死亡率的下降速度(EAPC=-10.67, 95%CI: -11.48~-9.86) 快于 15~19 岁组(EAPC=-8.41, 95%CI: -8.78~-8.03); 不同性别 10~14 岁年龄组的死亡率的下降速度均快于 15~19 岁组。见表 3。

4. 2000-2019 年青少年不同亚型结核病的发病及死亡变化趋势: 与 2000 年相比, 2019 年我国青少年药物敏感性结核病、广泛耐药结核病和耐多药结核病的发病数分别下降了 69.94%、59.46% 和 88.71%; 2000-2019 年, 青少年药物敏感性结核病(EAPC=-3.53, 95%CI: -3.97~-3.08)、广泛耐药结核病(EAPC=-3.62, 95%CI: -4.53~-2.71)、耐多药结核病发病率(EAPC=-9.87, 95%CI: -10.53~-9.22) 均呈下降趋势(表 3); 与 2000 年相比, 2019 年我国青少年药物敏感性结核病、广泛耐药结核病、耐多药结核病的死亡数分别下降了 88.76%、84.10% 和 95.54%。2000-2019 年我国青少年药物敏感性结核病(EAPC=-8.51, 95%CI: -8.65~-8.37)、广泛耐药结核病(EAPC=-8.45, 95%CI: -9.24~-7.64)、耐多药结核病(EAPC=-14.16, 95%CI: -14.86~-13.44) 的死亡率均呈下降趋势。见表 3。

### 讨论

本研究采用 2019 年全球疾病负担研究中国结核病及不同亚型结核病数据, 分析了 2019 年我国青少年结核病及不同亚型结核病的发病及死亡的

表 3 2000-2019 年中国 10~19 岁青少年结核病、药物敏感性结核病、广泛耐药结核病及耐多药结核病的发病人数/发病率、死亡人数/死亡率的变化情况

类别	结核病				药物敏感性结核病				广泛耐药结核病				耐多药结核病			
	发病趋势		死亡趋势		发病趋势		死亡趋势		发病趋势		死亡趋势		发病趋势		死亡趋势	
	PRC (%)	EAPC (95%CI)	PRC (%)	EAPC (95%CI)	PRC (%)	EAPC (95%CI)	PRC (%)	EAPC (95%CI)	PRC (%)	EAPC (95%CI)	PRC (%)	EAPC (95%CI)	PRC (%)	EAPC (95%CI)	PRC (%)	EAPC (95%CI)
性别																
男	-63.58 (-3.38~-2.53)	-2.95 (-8.92~-8.47)	-88.26 (-8.70~-8.92~-8.47)	-8.70 (-8.92~-8.47)	-61.11 (-3.01~-2.05)	-2.53 (-3.01~-2.05)	-86.93 (-8.18~-7.86)	-8.02 (-8.18~-7.86)	-47.64 (-3.71~-1.70)	-2.71 (-3.71~-1.70)	-81.59 (-8.89~-7.09)	-8.00 (-8.89~-7.09)	-85.42 (-9.67~-8.24)	-8.96 (-9.67~-8.24)	-94.83 (-14.54~-12.91)	-13.73 (-14.54~-12.91)
女	-78.25 (-5.36~-4.49)	-4.93 (-9.97~-9.54)	-91.56 (-9.97~-9.54)	-9.76 (-9.97~-9.54)	-76.79 (-5.00~-4.03)	-4.51 (-5.00~-4.03)	-90.61 (-9.36~-8.85)	-9.10 (-9.36~-8.85)	-68.65 (-5.39~-3.67)	-4.53 (-5.39~-3.67)	-86.67 (-12.29~-9.33)	-10.82 (-12.29~-9.33)	-91.27 (-11.41~-10.14)	-10.78 (-11.41~-10.14)	-96.26 (-15.28~-14.07)	-14.67 (-15.28~-14.07)
年龄组(岁)																
10~	-83.14 (-6.36~-5.16)	-5.76 (-11.48~-9.86)	-94.43 (-11.48~-9.86)	-10.67 (-11.48~-9.86)	-82.01 (-6.00~-4.70)	-5.35 (-6.00~-4.70)	-93.80 (-10.87~-9.17)	-10.02 (-10.87~-9.17)	-75.43 (-6.18~-4.51)	-5.35 (-6.18~-4.51)	-91.23 (-10.55~-9.29)	-9.92 (-10.55~-9.29)	-93.16 (-12.18~-10.87)	-11.53 (-12.18~-10.87)	-97.54 (-16.28~-14.79)	-15.54 (-16.28~-14.79)
15~19	-66.36 (-3.71~-3.22)	-3.47 (-8.78~-8.03)	-85.81 (-8.78~-8.03)	-8.41 (-8.78~-8.03)	-64.08 (-3.34~-2.75)	-3.05 (-3.34~-2.75)	-84.21 (-8.05~-7.41)	-7.73 (-8.05~-7.41)	-51.70 (-3.83~-2.50)	-3.17 (-3.83~-2.50)	-77.67 (-8.65~-6.70)	-7.68 (-8.65~-6.70)	-86.55 (-10.05~-8.82)	-9.44 (-10.05~-8.82)	-93.74 (-14.32~-12.55)	-13.44 (-14.32~-12.55)
分性别 年龄组(岁)																
男	-77.97 (-5.31~-4.25)	-4.78 (-11.13~-9.44)	-93.65 (-11.13~-9.44)	-10.29 (-11.13~-9.44)	-76.49 (-4.95~-3.78)	-4.37 (-4.95~-3.78)	-92.92 (-10.50~-8.74)	-9.63 (-10.50~-8.74)	-67.96 (-5.38~-3.48)	-4.43 (-5.38~-3.48)	-90.06 (-10.20~-8.96)	-9.58 (-10.20~-8.96)	-91.08 (-11.26~-9.96)	-10.61 (-11.26~-9.96)	-97.21 (-16.01~-14.41)	-15.21 (-16.01~-14.41)
15~19	-57.45 (-2.75~-2.35)	-2.55 (-8.37~-7.40)	-83.59 (-8.37~-7.40)	-7.89 (-8.37~-7.40)	-54.56 (-2.38~-1.86)	-2.12 (-2.38~-1.86)	-81.73 (-7.62~-6.78)	-7.20 (-7.62~-6.78)	-38.97 (-3.05~-1.61)	-2.33 (-3.05~-1.61)	-74.20 (-8.30~-6.05)	-7.18 (-8.30~-6.05)	-83.01 (-9.21~-7.97)	-8.59 (-9.21~-7.97)	-92.76 (-13.98~-11.95)	-12.97 (-13.98~-11.95)
女	-86.58 (-7.31~-5.84)	-6.57 (-11.93~-10.28)	-95.19 (-11.93~-10.28)	-11.11 (-11.93~-10.28)	-85.68 (-6.94~-5.39)	-6.17 (-6.94~-5.39)	-94.66 (-11.34~-9.59)	-10.47 (-11.34~-9.59)	-80.42 (-6.94~-5.27)	-6.11 (-6.94~-5.27)	-92.38 (-11.02~-9.58)	-10.30 (-11.02~-9.58)	-94.55 (-13.03~-11.54)	-12.29 (-13.03~-11.54)	-97.86 (-16.64~-15.16)	-15.90 (-16.64~-15.16)
15~19	-73.81 (-4.75~-4.12)	-4.44 (-9.40~-8.68)	-88.14 (-9.40~-8.68)	-9.04 (-9.40~-8.68)	-72.03 (-4.37~-3.67)	-4.02 (-4.37~-3.67)	-86.80 (-8.71~-8.03)	-8.37 (-8.71~-8.03)	-62.36 (-4.70~-3.42)	-4.06 (-4.70~-3.42)	-81.32 (-9.14~-7.44)	-8.29 (-9.14~-7.44)	-89.52 (-10.94~-9.71)	-10.33 (-10.94~-9.71)	-94.77 (-14.78~-13.25)	-14.01 (-14.78~-13.25)
合计	-71.84 (-4.34~-3.55)	-3.95 (-9.33~-9.02)	-89.90 (-9.33~-9.02)	-9.18 (-9.33~-9.02)	-69.94 (-3.97~-3.08)	-3.53 (-3.97~-3.08)	-88.76 (-8.65~-8.37)	-8.51 (-8.65~-8.37)	-59.46 (-4.53~-2.71)	-3.62 (-4.53~-2.71)	-84.10 (-9.24~-7.64)	-8.45 (-9.24~-7.64)	-88.71 (-10.53~-9.22)	-9.87 (-10.53~-9.22)	-95.54 (-14.86~-13.44)	-14.16 (-14.86~-13.44)

注:PRC:相对变化百分比,基于死亡数计算获得;EAPC:年估计变化百分比,基于死亡率计算获得

流行现状及 2000–2019 年的变化趋势。研究结果显示, 2019 年我国青少年男性结核病发病或死亡数(率)高于女性, 15~19 岁年龄组的发病或死亡数(率)高于 10~14 岁组, 2000–2019 年我国青少年结核病发病率和死亡率呈下降趋势, 不同性别各年龄组的发病率和死亡率也均呈下降趋势; 不同亚型结核病中, 药物敏感性结核病、广泛耐药结核病和耐药结核病发病率和死亡率均呈下降趋势。

我国青少年结核病的发病数和死亡数整体呈下降趋势, 这与既往研究结果相一致<sup>[6, 17-18]</sup>。分析可能与以下两个原因有关。第一, 我国结核病防治体系不断完善、医疗水平逐步提高, 政策体系逐步完善一定程度上降低了结核病在我国的流行。从 20 世纪 70 年代开始, 国家将卡介苗纳入儿童计划免疫, 20 世纪 80–90 年代颁布《结核病防治规划》《传染病防治法》, 将结核病防治工作纳入传染病常规报告和疫情登记管理制度中, 各级医疗机构按规定上报和免费治疗结核病患者<sup>[19]</sup>; 2005 年, 结核病信息管理报告系统即结核病专报系统建立<sup>[20]</sup>, 进一步规范了结核病患者的治疗和管理。针对重点人群, 即青少年学生群体, 中华人民共和国教育部 2003 年发布了《关于加强学校结核病防治工作的通知》<sup>[21]</sup>, 于 2010 年下发、2017 年和 2020 年更新和修订了《学校结核病防控工作规范》, 在每版工作规范基础上制定了《中国学校结核病防治工作手册》<sup>[6, 22]</sup>。除此之外, 我国在 2018 年将学校肺结核单例预警工作纳入国家传染病自动预警系统<sup>[23]</sup>, 中国 CDC 发布了《中国学校结核病防控指南(2020 年版)》, 完善了学生患者监测、筛查、诊断、治疗和管理的应对策略和措施<sup>[22]</sup>。多项研究也显示, 我国各省市在积极落实国家政策策略, 如进行学校新生入学体检(含结核菌素试验筛查)、上报因病缺勤缺课人数、初高中生毕业体检等一系列措施后, 学生群体的结核病得以被尽早发现、诊断和治疗, 其发病率和死亡率也在逐年下降<sup>[24-25]</sup>。第二, 伴随我国经济的快速发展, 居民生活条件的改善, 城乡卫生水平也在不断提高, 居民的健康意识和健康素养逐步养成、校园膳食营养及食品卫生水平提升等一定程度上也降低了学生结核病的发病和死亡风险<sup>[19]</sup>。

本研究结果显示, 男性青少年结核病的发病率高于女性, 与既往研究中报道的一般人群和青少年人群中的结核病的发病率在男性中较高的结果一致<sup>[23, 25-30]</sup>; 这与其他关于青少年结核病研究中女性发病率高于男性<sup>[31-32]</sup>有所不同。本研究中青少年

结核病男性发病率高于女性的原因可能与其免疫遗传机制密切相关, 多项研究证明了结核病性别差异存在生物学基础<sup>[33]</sup>。性激素和性染色体上编码的遗传效应可能是免疫力和疾病易感性的决定因素<sup>[34]</sup>, 具体表现为感染结核分枝杆菌后, 女性体内的雌二醇在正常或低浓度下(非生理期)可刺激 CD4<sup>+</sup>T 细胞促炎和抗炎因子(如 IFN- $\gamma$  和 TNF $\alpha$ )的合成, 活化巨噬细胞表现出更强的吞噬和杀伤作用, 启动 I 型辅助 T 细胞极化过程来控制结核分枝杆菌的感染。而男性体内的睾酮可作为宿主易感因子, 促进结核分枝杆菌或其他细菌的繁殖, 高浓度的睾酮具有免疫抑制作用, 表现为抑制免疫细胞(T 细胞和 B 细胞)的增殖和成熟, 损害巨噬细胞的活化等<sup>[33]</sup>; 除此之外, X 连锁基因的多态性可能导致免疫功能在不同性别中存在差异, 具有单个 X 染色体的男性更有可能患有 X 连锁疾病, 而具有两条 X 染色体的女性由于 X 染色体随机沉默介导的细胞嵌合体而具有生物免疫学优势<sup>[33, 35-36]</sup>。以上生理学机制表明在青春期, 男性的免疫水平一定程度上略低于女性, 对结核分枝杆菌可能更为易感。除此之外, 青春期男孩吸烟、喝酒、熬夜等不良生活作息行为高于青春期女孩, 这些不良行为可能会引起身体免疫力降低, 对结核病易感<sup>[37]</sup>。

本研究结果显示, 15~19 岁年龄组的结核病和不同亚型结核病发病率相比 10~14 岁年龄组更高, 与既往研究结果相一致<sup>[38-39]</sup>。15~19 岁年龄段多数为高中生。既往研究显示, 高中生学业繁重, 课外活动相对较少, 生理心理压力较大, 免疫水平相对较低, 感染结核分枝杆菌后更容易发病<sup>[23]</sup>。由于校园生活学习环境相对封闭, 一旦有学生发病, 其周围老师、同学易被感染<sup>[23]</sup>, 聚集性疫情的发生风险增加<sup>[12]</sup>。我国多个省份高中生罹患结核病相关的研究显示<sup>[38, 40-41]</sup>, 学生的延迟就诊导致结核病的校园传播。延迟就诊有几个可能的的主要原因, 一是高中生对结核病防治知识知晓率不高, 早期症状得不到识别和重视, 主动就医意识不强导致就诊延迟; 二是高中生的学习进度快, 任务重, 他们担心就诊或治疗耽误学习进度而可能延迟就医<sup>[38, 40]</sup>; 三是部分学生结核病的症状具有非特异性且不易被识别<sup>[42]</sup>, 多数患者为被动发现, 主动发现的患者少<sup>[24]</sup>, 发现时病情部分已经进展到中晚期, 对患者身心健康造成严重影响的同时也可能已经造成了同宿舍、班级范围内的结核病传播<sup>[37]</sup>。在临床实践中, 判断青少年对某结核病药物治疗效果情况通常需要

2 个月,如体重无变化或症状加重等均需要一定的观察时间<sup>[42-43]</sup>;如若治疗和管理不够规范、患者自我管理不足等都会增加患者结核病耐药及其他不良转归的发生风险<sup>[44-45]</sup>。既往研究显示,与儿童相比,青少年群体结核病治疗效果不好,治疗失败率和死亡率较高<sup>[46]</sup>。结核预防性治疗(TPT)被证明是预防结核分枝杆菌暴露或感染后进展的有效措施<sup>[47]</sup>,但由于 TPT 药物治疗价格高、周期长(通常需要几个月时间),对青少年依从性及其家庭支付能力带来挑战,也给卫生系统带来额外压力<sup>[42,48]</sup>。一项关于上海市中学生群体是否愿意接受 TPT 的调查发现,TPT 接受度较低<sup>[41]</sup>。总的来讲,15~19 岁人群结核病的防治和管理仍需进一步加强和重视。

本研究中,中国青少年结核病的发病和死亡数据来自 2019 年全球疾病负担研究数据库,该数据库的数据由全球疾病负担团队通过系统综述或模型拟合获得,数据来源众多。与我国的法定报告结核病监测数据有所不同。在结核病纳入种类方面,2019 年全球疾病负担研究数据库中,结核病是按照《国际疾病分类》第十版编码收集的,包含 A10~A19.9(在细菌学和组织学上得到证实的呼吸道结核病),B90~B90.9(结核病后遗症),K67.3(结核性腹膜炎),K93.0(肠、腹膜和肠系膜腺的结核性疾病),M49.0(脊椎结核),P37.0(先天性肺结核)<sup>[13]</sup>。我国法定结核病报告的种类主要是肺结核,具体包括利福平耐药、病原学阳性、病原学阴性、无病原学结果 4 类<sup>[49]</sup>。相较而言,我国的法定报告结核病的种类少于 2019 年全球疾病负担研究中纳入的结核病种类。在数据收集来源方面,2019 年全球疾病负担研究数据来源多,包括监测数据、调查数据、文献数据等,我国的法定报告结核病数据是根据国家传染病防治法的规定,各医疗卫生相关单位发现、核实后进行网络直报,并在报告过程中逐级审核以确保数据的准确性和真实性;在率的计算方面,2019 年全球疾病负担研究分别采用 DisMod-MR 2.1 模型和 CODEm 模型估算青少年结核病的发病率和死亡率,同时考虑年龄、性别、人口密度、环境污染等多个指标作为协变量进行调整<sup>[13]</sup>,与我国法定报告的结核病发病率和死亡率计算公式不同<sup>[49-50]</sup>;在报告内容方面,2019 年全球疾病负担研究数据库报告了不同年龄组、不同性别、分性别年龄组的青少年结核病、药物敏感性结核病、广泛耐药结核病、耐多药结核病等数据,我国法定结核病公开可获得数据为不同年龄组的肺结核

(含利福平耐药结核以及不同病原学检测结果)数据<sup>[49]</sup>。综合以上 4 个方面可以发现,2019 年全球疾病负担研究和我国法定报告的青少年结核病数据存在一定差异,可比性不足。与此同时,为再次验证以上推断,分别采用中国法定报告数据和 2019 年全球疾病负担研究数据分析了 2004~2019 年青少年结核病发病率和死亡率变化趋势(选择 2004~2019 年的数据是因为可获取的国家法定报告数据是从 2004 年开始的)。结果显示 2004~2019 年我国法定报告 10~14 岁年龄组结核病的发病率呈逐年下降趋势,其他年龄组的结核病发病率无明显趋势变化,青少年结核病的死亡率无明显趋势变化;2019 年全球疾病负担研究数据结果显示 2004~2019 年不同年龄组青少年结核病的发病率和死亡率均呈下降趋势。因此,未来针对中国青少年结核病的流行情况和变化趋势仍需开展进一步研究。

本研究存在局限性。首先,2019 年全球疾病负担研究数据库中不包含中国各省份数据,所以各省份青少年结核病的疾病负担和流行趋势差异无法分析;其次,全球疾病负担模型估计采用系统综述和模型估计,纳入的文献多是已发表的文献,一些灰色文献未被纳入,可能导致率的变化趋势被高估;最后,2019 年全球疾病负担研究中死亡率的模型估计值可能会受到纳入文献或报告数据的死因错误分类的影响,进而可能影响死亡率的变化趋势。

综上所述,2000~2019 年,我国青少年结核病和不同亚型结核病的发病率和死亡率均呈下降趋势;男性及 15~19 岁年龄组青少年结核病及不同亚型结核病的流行强度较高,需引起重视。建议在继续加强青少年群体结核病防控和治疗的工作基础上,重点关注男性、15~19 岁的青少年群体。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 商伟静:数据整理、统计分析、论文撰写;刘民:研究指导、论文修改、经费支持

## 参 考 文 献

- [1] World Health Organization. WHO consolidated guidelines on tuberculosis: module 5: management of tuberculosis in children and adolescents[EB/OL]. (2022-03-18) [2023-06-19]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240046764>.
- [2] World Health Organization. Tuberculosis[EB/OL]. (2023-04-21) [2023-06-19]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>.
- [3] World Health Organization. Global tuberculosis report 2022-2.1 TB incidence[EB/OL]. (2022-03-18) [2023-06-19]. <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2022/>

- tb-disease-burden/2-1-tb-incidence.
- [4] World Health Organization. Global tuberculosis report 2022-2.2 TB mortality[EB/OL]. [2023-06-19]. <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2022/tb-disease-burden/2-2-tb-mortality>.
- [5] 国家统计局. 2022 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2022:37.  
National Bureau of Statistics. 2021 China statistical yearbook[M]. Beijing:China Statistics Press, 2021.
- [6] 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. DOI: 10.19982/j.issn.1000-6621.20220200.  
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]. Chin J Antituberc, 2022, 44(8): 768-776. DOI:10.19982/j.issn.1000-6621.20220200.
- [7] García-Basteiro AL, Schaaf HS, Diel R, et al. Adolescents and young adults: a neglected population group for tuberculosis surveillance[J]. Eur Respir J, 2018, 51(2): 1800176. DOI:10.1183/13993003.00176-2018.
- [8] Swanepoel J, Zimri K, van der Zalm MM, et al. Understanding the biology, morbidity and social contexts of adolescent tuberculosis: a prospective observational cohort study protocol (Teen TB) [J]. BMJ Open, 2022, 12(12):e062979. DOI:10.1136/bmjopen-2022-062979.
- [9] Snow KJ, Cruz AT, Seddon JA, et al. Adolescent tuberculosis [J]. Lancet Child Adolesc Health, 2020, 4(1): 68-79. DOI: 10.1016/S2352-4642(19)30337-2.
- [10] 朱宝平, 王茜, 贾雪. 青少年结核病的影响因素研究[J]. 实用预防医学, 2021, 28(10): 1278-1280. DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2021.10.035.  
Zhu BP, Wang Q, Jia X. Factors influencing tuberculosis in adolescents[J]. Pract Prev Med, 2021, 28(10):1278-1280. DOI:10.3969/j.issn.1006-3110.2021.10.035.
- [11] 张海清. 2014-2019 年徐州市学生结核病患者延迟就诊及影响因素分析[J]. 中国社区医师, 2020, 36(29):171-172. DOI:10.3969/j.issn.1007-614x.2020.29.084.  
Zhang HQ. Analysis of delayed treatment and its influencing factors among students with tuberculosis in Xuzhou City from 2014 to 2019[J]. Chin Commun Doc, 2020, 36(29): 171-172. DOI: 10.3969/j.issn. 1007-614x. 2020.29.084.
- [12] 李文辉, 冯汉阳, 钟明浩, 等. 东莞市青少年 2009-2018 年结核病患者就诊延迟及影响因素分析[J]. 中国学校卫生, 2021, 42(2): 264-268, 272. DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2021.02.026.  
Li WH, Feng HY, Zhong MH, et al. Delay on care-seeking and influencing factors among adolescent tuberculosis patients in Dongguan City from 2009 to 2018[J]. Chin J Sch Health, 2021, 42(2): 264-268, 272. DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2021.02.026.
- [13] GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. Lancet, 2020, 396(10258): 1204-1222. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30925-9.
- [14] World Health Organization. Adolescent health[EB/OL]. [2023-06-19]. [https://www.who.int/health-topics/adolescent-health#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/adolescent-health#tab=tab_1).
- [15] 王晓君, 李月华, 易凤莲, 等. 1990-2017 年中国结核病流行与控制情况[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(6):856-860. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20190809-00587.  
Wang XJ, Li YH, Yi FL, et al. Description of epidemic features and control status on tuberculosis in China, 1990-2017[J]. Chin J Epidemiol, 2020, 41(6): 856-860. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20190809-00587.
- [16] Wang Y, Jing W, Liu J, et al. Global trends, regional differences and age distribution for the incidence of HIV and tuberculosis co-infection from 1990 to 2019: results from the global burden of disease study 2019[J]. Infect Dis, 2022, 54(11): 773-783. DOI: 10.1080/23744235.2022.2092647.
- [17] 刘毅, 黄旭, 尹文琴, 等. 中国学生结核病发病趋势的系统评价[J]. 中国循证医学杂志, 2022, 22(1): 46-50. DOI: 10.7507/1672-2531.202109054.  
Liu Y, Huang X, Yin WQ, et al. Incidence trends of tuberculosis among Chinese students:a systematic review [J]. Chin J Evidence-Based Med, 2022, 22(1): 46-50. DOI: 10.7507/1672-2531.202109054.
- [18] 董彦会, 陈曼曼, 王丽萍, 等. 中国 6~22 岁学生群体甲乙丙类传染病流行趋势[J]. 北京大学学报:医学版, 2021, 53(3): 498-505. DOI:10.19723/j.issn.1671-167X.2021.03.010.  
Dong YH, Chen MM, Wang LP, et al. Epidemiological characteristics of infectious diseases of group A, B and C among Chinese students' population[J]. J Peking Univ: Health Sci, 2021, 53(3): 498-505. DOI: 10.19723/j.issn.1671-167X.2021.03.010.
- [19] 李绍玄. 1990-2019 年我国结核病发病与死亡趋势及防治政策研究[D]. 兰州:兰州大学, 2022.  
Li SX. Study on the Trend of the Incidence and Mortality and control policies of Tuberculosis in China from 1990 to 2019[D]. Lanzhou:Lanzhou University, 2022.
- [20] 中国疾病预防控制中心结核病预防控制中心. 我国结核病监测系统介绍 [EB/OL]. (2012-08-13) [2023-08-30]. [https://tb.chinacdc.cn/yqjk/jhyqjc/201208/t20120813\\_66788.htm](https://tb.chinacdc.cn/yqjk/jhyqjc/201208/t20120813_66788.htm).  
National Center for Tuberculosis Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention. Introduction to China's tuberculosis surveillance system [EB/OL]. (2012-08-13)[2023-08-30]. [https://tb.chinacdc.cn/yqjk/jhyqjc/201208/t20120813\\_66788.htm](https://tb.chinacdc.cn/yqjk/jhyqjc/201208/t20120813_66788.htm).
- [21] 中华人民共和国教育部. 关于加强学校结核病防治工作的通知 [EB/OL]. (2003-07-13) [2023-06-22]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A17/moe\\_943/s3285/200307/t20030713\\_81032.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A17/moe_943/s3285/200307/t20030713_81032.html).  
Ministry of Education of the People's Republic of China. Notice on strengthening tuberculosis prevention and control in schools[EB/OL]. (2003-07-13) [2023-06-22]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A17/moe\\_943/s3285/200307/t20030713\\_81032.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A17/moe_943/s3285/200307/t20030713_81032.html).
- [22] 中国疾病预防控制中心. 中国学校结核病防控指南(2020 年版)[EB/OL]. [2023-06-22]. <https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-12/05/5567137/files/85d293d4f3e04bacb420f252c2189278.pdf>.  
Chinese Center for Disease Control and Prevention. Guidelines for TB prevention and control in schools in China (2020 edition) [EB/OL]. [2023-06-22]. <https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-12/05/5567137/files/85d293d4f3e04bacb420f252c2189278.pdf>.
- [23] 张文, 余雅, 范君, 等. 2016-2020 年重庆市学生肺结核流行病学特征分析[J]. 中国防痨杂志, 2022, 44(8):784-791. DOI:10.19982/j.issn.1000-6621.20220196.  
Zhang W, Yu Y, Fan J, et al. Epidemiological characteristics of pulmonary tuberculosis among students in Chongqing from 2016 to 2020[J]. Chin J Antituberc, 2022, 44(8): 784-791. DOI:10.19982/j.issn.1000-6621.20220196.
- [24] 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. DOI:10.3969/j.issn.1000-6621.2019.06.013.  
Chen H, Xia YY, Zhang CY, et al. Epidemic trends and characteristics of pulmonary tuberculosis in students in China from 2014 to 2018[J]. Chin J Antituberc, 2019, 41(6): 662-668. DOI: 10.3969/j.issn. 1000-6621.2019. 06.013.
- [25] 薛白, 张华强, 王忠东, 等. 2008-2017 年青岛市学校肺结核流行特征分析[J]. 现代预防医学, 2018, 45(16):2891-2893, 2919.  
Xue B, Zhang HQ, Wang ZD, et al. Analysis on the epidemiological characteristics of tuberculosis in schools in Qingdao from 2008 to 2017[J]. Mod Prev Med, 2018, 45(16):2891-2893, 2919.
- [26] Marçõa R, Ribeiro AI, Zão I, et al. Tuberculosis and



- gender-Factors influencing the risk of tuberculosis among men and women by age group[J]. *Pulmonology*, 2018, 24(3):199-202. DOI:10.1016/j.pulmoe.2018.03.004.
- [27] Horton KC, MacPherson P, Houben RMGJ, et al. Sex differences in tuberculosis burden and notifications in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS Med*, 2016, 13(9): e1002119. DOI:10.1371/journal.pmed.1002119.
- [28] Horton KC, Sumner T, Houben RMGJ, et al. A Bayesian approach to understanding sex differences in tuberculosis disease burden[J]. *Am J Epidemiol*, 2018, 187(11):2431-2438. DOI:10.1093/aje/kwy131.
- [29] 李婷, 刘双, 逯嘉, 等. 2011-2020 年四川省肺结核发病年龄变化趋势分析[J]. *中国防痨杂志*, 2022, 44(8):808-814. DOI:10.19982/j.issn.1000-6621.20220085.
- Li T, Liu S, Lu J, et al. Analysis on the trend of age change of pulmonary tuberculosis in Sichuan from 2011 to 2020[J]. *Chin J Antituberc*, 2022, 44(8): 808-814. DOI: 10.19982/j.issn.1000-6621.20220085.
- [30] 廖龙, 陈慧娟, 方世林, 等. 贵州省 2011-2020 年学生肺结核流行特征及其时空变化分析[J]. *中华流行病学杂志*, 2023, 44(6): 966-973. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20221122-00993.
- Liao L, Chen HJ, Fang SL, et al. Epidemiological characteristics and spatio-temporal distribution of pulmonary tuberculosis cases reported in students from Guizhou Province, 2011-2020[J]. *Chin J Epidemiol*, 2023, 44(6):966-973. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20221122-00993.
- [31] Pan DX, Lan RS, Graviss EA, et al. Adolescent tuberculosis associated with tuberculosis exposure in classrooms and dorm rooms in Guangxi, China[J]. *Int J Infect Dis*, 2019, 78: 8-14. DOI:10.1016/j.ijid.2018.09.019.
- [32] Thakur S, Chauhan V, Kumar R, et al. Adolescent females are more susceptible than males for tuberculosis[J]. *J Glob Infect Dis*, 2021, 13(1):3-6. DOI:10.4103/jgid.jgid\_229\_20.
- [33] Gupta M, Srikrishna G, Klein SL, et al. Genetic and hormonal mechanisms underlying sex-specific immune responses in tuberculosis[J]. *Trends Immunol*, 2022, 43(8):640-656. DOI:10.1016/j.it.2022.06.004.
- [34] Klein SL, Flanagan KL. Sex differences in immune responses[J]. *Nat Rev Immunol*, 2016, 16(10): 626-638. DOI:10.1038/nri.2016.90.
- [35] Schurz H, Salie M, Tromp G, et al. The X chromosome and sex-specific effects in infectious disease susceptibility[J]. *Hum Genomics*, 2019, 13(1): 2. DOI: 10.1186/s40246-018-0185-z.
- [36] Posyneck BJ, Brown CJ. Escape from X-chromosome inactivation:an evolutionary perspective[J]. *Front Cell Dev Biol*, 2019, 7:241. DOI:10.3389/fcell.2019.00241.
- [37] 张世鹏, 张琪, 丁煊, 等. 江苏省无锡市 2018-2020 年学生肺结核疫情流行特征[J]. *中国热带医学*, 2022, 22(8): 744-747. DOI:10.13604/j.cnki.46-1064/r.2022.08.11.
- Zhang SP, Zhang Q, Ding H, et al. Epidemic trends and characteristics of pulmonary tuberculosis in students in Wuxi, Jiangsu, 2018-2020[J]. *China Trop Med*, 2022, 22(8): 744-747. DOI: 10.13604/j.cnki.46-1064/r.2022.08.11.
- [38] 陈堃, 林淑芳, 戴志松, 等. 福建省青少年结核病防治核心知识知晓情况及其对就诊延迟风险的影响[J]. *中国防痨杂志*, 2023, 45(2): 200-207. DOI: 10.19982/j.issn.1000-6621.20220305.
- Chen K, Lin SF, Dai ZS, et al. Awareness of core knowledge of tuberculosis prevention and treatment among adolescents in Fujian Province and its impact on the risk of delayed medical treatment[J]. *Chin J Antituberc*, 2023, 45(2):200-207. DOI:10.19982/j.issn.1000-6621.20220305.
- [39] 张应春. 学校结核病的预防措施[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2020, 20(31):33-34. DOI:10.3969/j.issn.1671-3141.2020.31.017.
- Zhang YC. Preventive measures of school tuberculosis[J]. *World Latest Med Inf (Electron Vers)*, 2020, 20(31): 33-34. DOI:10.3969/j.issn.1671-3141.2020.31.017.
- [40] 陈卉, 宋雅婷, 李涛, 等. 2016-2020 年全国学生耐药肺结核流行特征与治疗转归分析[J]. *热带病与寄生虫学*, 2023, 21(2):65-71. DOI:10.3969/j.issn.1672-2302.2023.02.002.
- Chen H, Song YT, Li T, et al. Epidemiological characteristics and medication outcomes in students with drug-resistant pulmonary tuberculosis in China from 2016 to 2020[J]. *J Trop Dis Parasitol*, 2023, 21(2): 65-71. DOI:10.3969/j.issn.1672-2302.2023.02.002.
- [41] 肖筱, 陈静, 李向群, 等. 2009-2017 年上海市学生肺结核疫情特征分析[J]. *中国防痨杂志*, 2020, 42(5):498-502. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6621.2020.05.015.
- Xiao X, Chen J, Li XQ, et al. Analysis of the epidemiological characteristics of tuberculosis students in Shanghai from 2009 to 2017[J]. *Chin J Antituberc*, 2020, 42(5):498-502. DOI:10.3969/j.issn.1000-6621.2020.05.015.
- [42] Kaforou M, Broderick C, Vito O, et al. Transcriptomics for child and adolescent tuberculosis[J]. *Immunol Rev*, 2022, 309(1):97-122. DOI:10.1111/imr.13116.
- [43] Chaves Torres NM, Quijano Rodríguez JJ, Porras Andrade PS, et al. Factors predictive of the success of tuberculosis treatment: a systematic review with meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2019, 14(12):e0226507. DOI:10.1371/journal.pone.0226507.
- [44] 赵刚, 程庆林, 谢立, 等. 2005-2020 年杭州市青少年肺结核病例不良转归的影响因素分析[J]. *中华预防医学杂志*, 2023, 57(3): 348-355. DOI: 10.3760/cma.j.cn112150-20221011-00983.
- Zhao G, Cheng QL, Xie L, et al. Influencing factors of the adverse outcome of pulmonary tuberculosis among adolescents in Hangzhou City between 2005 and 2020: a school-based retrospective cohort study[J]. *Chin J Prev Med*, 2023, 57(3):348-355. DOI:10.3760/cma.j.cn112150-20221011-00983.
- [45] 马斌忠, 李尔琛, 蒋明霞, 等. 青海省学生肺结核患者治疗转归及影响因素[J]. *中华疾病控制杂志*, 2022, 26(11): 1349-1352, 1359. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2022.11.019.
- Ma BZ, Li EC, Jiang MX, et al. Analysis on the factors that influence the treatment outcome of students with pulmonary tuberculosis in Qinghai Province[J]. *Chin J Dis Control Prev*, 2022, 26(11): 1349-1352, 1359. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2022.11.019.
- [46] Snow K, Hesselning AC, Naidoo P, et al. Tuberculosis in adolescents and young adults: epidemiology and treatment outcomes in the Western Cape[J]. *Int J Tuberc Lung Dis*, 2017, 21(6): 651-657. DOI: 10.5588/ijtld.16.0866.
- [47] Marais BJ, Nicol M, Zar HJ. Key advances and remaining challenges in childhood and adolescent tuberculosis[J]. *Paediatr Respir Rev*, 2020, 36: 25-26. DOI: 10.1016/j.prrv.2020.07.008.
- [48] Snow KJ, Sawyer SM, Denholm JT, et al. Explaining variation in the burden of child and adolescent tuberculosis[J]. *Eur Respir J*, 2019, 53(6):1901007. DOI: 10.1183/13993003.01007-2019.
- [49] 公共卫生科学数据中心. 传染病疾病——呼吸道传染病(甲乙类)肺结核[EB/OL]. [2023-09-14]. <https://www.phsciencedata.cn/Share/ky.sjml.jsp?id=f90892b6-c000-48fe-a73e-a4c6-db172385>.
- Public Health Sciences Data Center. Infectious diseases - respiratory infectious diseases (category A and B) tuberculosis[EB/OL]. [2023-09-14]. <https://www.phsciencedata.cn/Share/ky.sjml.jsp?id=f90892b6-c000-48fe-a73e-a4c6-db172385>.
- [50] 国家统计局. 主要统计指标解释[EB/OL]. [2022-10-01] [2023-09-14]. <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsjsj/2022/html/zb22.pdf>.
- National Bureau of Statistics. Interpretation of key statistical indicators[EB/OL]. [2022-10-01] [2023-09-14]. <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsjsj/2022/html/zb22.pdf>.