

· 疾病控制 ·

2009—2023年黄浦区肺结核流行特征和时空聚集性分析

凌红¹, 汪娜², 宋琴¹, 徐昊¹

1.上海市黄浦区疾病预防控制中心(上海市黄浦区卫生健康监督所), 上海 200023; 2.复旦大学公共卫生学院, 上海 200032

摘要: **目的** 分析2009—2023年上海市黄浦区肺结核流行特征和时空聚集特征, 为制定针对性的肺结核防制策略提供依据。**方法** 通过中国疾病预防控制中心结核病管理信息系统收集2009—2023年黄浦区肺结核病例登记资料, 包括性别、年龄、职业和病原学检测结果等, 计算登记发病率; 采用年度变化百分比(APC)和平均年度变化百分比(AAPC)分析肺结核登记发病率变化趋势; 采用核密度估计和平均最近邻方法分析空间分布模式, 采用时空扫描分析肺结核时空聚集特征。**结果** 2009—2023年黄浦区共登记肺结核病例2 726例, 登记发病率从2009年的31.20/10万下降至2023年的15.06/10万(AAPC=-6.156%, $P<0.05$); 其中2017—2023年下降速度较快(APC=-11.355%, $P<0.05$)。病原学阳性1 239例, 病原学阳性率由2009年的40.80%上升至2023年的71.05% ($P<0.05$)。男性肺结核病例1 906例, 女性820例, 男女比为2.32:1; 45~<60岁组和离退休人员病例较多, 分别为798和981例, 占29.27%和35.99%。时空聚集性分析结果显示, 2009—2016年、2017—2023年均存在空间聚集区域(均 $P<0.05$); 2009—2016年聚集区为黄浦区的中东部, 聚集时间为2012年; 2017—2023年聚集区为西南部, 聚集时间为2017年。**结论** 2009—2023年黄浦区肺结核登记发病率呈下降趋势, 2012年和2017年肺结核聚集区分别为黄浦区中东部和西南部。

关键词: 肺结核; 流行特征; 时空聚集

中图分类号: R521

文献标识码: A

文章编号: 2096-5087(2025)09-0937-04

Epidemiological characteristics and spatio-temporal clustering of pulmonary tuberculosis in Huangpu District from 2009 to 2023

LING Hong¹, WANG Na², SONG Qin¹, XU Hao¹

1.Huangpu District Center for Disease Control and Prevention (Huangpu District Institute of Public Health Supervision), Shanghai 200023, China; 2.School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200032, China

Abstract: Objective To analyze the epidemiological characteristics and spatial-temporal clustering characteristics of pulmonary tuberculosis in Huangpu District, Shanghai Municipality from 2009 to 2023, so as to provide the evidence for formulating targeted pulmonary tuberculosis prevention and control strategies. **Methods** Data of registered pulmonary tuberculosis cases in Huangpu District from 2009 to 2023, including gender, age, occupation, and pathogenetic test results, were collected from the Tuberculosis Management Information System of the China Disease Prevention and Control Information System. The registered incidence was calculated, and the trend was analyzed using the annual percent change (APC) and average annual percent change (AAPC). Spatial distribution pattern was analyzed using kernel density estimation and the average nearest neighbor methods. The temporal-spatial clustering characteristics of pulmonary tuberculosis were identified using the spatio-temporal scan analysis. **Results** A total of 2 726 pulmonary tuberculosis cases were registered in Huangpu District from 2009 to 2023. The registered incidence decreased from 31.20/10⁵ in 2009 to 15.06/10⁵ in 2023 (AAPC=-6.156%, $P<0.05$). A sharp declining trend was particularly observed from 2017 to 2023 (APC=-11.355%, $P<0.05$). Among them, 1 239 were pathogen-positive, and the pathogen positivity rate increased from 40.80% in 2009 to 71.05% in 2023 ($P<0.05$). There were 1 906 male cases and 820 female cases, with a male-to-female ratio of 2.32:1. There were 798 cases aged 45-<60 years and 981 retirees, accounting for 29.27% and 35.99%,

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2025.09.015

基金项目: 上海市黄浦区科委科研项目(HLM202438)

作者简介: 凌红, 硕士, 主管医师, 主要从事结核病防控工作

通信作者: 徐昊, E-mail: xh_tracey@163.com

respectively. Temporal-spatial clustering analysis revealed spatial clustering areas during both 2009–2016 and 2017–2023 (both $P < 0.05$). The clustering area for 2009–2016 was located in the central-eastern part of Huangpu District, with the clustering time in 2012. The clustering area for 2017–2023 was in the southwestern part, with the clustering time in 2017. **Conclusions** The registered incidence of pulmonary tuberculosis in Huangpu District showed a downward trend from 2009 to 2023. The spatial clustering areas were identified in the central-eastern part in Huangpu District in 2012 and the southwestern part in 2017.

Keywords: pulmonary tuberculosis; epidemiological characteristics; spatio-temporal clustering

肺结核是由结核分枝杆菌引起的一种慢性传染病，2023年上海市肺结核报告发病率为21.1/10万^[1]，距离世界卫生组织提出的“到2035年终结结核病流行”的目标^[2]仍存在明显差距。黄浦区作为人口密集、流动性高、居住环境复杂的中心城区，为肺结核传播提供了有利条件。研究表明，肺结核发病具有空间聚集特征^[3]，系统分析其空间分布模式与时空动态变化，对识别重点区域、实施精准化防控具有重要意义。自2009年起，上海市肺结核病例实行现住址属地化管理，本研究基于2009—2023年黄浦区肺结核登记病例资料，采用Joinpoint回归模型与时空扫描分析相结合的方法，分析其流行特征和时空聚集特征，为制定针对性的肺结核防控策略提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

2009年1月1日—2023年12月31日黄浦区肺结核病例登记资料来源于中国疾病预防控制中心信息系统结核病管理信息系统。人口资料来源于上海统计年鉴，卢湾区于2011年并入黄浦区，本研究2009—2011年人口数为卢湾区与黄浦区人口数之和。黄浦区矢量地图来源于上海市地理信息公共服务平台，通过MapLocation平台(<https://maplocation.sjfkai.com>)批处理转换经纬度坐标。

1.2 方法

1.2.1 资料收集

收集性别、年龄、现住址、职业、登记日期、诊断结果和病原学检测结果等资料，计算登记发病率和病原学阳性登记发病率，描述性分析人群分布特征。参照WS 196—2017《结核病分类》^[4]，同时考虑本研究时间范围，本研究定义的肺结核不包括结核性胸膜炎。参照WS 288—2017《肺结核诊断》^[5]，病原学阳性包括痰涂片、痰培养或分子生物学检测1项或多项阳性。

1.2.2 Joinpoint 回归模型分析

采用Joinpoint回归模型分析2009—2023年黄浦区肺结核登记发病率趋势，采用置换检验确定该模型

中差异有统计学意义的趋势变化拐点，本研究限制最多3个拐点。使用对数线性模型拟合数据，计算年度变化百分比(annual percent change, APC)和平均年度变化百分比(average annual percent change, AAPC)。APC反映各分段区间的变化趋势， $APC < 0$ 表示肺结核登记发病率呈下降趋势， $APC > 0$ 则表示肺结核登记发病率呈上升趋势；若无拐点则 $APC = AAPC$ ，呈单调递增或递减。

1.2.3 空间分布模式分析

采用ArcGIS 10.8.1软件分析空间分布模式，基于核密度估计法分析肺结核病例的空间分布模式。该方法基于病例地理坐标数据计算其空间密度分布，并通过热图进行可视化，以直观反映黄浦区肺结核的聚集区域。进一步采用平均最近邻方法检验空间聚集的显著性，以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

1.2.4 时空扫描分析

采用SaTScan 10.1软件对2009—2023年黄浦区肺结核登记病例进行时空动态窗口扫描。选择回顾性时空扫描分析模型，基于Bernoulli分布构建统计量。采用R 4.3.1软件sp程序包，基于空间随机抽样方法从未发病人群中按1:1比例随机选取对照。设置最大空间扫描范围为总人群的20%，最大时间扫描范围为研究时间的20%。通过比较扫描窗口内外的病例数与对照数，计算对数似然比(log likelihood ratio, LLR)。采用999次蒙特卡罗模拟进行显著性检验，差异有统计学意义($P < 0.05$)的聚集区中LLR值最大为I类聚集区。

1.3 统计分析

采用Excel 2010软件整理数据。采用Joinpoint Regression Program 4.8.0软件计算APC值和AAPC值。定性资料采用相对数描述，病原学阳性率的变化趋势分析采用趋势 χ^2 检验。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 2009—2023年黄浦区肺结核流行概况

2009—2023年黄浦区共登记肺结核病例2 726例，年均登记发病率为21.08/10万，登记发病率从

2009 年的 31.20/10 万下降至 2023 年的 15.06/10 万，总体呈下降趋势（AAPC=-6.156%， $t=-4.232$ ， $P<0.001$ ）；其中 2009—2017 年未见明显变化趋势（APC=-2.057%， $t=-1.213$ ， $P=0.253$ ），2017—2023 年下降速度较快（APC=-11.355%， $t=-4.540$ ， $P=0.001$ ）。病原学阳性 1 239 例，年均病原学阳性率为 45.45%，年均病原学阳性登记发病率为 9.58/10 万；2009—2023 年病原学阳性率呈上升趋势（ $\chi^2_{趋势}=88.472$ ， $P<0.001$ ）。见表 1。病原学阴性 1 481 例，无病原学检测结果 6 例。

表 1 2009—2023 年黄浦区肺结核登记发病情况
Table 1 Registration incidence of pulmonary tuberculosis in Huangpu District from 2009 to 2023

年份	人口数/万人	登记病例数	登记发病率/（1/10 万）	病原学阳性肺结核		
				登记病例数	病原学阳性率/%	登记发病率/（1/10 万）
2009	80.14	250	31.20	102	40.80	12.73
2010	67.84	250	36.85	98	39.20	14.45
2011	68.04	236	34.69	105	44.49	15.43
2012	70.48	211	29.94	68	32.23	9.65
2013	69.16	255	36.87	76	29.80	10.99
2014	68.20	230	33.72	83	36.09	12.17
2015	65.86	185	28.09	71	38.38	10.78
2016	65.62	200	30.48	103	51.50	15.70
2017	65.48	197	30.09	100	50.76	15.27
2018	65.38	155	23.71	85	54.84	13.00
2019	65.08	145	22.28	98	67.59	15.06
2020	65.85	146	22.17	81	55.48	12.30
2021	58.21	121	20.79	62	51.24	10.65
2022	50.78	69	13.59	53	76.81	10.44
2023	50.47	76	15.06	54	71.05	10.70

2.2 人群分布特征

男性肺结核病例 1 906 例，女性 820 例，男女比为 2.32：1。45~<60 岁组病例最多，798 例占 29.27%；其次为 15~<30 岁和 60~<75 岁组，分别为 637 和 530 例，占 23.37% 和 19.44%；0~<15 岁组最少，22 例占 0.81%。离退休人员 981 例，占 35.99%；家务及待业 612 例，占 22.45%；工人 133 例，占 4.88%，学生 103 例，占 3.78%。

2.3 时空聚集特征

空间分布模式分析结果显示，2009—2016 年黄浦区中东部、北部和西南部核密度较高，2017—2023 年中部、西南部核密度较高；2009—2016 年（ $Z=-40.746$ ）和 2017—2023 年（ $Z=-23.289$ ）黄浦区肺结核登记病例的空间聚集性有统计学意义（均 $P<0.001$ ）。时空扫描分析结果显示，2009—2016 年的聚集区主要位于黄浦区中东部，聚集时间为 2012 年（ $RR=1.599$ ， $LLR=13.841$ ， $P=0.012$ ）；2017—2023 年的聚集区主要位于西南部，聚集时间为 2017 年（ $RR=1.570$ ， $LLR=12.554$ ， $P=0.020$ ）。

3 讨论

本研究采用 Joinpoint 回归模型分析、核密度估计、平均最近邻方法、时空扫描分析和流行病学相结合的方法分析 2009—2023 年黄浦区肺结核流行特征和时空分布特征，为识别高风险聚集区域、制定精准防控措施提供依据。结果显示，2009—2023 年黄浦区肺结核年均登记发病率为 21.08/10 万，低于全国^[6]和上海市^[7]的平均水平。肺结核登记发病率总体呈下降趋势，与重庆市研究结果^[8]一致。2017—2023 年肺结核登记发病率下降趋势明显，一方面可能因为 2017 年《“十三五”全国结核病防治规划》^[9]、2019 年《遏制结核病行动计划（2019—2022 年）》^[10]发布，通过规范诊疗、加强病例管理和重点人群防控，显著推动了登记发病率的下降；另一方面，新型冠状病毒感染全球大流行对肺结核的发现和治理产生了影响^[11]。病原学阳性率由 2009 年的 40.80% 上升至 2023 年的 71.05%，与分子生物学诊断技术普及、分子实验室网络建设逐步完善有关。

2009—2023年黄浦区男性肺结核病例数是女性的2.32倍,与其他研究结果^[12]类似,可能因为男性更易暴露于吸烟、酗酒和特殊职业等肺结核危险因素^[13]。中老年人、离退休人员病例较多,可能因为随着年龄增长,免疫功能下降、基础疾病增多,增加了肺结核感染风险^[14],也可能与潜伏结核分枝杆菌的内源性复燃有关。提示老年人仍是黄浦区肺结核防控的重点人群。

时空扫描分析结果显示,肺结核病例聚集区主要为黄浦区的中东部和西南部,聚集时间分别为2012年和2017年。该区域经济水平高,医疗资源丰富,全面覆盖痰培养、分子检测等病原学诊断技术,病例发现率较高;同时,黄浦区中东部人口密度高,存在较多老城厢、棚户区等高密度居住区,居住环境较差,西南部人口流动性大,导致肺结核传播风险较高^[15]。建议推进老旧小区改造,改善中东部居民居住环境,加强社区和医院随诊健康教育,增强肺结核防控意识。

综上所述,2009—2023年黄浦区肺结核登记发病率总体呈下降趋势,男性、≥45岁中老年人和离退休人员是肺结核防控重点人群。肺结核流行具有时空聚集性,需进一步加强对老城厢、棚户区等高密度居住区和人口流动性较大的重点区域的肺结核防控工作。

参考文献

- [1] 上海市卫生健康委员会. 你我共同努力终结结核流行 [EB/OL]. [2025-08-15]. <https://wsjkw.sh.gov.cn/gzdt1/20240325/b4ccfc20ff6b46bfac111014d72f1ee0.html>.
- [2] World Health Organization. The end TB strategy [EB/OL]. [2025-08-15]. <https://www.who.int/teams/global-programme-on-tuberculosis-and-lung-health/the-end-tb-strategy>.
- [3] 陈云鹏,倪敏东,贺天锋,等. 2015—2020年宁波市肺结核疫情时空聚集性分析 [J]. 预防医学, 2022, 34 (4): 375-379.
CHEN Y P, NI M D, HE T F, et al. Spatio-temporal clustering analysis of pulmonary tuberculosis in Ningbo City from 2015 to 2020 [J]. China Prev Med J, 2022, 34 (4): 375-379. (in Chinese)
- [4] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 结核病分类: WS 196—2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Classification of tuberculosis: WS 196—2017 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. (in Chinese)
- [5] 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 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Diagnosis for pulmonary tuberculosis: WS 288—2017 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. (in Chinese)
- [6] 王歆尧,姜美丽,庞元捷,等. 中国结核病疾病负担现状 [J]. 中华流行病学杂志, 2024, 45 (6): 857-864.
WANG X R, JIANG M L, PANG Y J, et al. Current status of tuberculosis burden in China [J]. Chin J Epidemiol, 2024, 45 (6): 857-864. (in Chinese)
- [7] 王雅婷,朋文佳,苏华林,等. 上海市 2013—2020 年肺结核病例时空特征及影响因素分析 [J]. 中华流行病学杂志, 2023, 44 (8): 1231-1236.
WANG Y T, PENG W J, SU H L, et al. Spatial-temporal characteristics and influencing factors of pulmonary tuberculosis cases in Shanghai from 2013 to 2020 [J]. Chin J Epidemiol, 2023, 44 (8): 1231-1236. (in Chinese)
- [8] YU Y M, WU B, WU C G, et al. Spatial-temporal analysis of tuberculosis in Chongqing, China 2011-2018 [J/OL]. BMC Infect Dis, 2020, 20 [2025-08-15]. <https://doi.org/10.1186/s12879-020-05249-3>.
- [9] 中华人民共和国国务院. “十三五”全国结核病防治规划 [EB/OL]. [2025-08-15]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/16/content_5168491.htm.
- [10] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 关于印发遏制结核病行动计划 (2019—2022 年) 的通知 [EB/OL]. [2025-08-15]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s3589/201906/b30ae2842c5e4c9ea2f9d5557ad4b95f.shtml>.
- [11] 沈鑫,沙巍,刘剑君. 新型冠状病毒肺炎疫情对结核病防控的影响及对策 [J]. 中国防痨杂志, 2020, 42 (6): 544-548.
SHEN X, SHA W, LIU J J. Impact of coronavirus disease 2019 (COVID-19) on tuberculosis control and countermeasures in China [J]. Chin J Antituberc, 2020, 42 (6): 544-548. (in Chinese)
- [12] 张琳,杜昕,马煜,等. 2016—2021 年陕西省肺结核流行特征分析 [J]. 预防医学, 2024, 36 (8): 706-709.
ZHANG L, DU X, MA Y, et al. Epidemiological characteristics of pulmonary tuberculosis in Shaanxi Province from 2016 to 2021 [J]. China Prev Med J, 2024, 36 (8): 706-709. (in Chinese)
- [13] HERTZ D, SCHNEIDER B. Sex differences in tuberculosis [J]. Semin Immunopathol, 2019, 41 (2): 225-237.
- [14] 赵倩颖,王慧,李锦成,等. 2013—2022 年扬州市老年人群肺结核流行特征 [J]. 预防医学, 2025, 37 (3): 276-279.
ZHAO Q Y, WANG H, LI J C, et al. Epidemiological characteristics of pulmonary tuberculosis among the elderly in Yangzhou City from 2013 to 2022 [J]. China Prev Med J, 2025, 37 (3): 276-279. (in Chinese)
- [15] 王怡璐,沈福杰,舒敏,等. 上海市黄浦区流感发病的人群及时空分布特征 [J]. 环境与职业医学, 2021, 38 (4): 408-413.
WANG Y J, SHEN F J, SHU M et al. Demographic and spatial-temporal distributions of influenza cases in Huangpu District, Shanghai [J]. J Environ Occup Med, 2021, 38 (4): 408-413. (in Chinese)

收稿日期: 2025-04-21 修回日期: 2025-08-15 本文编辑: 高碧玲