

# 2004—2016 年我国结核病流行的时空特征分析

汪业胜 王建美 王伟炳

复旦大学公共卫生学院流行病学教研室 公共卫生安全教育部重点实验室, 上海 200032

通信作者: 王伟炳, Email: wwb@fudan.edu.cn

**【摘要】** 目的 分析 2004—2016 年我国结核病登记病例的时空分布特征, 探测聚集区域, 为结核病防控提供理论依据。方法 利用 ArcGIS 10.0 软件作为数据管理和呈现的平台, 建立我国 2004—2016 年结核病空间分析数据库, 对结核病疫情进行空间自相关分析, 采用 SaTScan 9.6 软件进行时空扫描分析。结果 2004—2016 年全国共登记结核病病例 13 157 794 例, 全国年均登记率为 75.90/10 万 (27.95/10 万 ~ 180.82/10 万)。全局空间自相关结果显示结核病发病呈聚集性分布, 局部 Moran's  $I$  自相关分析结果表明, 新疆、西藏、贵州、广西和海南 (省、自治区) 为高-高聚集区域, 北京、河北、天津、山东、江苏、上海 (省、直辖市) 为低-低聚集区域; 局部  $G$  统计量热点分析结果显示, 全国结核病疫情存在 15 个“热点”区域, 其中 3 个“正热点”区域分别为新疆、西藏和海南 (省、自治区), 12 个“负热点”区域分别为北京、天津、辽宁、内蒙古、河北、山东、江苏、安徽、上海、山西、河南和吉林 (省、自治区、直辖市)。利用 SaTScan 9.6 软件进行分阶段时空扫描分析, 3 个阶段共探测出 12 个聚集区域, 每个聚集区域差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。结论 2004—2016 年我国结核病疫情呈现逐年下降的趋势, 各省 (自治区、直辖市) 的年均登记率并非随机分布, 呈明显的空间聚集性, 分阶段时空扫描聚集区域逐渐减少, 结核病防治工作取得一定进展, 但高风险地区仍持续存在, 需重点关注并采取针对性防控措施。

**【关键词】** 结核病; 地理信息系统; 空间自相关分析; 时空分析

**基金项目:** 国家科技重大专项 (2017ZX10201302); 国家自然科学基金 (81673233)

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20190614-00441

## Temporal-spatial distribution of tuberculosis in China, 2004–2016

Wang Yesheng, Wang Jianmei, Wang Weibing

Department of Epidemiology, School of Public Health, Key Laboratory of Public Health Safety, Ministry of Education, Fudan University, Shanghai 200032, China

Corresponding author: Wang Weibing, Email: wwb@fudan.edu.cn

**【Abstract】** **Objective** To analyze the spatial distribution pattern and the cluster spots of tuberculosis (TB) patients in China from 2004 to 2016, so as to provide evidence for prevention and control of the disease. **Methods** Using ArcGIS 10.0 software as a platform for data management and presentation, a TB spatial analysis database from 2004 to 2016 was established, and spatial autocorrelation analysis was performed based on the TB epidemics. SaTScan 9.6 software was used for spatiotemporal scanning analysis. **Results** From 2004 to 2016, a total of 13 157 794 cases of pulmonary tuberculosis were registered in China, with the mean annual registered incidence rate as 75.90/100 000 (range: 27.95/100 000–180.82/100 000). Through Global spatial autocorrelation studies, the results showed that the distribution of TB incidence was somehow clustered. The result of local Moran's  $I$  autocorrelation analysis showed that Xinjiang, Tibet, Guizhou, Guangxi, Hainan provinces were high-high cluster areas, and Beijing, Hebei, Tianjin, Shandong, Jiangsu, and Shanghai provinces were low-low cluster areas. Result from the Getis-Ord General  $G$  spatial autocorrelation analysis showed the existence of fifteen “hot spot” regions, of which three “positive hot spots” were Xinjiang, Tibet, and Hainan provinces, and twelve “negative hot spots” were Beijing, Tianjin, Liaoning, Inner Mongolia, Hebei, Shandong, Jiangsu, Anhui, Shanghai, Shanxi, Henan, Jilin provinces. Using the SaTScan 9.6 software, results from the Phased spatial-temporal analysis identified twelve cluster areas, with statistical significances ( $P < 0.05$ ) among them. **Conclusions** From 2004 to 2016, tuberculosis epidemics showed an annual downward trend in China. The average annual rates of notification among

provinces were not randomly distributed, showing the existence of obvious spatial aggregation. Numbers of areas with clustering nature that noticed through the temporal and spatial scanning technics had gradually decreased. At the same time, progress had been made in TB control programs, despite the existence of high-risk areas. Development of more strict and targeted prevention and control measures are called for.

**【Key words】** Tuberculosis; Geographic information system; Spatial autocorrelation analysis; Spatial-temporal analysis

**Fund programs:** National Science and Technology Major Project of China (2017ZX10201302); National Natural Science Foundation of China (81673233)

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20190614-00441

目前结核病仍是全球重要的公共卫生问题, WHO最新发布的《2018年全球结核病报告》显示, 我国仍为全球30个结核病高负担国家之一, 每年新发结核病患者约90万例, 位居世界第3位<sup>[1]</sup>。结核病的发病与所处区域的地理、经济、人口环境等因素存在联系, 其传播具有空间聚集性分布的特点<sup>[2]</sup>。因此, 研究结核病的空间分布特征与流行趋势, 对做好结核病的预防和控制具有重要意义。地理信息系统(GIS)是以地理空间数据库为基础, 在计算机硬、软件系统支持下, 对空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统<sup>[3]</sup>。利用地理信息系统, 可以很方便地描述和分析人群疾病、健康和卫生事件的时空分布规律, 探索影响特定人群健康状况的因素, 为疾病的防治、健康的促进及卫生服务提供帮助<sup>[4]</sup>。本研究采用GIS技术及时空扫描分析方法, 对2004—2016年我国省级结核病登记情况的分布和聚集情况进行分析, 为进一步研究结核病危险因素及制定防治策略提供依据。

## 资料与方法

1. 资料来源: 2004—2016年全国结核病登记报告资料来源于公共卫生科学数据中心(<http://www.phsciencedata.cn/Share/index.jsp>), 该数据库收集了自2004年传染病网络直报以来的全部结核病数据, 包括培阳、涂阳、涂阴、未查痰、菌阴结核病患者数。2004—2016年分省份人口数据来源于国家统计局《中国统计年鉴》。分别将各省(直辖市、自治区)当年结核病登记病例数和总人口数作为分子和分母计算结核病登记率。以全国省级矢量地图(1:100万)作为基础地图, 以属性数据库中的编号为参照, 为图层中的每个省(直辖市、自治区)建立相同的编号, 将整理的结核病登记报告资料与基础地图上的编号进行关联与匹配, 从而建立完整的空间分析数据库。

### 2. 研究方法:

(1)空间自相关分析: 采用全局Moran's  $I$  指数

和局部Moran's  $I$  指数来探讨研究区域内结核病的空间自相关性<sup>[5]</sup>。根据全国省级行政区划地理相邻关系, 利用基于反距离的空间概念化方法生成空间权重矩阵, 在定义好的权重矩阵基础上, 应用ArcGIS 10.0软件, 计算全局Moran's  $I$  指数和局部Moran's  $I$  指数<sup>[6]</sup>。Moran's  $I$  是一种应用广泛的空间自相关统计量,  $I$  值在-1到1之间,  $I > 0$  为正相关, 数值越大表示空间分布的相关性越大, 即空间上聚集分布的现象越明显;  $I < 0$  为负相关, 数值越小表示相关性越小,  $I$  趋于0时, 代表空间分布呈现随机分布。对于Moran's  $I$  的统计学检验, 通常采用随机条件下近似正态分布的检验统计量 $Z$ 值, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义<sup>[7]</sup>。全局空间自相关从总体上分析研究对象是否呈现聚集分布, 局部空间自相关描述了各省(直辖市、自治区)与其周围临近省(直辖市、自治区)结核病发病的相关性, 明确具体聚集区域及聚集模式<sup>[8]</sup>。

(2)热点分析Getis-Ord  $G$ : 利用全局 $G$ 统计量探测整个研究范围内结核病发病是否存在“正热点”或“负热点”, 当 $G > 0$ 且 $P < 0.05$ 时, 提示研究范围内存在高值聚集区域; 当 $G < 0$ 且 $P < 0.05$ 时, 提示研究范围内存在低值聚集区域<sup>[9]</sup>。利用局部 $G$ 统计量来判断各省(直辖市、自治区)与邻近省(直辖市、自治区)是否有统计学意义的高值聚集区域或低值聚集区域, 当 $Z > 1.96$ , 提示空间单元 $i$ 及其周围存在高值聚集区域; 当 $Z < -1.96$ 时, 提示空间单元 $i$ 及其周围存在低值聚集区域<sup>[10]</sup>。

(3)时空扫描分析: 为了更加准确地描述结核病登记率时空聚集性分布的特点, 在空间自相关分析的基础上, 根据我国结核病防治规划周期, 将2004—2016年划分为2004—2005、2006—2010和2011—2016年3个阶段<sup>[11]</sup>, 采用SaTScan 9.6软件进行聚集性分析, 采用ArcGIS 10.0软件对结果进行可视化<sup>[12]</sup>, 对2004—2016年全国31个省(直辖市、自治区)结核病登记报告数据进行空间分布可视化分析, 结合一定的专业判断, 对相近的登记水平进行最优

分组,并将各组间的差别最大化,在 ArcGIS 10.0 软件桌面窗口 ArcMap 中使用自然分割法划分各省结核病年均登记率,选用等级划分,以颜色由浅到深表示登记率从低到高。SaTScan 9.6 软件是以空间动态窗口扫描统计为基础,应用一系列扫描圆探测研究区域中疾病的空间聚集性,窗口的大小和位置处于动态变化之中,通过计算不同动态窗口区域内与动态窗口区域外空间单元属性的对数似然比(log likelihood ratio, *LLR*)进行统计学推断,将扫描圆的 *LLR* 由大到小排列, *LLR* 值越大且差异有统计学意义,表示该窗口下所含区域是最有可能存在聚集性的区域<sup>[13]</sup>。其中,第一聚集区域的 *LLR* 值最大,第二聚集区域较第一聚集区域的 *LLR* 值小,说明其成为空间聚集区域的可能性较第一聚集区域小。本研究的时空扫描分析采用 SaTScan 9.6 软件中的 Poisson 分布模型,扫描聚类的形式为高值聚类,蒙特卡罗模拟检验次数设置为 999,时间聚类间隔设置为 1 年<sup>[14]</sup>。

### 结 果

1. 结核病登记病例的空间分布:2004—2016 年全国登记报告的结核病病例 13 157 794 例,全国年均登记率为 75.90/10 万(27.95/10 万~180.82/10 万)。各省(直辖市、自治区)的肺结核年均登记率以新疆和贵州最高,被划分在第五等级;天津、上海、山东和北京最低,被划分在第一等级;其他大部分省(直辖市、自治区)的登记水平位于第二和第三等级。总的来看,2004—2016 年全国结核病发病情况由西向东逐渐降低,东部地区年均登记率低于西部地区,在南北分布上呈现先下降后上升的趋势。见图 1。

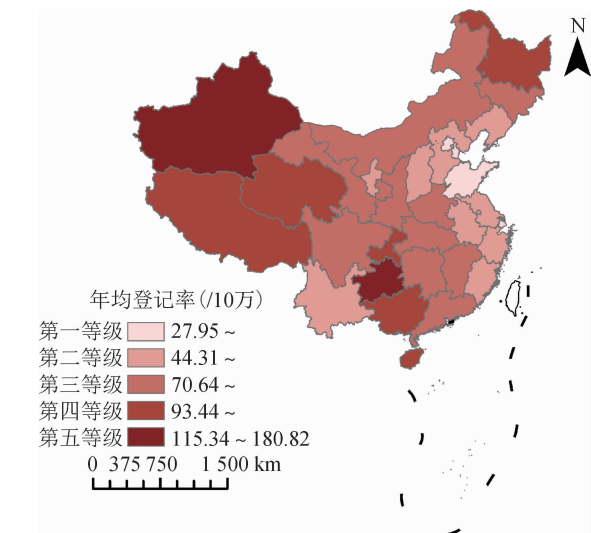


图1 2004—2016年全国结核病年均登记率的空间分布

### 2. 空间自相关分析:

(1)全局空间自相关分析:2004—2016 年全国结核病登记率 Moran's *I* 全局空间自相关分析结果显示,每年的 Moran's *I* 指数均 > 0.000, 均 *P* < 0.001, 在区域范围内的自相关关系均有统计学意义,提示全国结核病登记率存在空间正相关关系(表 1)。

表1 2004—2016年我国结核病登记率的全局空间自相关分析结果

年份	Moran's <i>I</i> 指数	Z 值	<i>P</i> 值
2004	0.367	5.162	<0.001
2005	0.387	5.481	<0.001
2006	0.367	5.288	<0.001
2007	0.385	5.523	<0.001
2008	0.328	4.785	<0.001
2009	0.367	5.326	<0.001
2010	0.399	5.704	<0.001
2011	0.410	5.815	<0.001
2012	0.365	5.299	<0.001
2013	0.371	5.362	<0.001
2014	0.365	5.306	<0.001
2015	0.344	5.032	<0.001
2016	0.319	4.725	<0.001

(2)局部空间自相关分析:局部 Local Moran's *I* 自相关分析结果显示(图 2),全国结核病存在空间聚集,其中新疆、西藏、贵州、广西和海南省(自治区)为高-高聚集区域,北京、河北、天津、山东、上海、江苏省(直辖市)为低-低聚集区域。

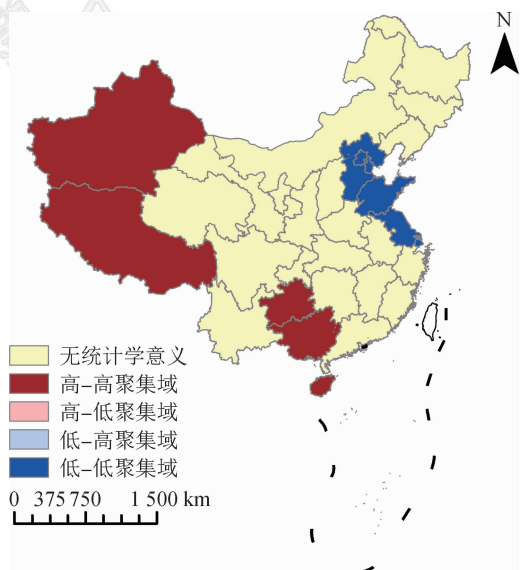
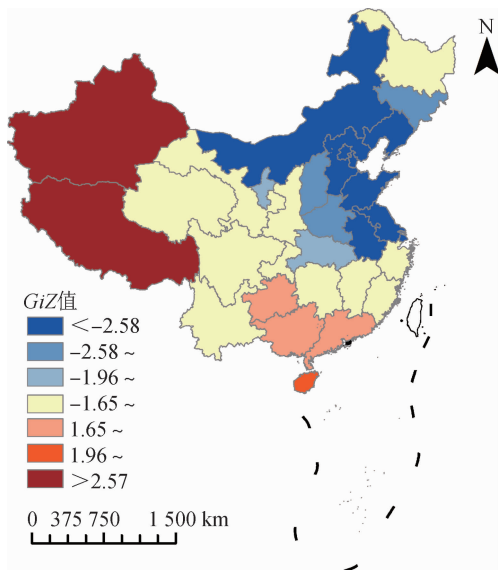


图2 2004—2016年全国结核病年均登记率的局部空间自相关分析

(3)全局热点分析和局部热点分析:全局热点分析 Getis-Ord General *G* 结果表明,全国结核病年均登

记率的 General  $G$  指数 = 0.000 001,  $Z = -2.328 005$ ,  $P = 0.019 912$ , 提示结核病发病在区域范围内相关关系有统计学意义, 存在“热点”区域。局部热点分析结果显示, 全国结核病发病局部自相关存在 15 个“热点”区域, 其中 3 个“正热点”区域分别为新疆、西藏、海南省(自治区), 与周围区域疾病分布呈高高相邻, 即疾病高发区; 12 个“负热点”区域分别为北京、天津、辽宁、内蒙古、河北、山东、江苏、安徽、上海、山西、河南、吉林省(直辖市、自治区), 即疾病低发区(图 3)。



注:  $G_iZ$  表示  $G_i$  统计量的  $Z$  得分

图 3 2004—2016 年全国结核病年均登记率的局部热点分析

3. 时空扫描分析: 对 2004—2016 年全国结核病登记病例进行分阶段时空扫描分析, 3 个阶段共发现 12 个聚集区域, 每个聚集区域差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。3 个阶段结核病登记病例的聚集范围无明显变化, 第一级聚集区域在 2006—2010 和 2011—2016 年这 2 个阶段范围最大, 涉及 13 个省(直辖市、自治区), 主要分布在西南地区; 二聚集区域和三聚集区域的范围主要分布在我国东北地区。与前两个阶段相比, 第 3 阶段我国结核病登记病例的聚集区域有所减少, 由原有的 5 个聚集区域减少到 3 个。整体上来看, 我国结核病登记病例聚集区域仍位于西南部和东北部地区(图 4 和表 2)。

### 讨 论

精确分析传染病空间分布特征, 可探索疾病病因及其影响因素, 提出有效的防治措施<sup>[8]</sup>。GIS 可以

很好地利用其空间分析技术从时间和空间角度找出传染病的时空分布规律, 探索传染病病因和确定高发地区即传染病的“热点区域”<sup>[15-16]</sup>。在结核病的传播过程中, 时间、空间和媒介 3 个要素至关重要, 而媒介又与地理环境和社会因素密切相关, 因此, 结核病在不同的环境的影响下, 其分布状态也表现出一定的空间异质性<sup>[17]</sup>。本研究在省级水平对 2004—2016 年全国结核病登记病例进行时空特征分析, 年均登记率空间分布图显示北京、天津、山东省(直辖市)及东南沿海地区结核病登记率相对较低, 西北及西南和东北部分地区结核病登记率相对较高, 疫情分布呈现两极分化的情况, 究其原因, 登记率高的地区其经济水平相对较低, 医疗制度设施不完善, 而东部沿海地区经济发达, 人口受教育程度和相关防病知识普及度高。

全局 Moran's  $I$  自相关分析结果表明, 2004—2016 年我国结核病年均登记率并非随机分布, 整体上存在较强的空间聚集性。进一步局部空间自相关分析显示: 登记率高-高聚集区域主要集中在新疆、西藏、贵州、广西和海南 5 个省份, 提示应加强对这些地区的结核病防控。北京、天津、河北、山东、江苏、上海为低-低聚集区域。局部热点分析显示新疆、西藏、海南为“正热点”区域, 北京、天津、上海、江苏、山东等为“负热点”区域。由此可见, 区域经济水平直接影响了结核病的流行和控制。高风险聚集区域主要集中在西部地区, 当地地理环境、经济状况、人口特征、生产生活方式以及风俗习惯也可能是结核病登记的影响因素。

空间自相关分析可以确定地区周围是否有局部聚集性的存在, 但是不能确定聚集的大小和范围, 时空扫描分析弥补了这一缺点<sup>[18]</sup>。本研究应用分阶段时空扫描分析, 共发现 12 个聚集区域, 虽然在 3 个阶段第一聚集区域热点地区持续存在, 但仅在 2014 年之前出现空间和时间的高发聚集, 说明近年来结核病的传播在一定程度上得到了有效控制。其中有 9 个聚集区域的聚集时间都集中在前两个阶段, 这段时间的高水平可能与落实全国结核病防治的政策有关, 《全国结核病防治规划(2001—2010 年)》提出<sup>[19]</sup>, 新涂阳肺结核患者发现率  $\geq 70\%$ , 从国家到各个省份均加大了对结核病防治的力度<sup>[20]</sup>。另外, 分阶段时空扫描分析还发现 3 个阶段的聚集区域数量存在逐渐减少的趋势, 第三阶段的聚集区域较前一阶段下降明显, 此结果说明我国结核病总体负担在下降, 结核病防治工作取得一定进展, 但是从聚集区

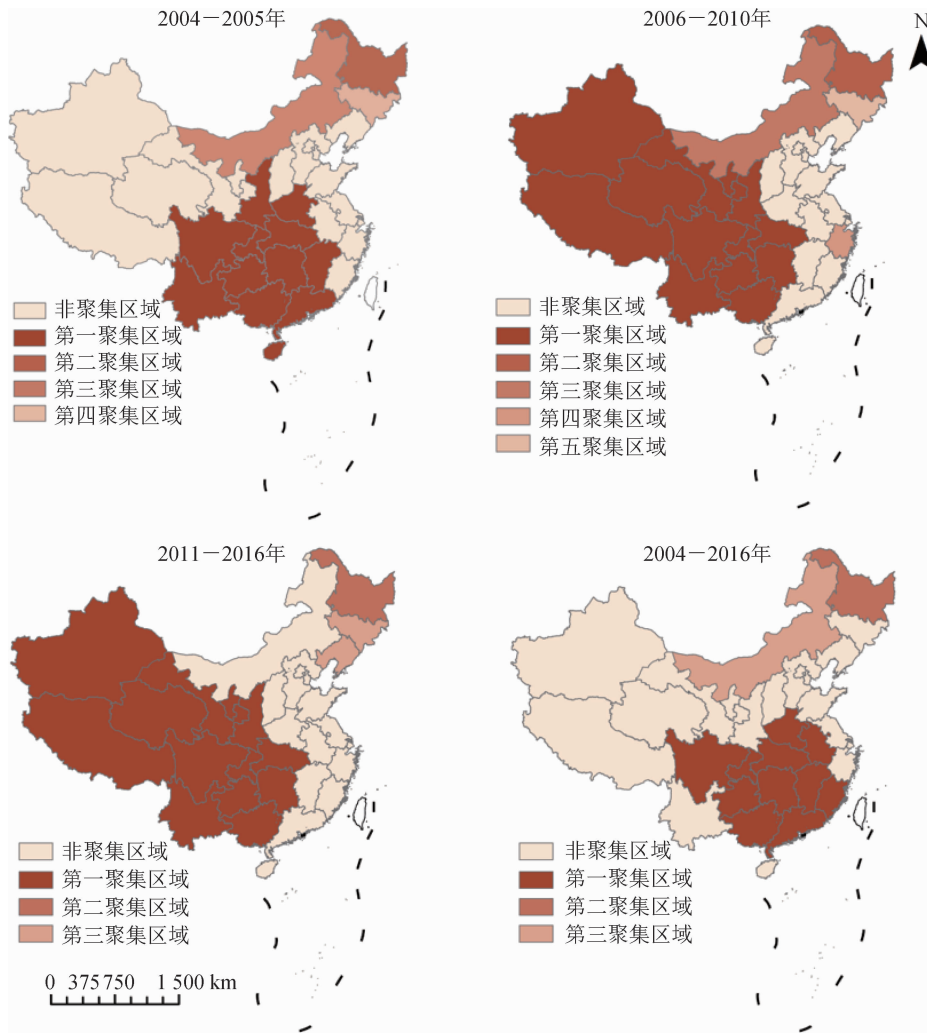


图 4 2004—2016 年我国结核病时空扫描聚集区域范围

表 2 2004—2016 年我国各时间阶段结核病登记病例时空扫描聚集性分析

时间阶段 (年)	聚集区域	省(直辖市、自治区)	聚集时间 (年)	登记病例数	预计病例数	RR 值	LLR 值	P 值
2004—2005	一级	陕西、河南、湖北、江西、湖南、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南	2005	729 864	549 170	1.49	36 999.26	<0.001
	二级	黑龙江	2005	48 182	33 100	1.47	3 060.14	<0.001
	三级	内蒙古	2005	25 703	20 683	1.25	570.79	<0.001
	四级	吉林	2005	27 111	23 534	1.15	261.96	<0.001
2006—2010	一级	湖北、湖南、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆	2007—2008	1 034 486	781 280	1.40	44 076.13	<0.001
	二级	黑龙江	2006—2007	82 330	64 989	1.27	2 159.08	<0.001
	三级	内蒙古	2006—2007	43 198	40 679	1.06	77.04	<0.001
	四级	浙江	2006	43 467	41 736	1.04	35.69	<0.001
2011—2016	五级	吉林	2009	23 891	23 249	1.03	8.83	0.010
	一级	湖北、湖南、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆	2011—2013	1 227 922	920 993	1.43	57 021.42	<0.001
	二级	黑龙江	2012—2014	102 210	76 575	1.34	3 940.86	<0.001
	三级	辽宁、吉林	2011—2012	101 696	94 938	1.07	239.32	<0.001

注:LLR:对数似然比

域覆盖地区来看,在西部、南部和东北部地区,其疾病负担仍较为严重且集中。

本研究收集了自 2004 年传染病网络直报以来

的全部结核病登记数据,首先采用全局自相关分析从区域整体探究疾病空间数据具有聚集性,继而应用局部自相关分析和局部热点分析确定高发的聚集

区域和“热点”区域,最后根据我国结核病防治规划周期划分阶段采取时空扫描分析确定聚集的时间和范围,将 3 种方法联合使用,层层深入,使结果更加系统和全面,揭示了 2004—2016 年全国结核病登记病例的时空分布特征和浅层原因,对结核病的预防和控制具有重要意义。

本研究存在不足,所用数据未能具体到地市/区县一级,仅以省级为单位探讨结核病登记率的时空分布特征,因研究空间尺度较大不够精确,不同省(直辖市、自治区)对结核病登记报告的工作力度和质量存在一定的差别,存在空间变异无法分析。后续研究应采用更小的研究尺度,针对不同地区建立不同模型来探讨结核病产生空间自相关和聚集的根本原因,为制定各省(直辖市、自治区)结核病的防控策略提供更加全面和针对性的指导依据。

综上所述,2004—2016 年我国结核病疫情呈现逐年下降的趋势,各省(自治区、直辖市)年均登记率并非随机分布,呈明显的空间聚集性,分阶段时空扫描聚集区域逐渐减少,结核病防治工作取得一定进展,但高风险地区仍持续存在,需重点关注并采取针对性防控措施。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

[1] World Health Organization. Global tuberculosis report 2018[M]. Geneva: World Health Organization, 2018.

[2] 李新旭,周晓农,王黎霞. 结核病空间分布特征及影响因素研究进展[J]. 中国公共卫生, 2014, 30(1): 102-106. DOI: 10.11847/zgggws2014-30-01-31.

Li XX, Zhou XN, Wang LX. Research progress on the spatial distribution characteristics and influencing factors of tuberculosis [J]. Chin J Public Health, 2014, 30(1): 102-106. DOI: 10.11847/zgggws2014-30-01-31.

[3] Kim D, Zhang Y, Lee CK. Understanding needs and barriers to using geospatial tools for public health policymaking in China [J]. Geospat Health, 2018, 13(1): 594. DOI: 10.4081/gh.2018.594.

[4] 吴晨,黄学敏. 地理信息系统在公共卫生领域的应用[J]. 浙江预防医学, 2008(1): 68-69. DOI: 10.19485/j.cnki.issn1007-0931.2008.01.047.

Wu C, Huang XM. Application of GIS in the field of public health [J]. Zhejiang Prev Med, 2008(1): 68-69. DOI: 10.19485/j.cnki.issn1007-0931.2008.01.047.

[5] 唐益,龚德华,白丽琼,等. 湖南省 2003—2011 年活动性肺结核患者登记的空间分析[J]. 中国防痨杂志, 2012, 34(12): 764-767.

Tang Y, Gong DH, Bai LQ, et al. Spatial analysis on the active pulmonary tuberculosis patients registered between 2003 and 2011 in Hunan province [J]. Chin J Antituberc, 2012, 34(12): 764-767.

[6] 高杰,张志杰,王增亮,等. 2008—2010 年山东省居民饮用水碘空间分布特征分析[J]. 中华预防医学杂志, 2013, 47(1): 18-22. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2013.01.005.

Gao J, Zhang ZJ, Wang ZL, et al. Spatial distribution characteristics of iodine in drinking water in Shandong province between year 2008 and 2010 [J]. Chin J Prev Med, 2013, 47(1): 18-22. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2013.01.005.

[7] 张嘉成,鲍倡俊,刘文东,等. 江苏省病毒性乙型肝炎流行趋势 GIS 空间分析[J]. 中国卫生统计, 2013, 30(3): 351-353, 356.

Zhang JC, Bao CJ, Liu WD, et al. Study on the spatial distribution of hepatitis B prevalence based on geographic

information system in Jiangsu province [J]. Chin J Health Statist, 2013, 30(3): 351-353, 356.

[8] 张蓉,李艳红. 空间流行病学在传染性疾病预防与控制中的应用[J]. 疾病监测与控制, 2018, 12(2): 134-138, 143.

Zhang R, Li YH. Application of spatial epidemiology in infectious disease prevention and control [J]. J Disease Monitor Control, 2018, 12(2): 134-138, 143.

[9] 应倩,陈坤. 应用 G 统计量分析 2006 年浙江省肺结核的空间异质性[J]. 中华预防医学杂志, 2012, 46(6): 524-526. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2012.06.010.

Ying Q, Chen K. Spatial heterogeneity of pulmonary tuberculosis by G statistics in Zhejiang province in 2006 [J]. Chin J Prev Med, 2012, 46(6): 524-526. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2012.06.010.

[10] Rao HX, Zhang X, Zhao L, et al. Spatial transmission and meteorological determinants of tuberculosis incidence in Qinghai province, China: a spatial clustering panel analysis [J]. Infect Dis Poverty, 2016, 5(1): 45. DOI: 10.1186/s40249-016-0139-4.

[11] Huang L, Li XX, Abe EM, et al. Spatial-temporal analysis of pulmonary tuberculosis in the northeast of the Yunnan province, People's Republic of China [J]. Infect Dis Poverty, 2017, 6(1): 53. DOI: 10.1186/s40249-017-0268-4.

[12] 刘云霞,李士雪,王忠东,等. 基于时空重扫描统计量的结核病聚集性研究[J]. 山东大学学报: 医学版, 2009, 47(12): 122-125.

Liu YX, Li SX, Wang ZD, et al. A clustering study on tuberculosis based on space-time permutation scanning statistics [J]. J Shandong Univ: Health Sci, 2009, 47(12): 122-125.

[13] 张志杰,彭文祥,周艺彪,等. 基于空间点模式分析的疾病分布状态的量化指标研究[J]. 中华预防医学杂志, 2008, 42(6): 422-426. DOI: 10.3321/j.issn:0253-9624.2008.06.012.

Zhang ZJ, Peng WX, Zhou YB, et al. Study on the quantified indices to describe the distributional status of diseases in the spatial point pattern analysis [J]. Chin J Prev Med, 2008, 42(6): 422-426. DOI: 10.3321/j.issn:0253-9624.2008.06.012.

[14] Cao K, Yang K, Wang C, et al. Spatial-temporal epidemiology of tuberculosis in Mainland China: An analysis based on Bayesian theory [J]. Int J Environ Res Public Health, 2016, 13(5): 469. DOI: 10.3390/ijerph13050469.

[15] 陈文明,王晓萌,陈彬,等. 浙江省 2010—2012 年耐多药结核病患者空间分布特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2016, 37(6): 831-835. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.06.018.

Chen WM, Wang XM, Chen B, et al. Spatial distribution characteristics analysis on multidrug-resistant tuberculosis cases in Zhejiang province, 2010-2012 [J]. Chin J Epidemiol, 2016, 37(6): 831-835. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.06.018.

[16] 卢耀勤,阿米热·阿里木,芮宝玲. 地理信息系统在疾病预防与控制工作中的应用与发展[J]. 职业与健康, 2016, 32(3): 423-425.

Lu YQ, Amire·Alimu, Rui BL. Application and development of geographic information system in disease prevention and control work [J]. Occup Health, 2016, 32(3): 423-425.

[17] 王微,靳圆圆,王泽,等. 新疆地区结核病空间分布特征及其影响因素研究[J]. 中国卫生统计, 2016, 33(4): 672-674.

Wang W, Jin YY, Wang Z, et al. Study on the spatial distribution characteristics and influencing factors of tuberculosis in Xinjiang [J]. Chin J Health Statist, 2016, 33(4): 672-674.

[18] Zhao F, Cheng SM, He GX, et al. Space-time clustering characteristics of tuberculosis in China, 2005-2011 [J]. PLoS One, 2013, 8(12): e83605. DOI: 10.1371/journal.pone.0083605.

[19] 卫生部.《〈全国结核病防治规划(2001—2010 年)〉2006—2010 年实施计划》[EB/OL]. (2006-01-18) [2019-05-01]. <http://www.nhc.gov.cn/wjw/zcjd/201304/16e8dbc14df64dfda889d101131aa00.shtml>.

Ministry of Health. Implementation Plan of The National Tuberculosis Control Program (2001-2010), 2006-2010 [EB/OL]. (2006-01-18) [2019-05-01]. <http://www.nhc.gov.cn/wjw/zcjd/201304/16e8dbc14df64dfda889d101131aa00.shtml>.

[20] 陈文明,张钰,周琳,等. 浙江省 2005 年至 2014 年结核病登记的空间扫描研究[J]. 中华传染病杂志, 2017, 35(2): 88-92. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6680.2017.02.006.

Chen WM, Zhang Y, Zhou L, et al. Spatial scan analysis on tuberculosis notifications in Zhejiang province, 2005-2014 [J]. Chin J Infect Dis, 2017, 35(2): 88-92. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6680.2017.02.006.

(收稿日期:2019-06-14)  
(本文编辑:斗智)