

北京市 2005—2015 年肺结核发病时空特征分析

孙闪华 高志东 赵飞 张文义 赵鑫 李艳圆 李亚敏 洪峰 贺晓新 詹思延
100191 北京大学公共卫生学院流行病学与卫生统计学系(孙闪华、詹思延); 100035 北京结核病控制研究所(孙闪华、高志东、赵鑫、李艳圆、李亚敏、洪峰、贺晓新); 102206 北京, 中国疾病预防控制中心结核病预防控制中心(赵飞); 100071 北京, 解放军疾病预防控制中心(张文义)

通信作者:詹思延, Email: siyan-zhan@bjmu.edu.cn; 贺晓新, Email: hexiaoxinbj@126.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.06.023

【摘要】 目的 在街道/乡镇水平上分析 2005—2015 年北京市肺结核发病的时空流行特征。方法 从结核病管理信息系统收集 2005—2015 年北京市肺结核发病数据,以地理信息系统和空间分析为基础,在街道/乡镇水平上采用全局空间自相关和局部空间自相关统计量(Moran's I)分析肺结核发病的空间聚集性,采用时空扫描统计分析时空聚集性。结果 在街道/乡镇水平上,北京市各年肺结核发病整体上呈现空间自相关性(Moran's I 值均 >0 , 均 $P < 0.05$),高-高发聚集区为门头沟区的军庄镇、王平办事处、永定镇、潭柘寺镇,房山区的阎村镇,丰台区的王佐镇,西城区的天桥街道和顺义区的天竺镇 8 个街道/乡镇。时空扫描统计结果显示,一级聚集区主要分布在朝阳区和顺义区,覆盖 17 个街道/乡镇,分别为朝阳区的崔各庄、麦子店、东风、太阳宫、左家庄、和平街、小关、香河园、东坝、将台、望京、金盏、酒仙桥、来广营、孙河和顺义区的后沙峪、天竺等街道/乡镇;聚集时间为 2005 年 1—12 月。结论 2005—2015 年北京市肺结核发病在街道/乡镇水平上呈现空间聚集性,且发病热点地区主要集中在中南部地区。

【关键词】 结核; 肺; 空间自相关性; 时空聚集分析

基金项目:首都卫生发展科研专项(首发 2018-2-3021);北京市科技计划(D121100003012004)

Spatial-temporal analysis on pulmonary tuberculosis in Beijing during 2005–2015 Sun Shanhua, Gao Zhidong, Zhao Fei, Zhang Wenyi, Zhao Xin, Li Yanyuan, Li Yamin, Hong Feng, He Xiaoxin, Zhan Siyan

The Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China (Sun SH, Zhan SY); Beijing Research Institute for Tuberculosis Control, Beijing 100035, China (Sun SH, Gao ZD, Zhao X, Li YY, Li YM, Hong F, He XX); National Center for Tuberculosis Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China (Zhao F); Institute of Disease Control and Prevention of the People's Liberation Army, Beijing 100071, China (Zhang WY)

Corresponding authors: Zhan Siyan, Email: siyan-zhan@bjmu.edu.cn; He Xiaoxin, Email: hexiaoxinbj@126.com

【Abstract】 Objective To analyze the spatial distribution and identify the high risk areas of pulmonary tuberculosis at the township level in Beijing during 2005–2015. **Methods** Data on pulmonary tuberculosis cases was collected from the tuberculosis information management system. Global autocorrelation analysis, local indicators of spatial association and Kulldorff's Scan Statistics were applied to map the spatial distribution and detect the space-time clusters of the pulmonary tuberculosis cases during 2005–2015. **Results** Spatial analysis on the incidence of pulmonary tuberculosis at the township level demonstrated that the spatial autocorrelation was positive during the study period. The values of Moran's I ranged from 0.224 3 to 0.291 8 with all the P values less than 0.05. Hotspots were primarily distributed in 8 towns/streets as follows: Junzhuang, Wangping, Yongding and Tanzhesi in Mentougou district, Yancun in Fangshan district, Wangzuo town in Fengtai district, Tianqiao street in Xicheng district and Tianzhu town in Shunyi district. Spatiotemporal clusters across the entire study period were identified by using Kulldorff's spatiotemporal scan statistic. The primary cluster was located in Chaoyang and Shunyi districts, including 17 towns/streets,

as follows: Cuigezhuang, Maizidian, Dongfeng, Taiyanggong, Zuojiashuang, Hepingjie, Xiaoguan, Xiangheyuan, Dongba, Jiangtai, Wangjing, Jinzhan, Jiuxianqiao, Laiguangying, Sunhe towns/streets in Chaoyang district, Houshayu and Tianzhu town in Shunyi district, during January to December 2005.

Conclusion Incidence rates of pulmonary tuberculosis displayed spatial and temporal clusterings at the township level in Beijing during 2005–2015, with high risk areas relatively concentrated in the central and southern parts of Beijing.

【Key words】 Tuberculosis; Pulmonary; Spatial autocorrelation; Spatial-temporal clustering

Fund programs: Capital's Funds for Health Improvement and Research (CFH2018–2–3021); Beijing Science and Technology Project (D121100003012004)

肺结核是由结核分枝杆菌引起的慢性呼吸道传染病,发病情况地区差异明显^[1-2],北京市肺结核高发地区发病率是低发地区的2.26倍^[3]。本研究采用ArcGIS软件中的空间统计分析模块和SaTScan软件,分析2005–2015年北京市肺结核发病的空间聚集区域及其变化,为北京市结核病防控提供科学依据。

资料与方法

1. 资料来源:病例数据来源于结核病信息管理系统,人口数据来源于北京市统计局统计年鉴^[4],其中街道/乡镇人口数使用2010年全国普查数据。地理数据采用北京市街道/乡镇行政区划矢量地图(1:100 000),空间分析的基本单元为街道/乡镇。

2. 研究方法:

(1)数据整理与描述性分析:按照发病日期、现住址北京、已审核等条件,下载2005–2015年肺结核传染病报告卡个案,筛选临床诊断和实验室确诊肺结核病例。根据病例详细现住址获得病例的经纬度信息,利用经纬度信息对肺结核病例进行空间定位,与北京市矢量化电子地图进行空间关联,建立各街道/乡镇发病情况地理信息数据库,分析各街道/乡镇发病数及发病率。使用Excel 2007软件进行数据的描述性分析。

(2)全局空间自相关分析^[5]:应用全局空间自相关分析评估北京市结核病的分布是否具有空间相关性,即是否为随机分布。使用Geoda 1.8软件计算Moran's I统计量(Moran's I)以分析空间聚集模式,Moran's I越接近于1,代表样本呈现聚集分布。Moran's I越接近于-1,代表样本之间差异越大或越不集中。全局Moran's I通过标准化统计量Z进行空间相关的统计学检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

(3)局部空间自相关分析^[5]:在街道/乡镇水平上分析北京市肺结核发病聚集区域的具体位置与类型,使用Geoda 1.8软件计算局部自相关系数(local indicators of spatial association, LISA),聚集图呈现高-高、低-低、高-低和低-高4种聚集模式,利用Z检验对LISA统计量进行假设检验, $P<0.05$ 为存在

局部空间自相关。

(4)时空扫描分析^[6]:使用SaTScan 9.4软件基于离散Poisson模型在街道/乡镇水平对2005–2015年北京市肺结核病例进行时空聚集分析,通过建立一个移动圆柱体,其底部圆形窗口的半径变化范围为0至总人口的50%,高度对应研究区域的时间,计算窗口内与窗口外区域之间结核病发病率的差异。其统计量为似然比(log likelihood ratio, LLR),LLR值越大越有可能是聚集区域;同时计算该地区的RR值,并利用999次Monte Carlo模拟检验差异是否有统计学意义,检验水准 $\alpha=0.05$ 。本研究设置最大空间扫描区域为全市总人口数的10%,扫描周期为1个月,无地区重叠。最后用ArcMap 9.3软件对时空扫描结果进行可视化。

结果

1. 基本情况:2005–2015年北京市报告肺结核发病92 587例,平均报告发病率为44.8/10万,各年报告发病数与发病率见表1。

表1 2005–2015年北京市肺结核患者报告发病情况

| 年份 | 发病数 | 人口数(万) | 发病率(/10万) |
|------|--------|----------|-----------|
| 2005 | 9 530 | 1 538.0 | 62.0 |
| 2006 | 8 500 | 1 581.0 | 53.8 |
| 2007 | 8 826 | 1 633.0 | 54.0 |
| 2008 | 9 892 | 1 695.0 | 58.4 |
| 2009 | 8 387 | 1 755.0 | 47.8 |
| 2010 | 8 402 | 1 961.2 | 42.8 |
| 2011 | 8 431 | 2 018.6 | 41.8 |
| 2012 | 8 497 | 2 069.3 | 41.1 |
| 2013 | 7 677 | 2 114.8 | 36.3 |
| 2014 | 7 463 | 2 151.6 | 34.7 |
| 2015 | 6 982 | 2 170.5 | 32.2 |
| 合计 | 92 587 | 20 688.0 | 44.8 |

2. 肺结核发病空间自相关分析:

(1)全局空间自相关分析:2005–2015年北京市各年肺结核报告发病率的Moran's I值均 >0 , Z值均 >1.96 ,均 $P<0.05$,提示每年肺结核报告发病率为非随机分布,整体上存在较强的空间依赖性。见表2。

表2 2005—2015年北京市肺结核报告发病率全局自相关分析

| 年份 | Moran's I值 | Z值 | P值 |
|------|------------|---------|-------|
| 2005 | 0.291 8 | 9.635 2 | 0.001 |
| 2006 | 0.224 3 | 7.581 6 | 0.001 |
| 2007 | 0.224 7 | 7.315 2 | 0.001 |
| 2008 | 0.241 5 | 7.676 9 | 0.001 |
| 2009 | 0.245 8 | 8.302 8 | 0.001 |
| 2010 | 0.262 3 | 8.480 5 | 0.001 |
| 2011 | 0.275 5 | 9.449 7 | 0.001 |
| 2012 | 0.278 1 | 9.087 6 | 0.001 |
| 2013 | 0.257 1 | 8.387 2 | 0.001 |
| 2014 | 0.253 6 | 8.562 1 | 0.001 |
| 2015 | 0.250 7 | 8.311 7 | 0.001 |

(2)局部空间自相关分析:LISA分析结果显示,2005—2015年北京市肺结核报告发病率高值(高-高)聚集区呈动态变化,2005—2012年高值聚集区主要分布在北京市南部和西南部,在东北部有零散高值聚集区;2013—2014年高-高聚集区进一步向西南地区扩散,2015年又有缩小,见图1。2005—2015年北京市8个街道/乡镇肺结核累计报告发病率呈高值聚集,分别是门头沟区的军庄镇、王平办事处、永定镇、潭柘寺镇,房山区的阎村镇,丰台区的王佐镇,西城区的天桥街道和顺义区的天竺镇等。

(3)时空扫描分析:对2005—2015年肺结核报告发病率进行时空扫描,结果显示发病率有时空聚

集性,共发现10个时空聚集区。其中一级聚集区主要分布在朝阳区和顺义区,覆盖17个街道/乡镇,分别为朝阳区的崔各庄、麦子店、东风、太阳宫、左家庄、和平街、小关、香河园、东坝、将台、望京、金盏、酒仙桥、来广营、孙河和顺义区的后沙峪、天竺等街道/乡镇(图2);聚集时间为2005年1—12月,区域内实际报告发病数1 319例,期望发病数628例($RR=2.12, LLR=290.24, P<0.001$)。二级聚集区共覆盖47个街道/乡镇(表3)。

讨 论

空间流行病学已广泛应用于结核病研究,全国已有多个省份开展了结核病空间分析^[7], Jia等^[8-9]、Liu等^[10]、Li等^[11]和李涛和刘宇红^[12]也对北京市肺结核开展过空间分析。既往对北京市的研究分析了肺结核登记数据,而北京市登记肺结核患者数仅占报告发病数的一半左右^[13-19]。本研究对全市报告发病数据进行分析,加之北京地区漏报率极低(2011—2015年漏报率为0.32%)^[20],能够呈现北京市肺结核发病的空间分布特征。在空间分析尺度上,本研究分析到街道/乡镇单位,较以往分析到区/县级尺度更加精细,这为北京市结核病精准防控提供了更有针对性的防控地区。

全局空间自相关结果显示,2005—2015年北京

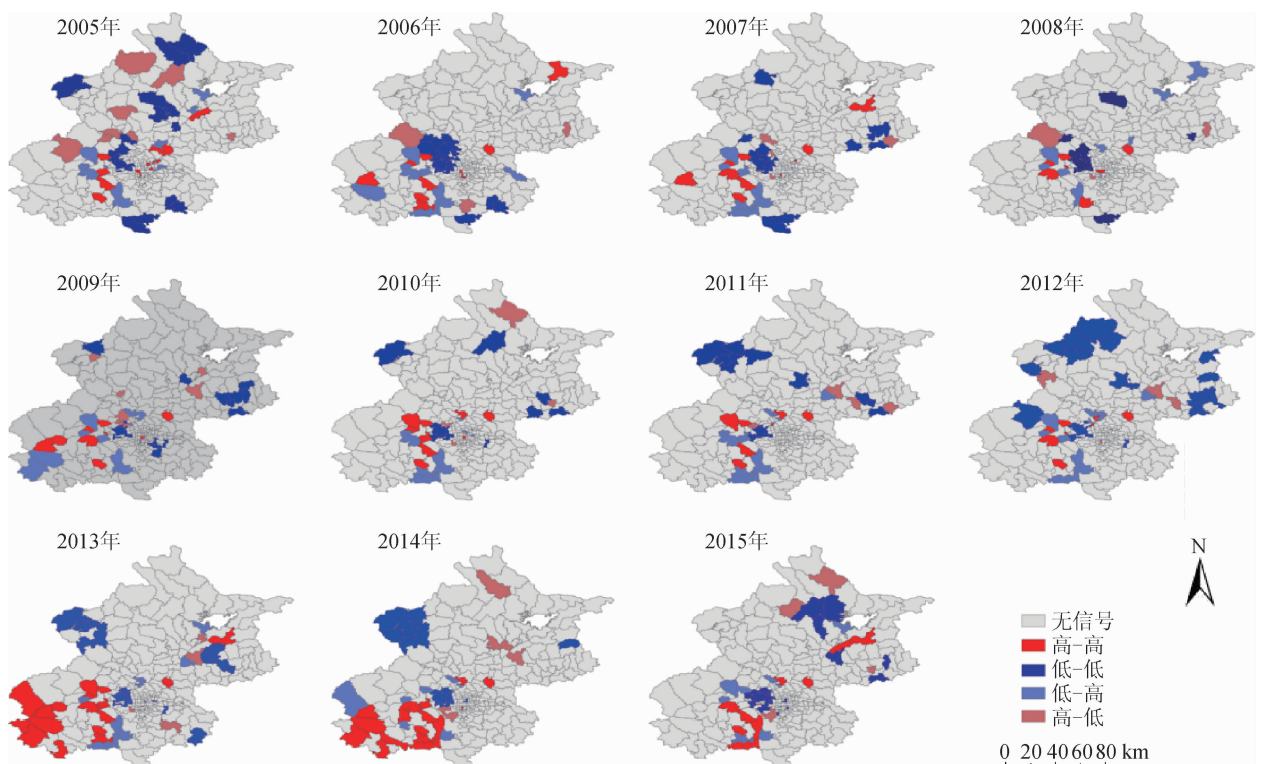


图1 2005—2015年北京市肺结核报告发病率LISA局部自相关分析

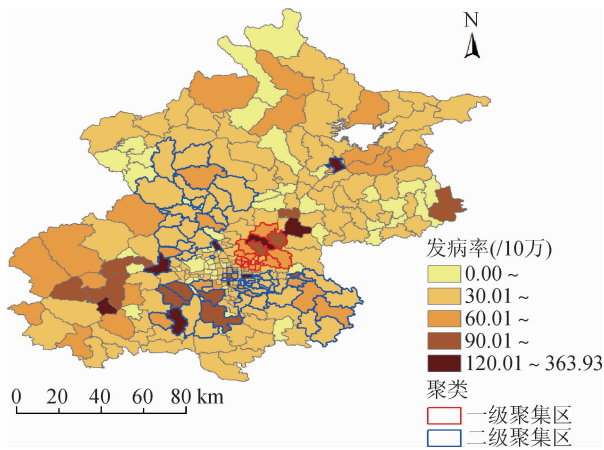


图2 2005—2015年北京市肺结核平均报告发病率时空扫描分析

市肺结核年均报告发病率非随机分布,提示肺结核年均报告发病率呈明显的空间聚集性。而Li等^[11]使用登记数据进行分析,显示全局自相关结果没有意义。

局部自相关分析发现,北京市发病率高值(高-高)聚集区随时间呈动态变化,呈现由南部向西南部扩散、在西南部进一步扩散的趋势,提示西南部地区应加强防控。发病率高-高聚集区主要集中在门头沟、房山、丰台、西城和顺义5个区。本研究发现的热点不同于既往研究结果:Jia等^[8]的研究显示北京市2000—2006年的肺结核热点主要在东城、西城和密云;而Liu等^[10]的研究显示,北京市2005—2009年热点在东城、西城、朝阳、丰台、石景山和海淀等区。但是,本研究得出的热点与北京市肺结核发病率分布相吻合。门头沟、丰台和西城是北京市近10年的肺结核高发区,2005—2014年10年平均发病率分别位于北京市第一、第二和第四位^[3]。另外,房山区发病率在北京市位于中等水平,其阎村镇也是发病率高-高聚集区,提示肺结核作为呼吸道传染病,其传播受到相邻或相近地区的影响。

本研究结果显示的热点可能受不同因素影响。门头沟区在建国前后曾经是北京市最大的矿区,肺结核是煤工尘肺较常见的合并症,可能是该区肺结核的高发因素。丰台区的高发病率可能与流动人口多有关。2010年全国人口普查数据显示,丰台区外来人口占常住人口的比例较高,占38.49%,在北京市排第五位。相关研究表明,结核病受流动人口、医疗条件、经济水平社会经济学因素影响^[12,21],探索北京市结核病发病的影响因素,仍需开展进一步研究。

时空扫描统计较单纯的空间聚集性分析,考虑了时间因素在疾病空间分布中的作用,是空间扫描

表3 2005—2015年北京市肺结核报告发病率时空扫描分析

| 聚集区* | 高发乡镇 | 高发数 | 高发时间(年、月) | 实际病例数 | 期望病例数 | RR值 | LLR值 | P值 |
|------|-------------------------------------------------------------|-----|-----------------|-------|-------|-------|--------|----------|
| 1 | 崔各庄、后沙峪、天竺、麦子店、东风、太阳宫、左家庄、和平街、小关、香河园、东坝、将台、望京、金盏、酒仙桥、来广营、孙河 | 17 | 2005.01—2005.12 | 1 319 | 628 | 2.12 | 290.24 | <0.000 1 |
| 2 | 龙泉镇 | 1 | 2006.07—2007.06 | 164 | 15 | 10.83 | 241.69 | <0.000 1 |
| 3 | 长阳、黄村、良乡、阎村、北臧村、王佐、宛平、长辛店、新村 | 9 | 2007.07—2008.06 | 714 | 320 | 2.24 | 180.20 | <0.000 1 |
| 4 | 广安门内、椿树、大柵栏、前门、西长安街、金融街、什刹海、景山、东华门 | 9 | 2008.01—2008.12 | 524 | 223 | 2.36 | 147.56 | <0.000 1 |
| 5 | 潞城、永顺、城关、梨园、张家湾、西集、潭县、于家务、永乐店、台湖 | 10 | 2007.07—2008.06 | 600 | 329 | 1.83 | 89.81 | <0.000 1 |
| 6 | 清河 | 1 | 2012.01—2012.12 | 55 | 5 | 11.01 | 81.94 | <0.000 1 |
| 7 | 井庄、大庄科、长陵、十三陵、南口、兴寿、崔村、南邵、城南街道、城北街道、马池口、百善、沙河、阳坊 | 14 | 2008.01—2008.12 | 555 | 346 | 1.61 | 53.30 | <0.000 1 |
| 8 | 密云 | 1 | 2005.07—2006.06 | 47 | 9 | 5.32 | 40.40 | <0.000 1 |
| 9 | 燕园 | 1 | 2005.01—2005.12 | 63 | 18 | 3.56 | 34.65 | <0.000 1 |
| 10 | 卢沟桥 | 1 | 2012.01—2012.12 | 160 | 86 | 1.86 | 25.40 | <0.000 1 |

注: *1为最大可能聚集区,2~10为次级可能聚集区

分析的有益补充。一级聚集区主要分布在朝阳区和顺义区,覆盖17个街道/乡镇,聚集时间为2005年1—12月,进一步提示,10年期间北京市发病热点已经发生较大变化,笔者将继续探索热点变化的原因。

本研究存在局限性。目前公开共享的数据中,仅2010年第六次全国人口普查数据能够具体到街道/乡镇一级,研究中计算分街道/乡镇的发病率均使用2010年数据。2005—2015年间北京市人口持续增长^[4],不排除街道/乡镇一级人口数有较大波动,因此本研究中各年的发病率不够精确。后续研究还将进一步收集更详细的数据,开展更加深入细致的研究。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] 全国第五次结核病流行病学抽样调查技术指导组,全国第五次结核病流行病学抽样调查办公室. 2010年全国第五次结核病流行病学抽样调查报告[J]. 中国防痨杂志, 2012, 34(8): 485-508.
Technical Guidance Group of the Fifth National TB Epidemiological Survey, The Office of the Fifth National TB Epidemiological Survey. The fifth national tuberculosis epidemiological survey in 2010[J]. Chin J Antituberc, 2012, 34(8): 485-508.
- [2] 夏惜情,杜昕,陈伟,等. 2010年全国肺结核患病率地区差异分析[J]. 中国防痨杂志, 2012, 34(12): 803-807.
Xia YY, Du X, Chen W, et al. Pulmonary tuberculosis prevalence among different regions in China in 2010[J]. Chin J Antituberc, 2012, 34(12): 803-807.
- [3] 孙闪华,高志东,李亚敏,等. 2005—2014年北京市肺结核流行特征分析[J]. 公共卫生与预防医学, 2016, 27(4): 6-9.
Sun SH, Gao ZD, Li YM, et al. Epidemiological characteristics of pulmonary tuberculosis in Beijing (2005-2014) [J]. Chin J Antituberc, 2016, 27(4): 6-9.
- [4] 北京市统计局. 北京统计年鉴2006—2016[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006-2016.
Beijing Statistics Bureau. Beijing statistical yearbook 2006-2016 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006-2016.
- [5] Kosfeld R, Eckey HF, Türck M, et al. LISA (local indicators of spatial association)[J]. Zeitschrift Für Studium Und Forschung, 2007, 36(3): 157-162. DOI: 10.15358/0340-1650-2007-3-157.
- [6] Kulldorff M. SaTScan user guide for version 7.0 [M]. Massachusetts, US: SaTScan Organizations, 2006.
- [7] 黄茹,李鑫尧,肖洪,等. 空间统计分析方法在结核病研究中的应用[J]. 中国防痨杂志, 2016, 38(6): 432-435. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6621.2016.06.003.
Huang R, Li XY, Xiao H, et al. Application of spatial statistical analysis in tuberculosis study [J]. Chin J Antituberc, 2016, 38(6): 432-435. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6621.2016.06.003.
- [8] Jia ZW, Tang GY, Jin Z, et al. Modeling the impact of immigration on the epidemiology of tuberculosis [J]. Theor Popul Biol, 2008, 73(3): 437-448. DOI: 10.1016/j.tpb.2007.12.007.
- [9] Jia ZW, Jia XW, Liu YX, et al. Spatial analysis of tuberculosis cases in migrants and permanent residents, Beijing, 2000-2006 [J]. Emerg Infect Dis, 2008, 14(9): 1413-1419. DOI: 10.3201/eid1409.071543.
- [10] Liu Y, Li X, Wang W, et al. Investigation of space-time clusters and geospatial hot spots for the occurrence of tuberculosis in Beijing [J]. Int J Tuberc Lung Dis, 2012, 16(4): 486-491. DOI: 10.5588/ijtld.11.0255.
- [11] Li L, Xi YL, Ren F. Spatio-temporal distribution characteristics and trajectory similarity analysis of tuberculosis in Beijing, China [J]. Int J Environ Res Public Health, 2016, 13(3): 291. DOI: 10.3390/ijerph13030291.
- [12] 李涛,刘宇红. 新流动人口对北京市结核病空间分布的影响[J]. 国际结核病与肺部疾病杂志, 2011, 6(2): 63-69.
Li T, Liu YH. Impact of new migrant populations on the spatial distribution of tuberculosis in Beijing [J]. Int J Tuberc Lung Dis, 2011, 6(2): 63-69.
- [13] 北京市卫生局. 北京市2009年度卫生与人群健康状况报告 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
Beijing Municipal Health Bureau. Beijing health and population health status report (2009) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2010.
- [14] 北京市人民政府. 北京市2010年度卫生与人群健康状况报告 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011.
Beijing Municipal People's Government. Beijing health and population health status report (2010) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2011.
- [15] 北京市人民政府. 北京市2011年度卫生与人群健康状况报告 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012.
Beijing Municipal People's Government. Beijing health and population health status report (2011) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2012.
- [16] 北京市人民政府. 北京市2012年度卫生与人群健康状况报告 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013.
Beijing Municipal People's Government. Beijing health and population health status report (2012) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2013.
- [17] 北京市人民政府. 北京市2013年度卫生与人群健康状况报告 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
Beijing Municipal People's Government. Beijing health and population health status report (2013) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2014.
- [18] 北京市人民政府. 北京市2014年度卫生与人群健康状况报告 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015.
Beijing Municipal People's Government. Beijing health and population health status report (2014) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2015.
- [19] 北京市人民政府. 北京市2015年度卫生与人群健康状况报告 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016.
Beijing Municipal People's Government. Beijing health and population health status report (2015) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016.
- [20] 孙闪华,高志东,陶荔莹,等. 2011—2015年北京市非结核病防治机构肺结核患者报告和转诊质量分析[J]. 中国防痨杂志, 2016, 38(12): 1041-1046. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6621.2016.12.008.
Sun SH, Gao ZD, Tao LY, et al. Analysis on reporting and referral quality of pulmonary tuberculosis cases by non-TB control institutions in Beijing during 2011-2015 [J]. Chin J Antituberc, 2016, 38(12): 1041-1046. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6621.2016.12.008.
- [21] 刘剑君,么鸿雁,刘二勇. 我国结核病疫情与社会经济因素的关系[J]. 中华流行病学杂志, 2004, 25(12): 1032-1034. DOI: 10.3760/j.issn:0254-6450.2004.12.005.
Liu JJ, Yao HY, Liu EY. Relationship between tuberculosis prevalence and socio-economic factors in China [J]. Chin J Epidemiol, 2004, 25(12): 1032-1034. DOI: 10.3760/j.issn:0254-6450.2004.12.005.

(收稿日期:2017-10-16)

(本文编辑:万玉立)