

# 四川省凉山彝族自治州2011—2016年痰涂片阳性肺结核疫情时空分布特征

李婷 杨长虹 何金戈 李运葵 肖月 李京 王丹霞 陈闯 吴建林

610041 成都,四川省疾病预防控制中心结核病预防控制所(李婷、何金戈、李运葵、肖月、李京、王丹霞、陈闯),公共卫生信息所(杨长虹),中心办公室(吴建林)

通信作者:何金戈, Email:Hejinge@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.11.016

**【摘要】** 目的 分析2011—2016年四川省凉山彝族自治州(凉山州)痰涂片阳性肺结核(涂阳肺结核)登记的时空分布特征。方法 数据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,整理2011—2016年凉山州618个乡镇(街道)涂阳肺结核患者登记信息和人口数据,采用ArcGIS 10.2软件构建地理信息数据库、实现分析结果的可视化,采用OpenGeoda 1.2.0软件做全局与局部空间自相关分析,采用SaTScan 9.4.1软件做时空扫描分析。结果 2011—2016年凉山州涂阳肺结核登记率总体呈下降趋势,从56.97/10万(2 666例)下降至21.11/10万(1 038例)。全局空间自相关分析结果显示,各年份Moran's  $I$ 值在0.25~0.45之间( $P$ 值均为0.000),局部自相关分析结果显示,2011—2016年分别有43、34、37、34、42和61个乡镇(街道)处于“高-高”聚集区,以雷波县所辖的乡镇居多。时空扫描分析探测到1个一级聚类区(聚集中心为美姑县巴古乡)和2个二级聚类区(聚集区中心分别为会理县六民乡和河口乡), $P$ 值均为0.000。结论 2011—2016年凉山州涂阳肺结核疫情呈现较明显的时空聚集性,形成结核病高发区域即“热点”区域,主要位于凉山州东北部的雷波县和美姑县的部分乡镇。应确定重点乡镇,实施结核病的精准防控策略。

**【关键词】** 肺结核;痰涂片阳性;空间自相关;时空扫描;时空聚集

**Spatial-temporal distribution of smear positive pulmonary tuberculosis in Liangshan Yi autonomous prefecture, Sichuan province, 2011–2016** Li Ting, Yang Changhong, He Jinge, Li Yunkui, Xiao Yue, Li Jing, Wang Danxia, Chen Chuang, Wu Jianlin

Department of Tuberculosis Control and Prevention (Li T, He JG, Li YK, Xiao Y, Li J, Wang DX, Chen C), Department of Public Health Information Service (Yang CH), Administrative Office (Wu JL), Sichuan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Chengdu 610041, China

Corresponding author: He Jinge, Email: Hejinge@163.com

**【Abstract】** **Objective** To analyze the spatial and temporal distribution of smear positive pulmonary tuberculosis (PTB) in Liangshan Yi autonomous prefecture in Sichuan province from 2011 to 2016. **Methods** The registration data of PTB in 618 townships of Liangshan from 2011 to 2016 were collected from “Tuberculosis Management Information System of National Disease Prevention and Control Information System”. Software ArcGIS 10.2 was used to establish the geographic information database and realize the visualization of the analysis results. Software OpenGeoda 1.2.0 was used to conduct the analyses on global indication of spatial autocorrelation (GISA) and local indication of spatial autocorrelation (LISA). Software SaTScan 9.4.1 was used for spatio-temporal scanning analysis. **Results** From 2011 to 2016, the registration rate of smear positive PTB in Liangshan declined from 56.97/100 000 (2 666 cases) to 21.11/100 000 (1 038 cases). The global spatial autocorrelation coefficient Moran's  $I$  ranged from 0.25 to 0.45 and the difference was significant (all  $P=0.000$ ). Local autocorrelation analysis showed that “high-high” area covered 43, 34, 37, 34, 42 and 61 townships from 2011 to 2016, respectively, mainly in Leibo county. Spatial temporal clustering analysis found one class I clustering in the area around Bagu township of Meigu county and two class II clustering in the areas around Liumin and Hekou township of Huili county, respectively (all  $P=0.000$ ). **Conclusion** Obvious spatial temporal clustering of smear positive PTB distribution was found in Liangshan from 2011–2016. Hot spot areas with serious smear positive PTB epidemic and high spread risk were mainly found in northeastern Liangshan, including townships in

Leibo and Meigu counties. Targeted TB prevention and control should be conducted in these areas.

**【Key words】** Tuberculosis; Smear positive; Spatial autocorrelation; Temporal-spatial scan; Temporal-spatial cluster

结核病是长期严重危害我国乃至全球的公共卫生问题<sup>[1]</sup>。随着地理信息系统(geographical information system, GIS)和空间分析软件等的广泛应用,空间流行病学方法和技术越来越受到重视,在结核病研究中的应用也日益增多。四川省是结核病疫情严重省份之一,前期研究发现,肺结核疫情呈明显的聚集性分布<sup>[2]</sup>。凉山彝族自治州(凉山州)位于四川省西南,是我国最大的彝族聚居区,地形地貌复杂,社会经济发展水平较低,传染病多发,结核病、艾滋病等负担较重。痰涂片阳性肺结核(涂阳肺结核)是指患者的痰标本直接涂片镜检呈阳性(即能查见抗酸杆菌的肺结核),是结核病的主要传染源。对其时空聚集性进行统计量化研究,有助于评价不同时期不同地区结核病负担及传播风险,为防控措施的制定和卫生资源的优化配置提供参考<sup>[3]</sup>。目前对于结核病的空间分析主要以县为地理单元的中等空间尺度上,本研究在更小的空间尺度上(以乡镇为单位)对2011—2016年凉山州涂阳肺结核的时空聚集性进行分析,为精准制定彝族地区结核病防控策略提供科学依据。

## 资料与方法

1. 资料来源:凉山州辖1市16县618个乡镇(街道)。肺结核病例数据来源于中国疾病预防控制中心结核病管理信息系统,并根据现住址,以乡镇为单位,整理各年度各乡镇(街道)涂阳肺结核登记数。2011—2016年各乡镇(街道)常住人口数来自凉山州各县(市)各年度统计年鉴(2011—2016年)。根据涂阳肺结核登记数和常住人口两个变量计算各乡镇(街道)涂阳肺结核登记率。以乡镇(街道)为单位,建立包括乡镇代码、经度和纬度等信息的地理信息数据库。以数据属性表中乡镇代码关联肺结核疫情数据及人口数据。

### 2. 研究方法:

(1)空间自相关分析:①全局空间自相关分析:探测整个研究区内的空间聚集模式,全局Moran's  $I$ 值的取值范围介于-1~1,越接近于1,表示空间单元之间关系越密切,性质越相似,整体呈现聚集性分布;越接近于-1,表示整体呈现离散型分布,样本之间差异越大或分布越不集中;为0时表示整体随机性分布<sup>[2]</sup>。②局部空间自相关:全局空间自相关用

于反映整个研究范围内指定的属性是否具有相关性,但不能准确指出聚集地区,局部自相关则可以弥补以上不足<sup>[4]</sup>。以局部Moran's  $I$ 值衡量观测单元属性与其周边单元属性的相关程度,依据局部Moran's  $I$ 值,在 $Z$ 检验的基础上( $P \leq 0.05$ )绘制局部空间关联指标(local indication of spatial autocorrelation, LISA)积聚图,判断研究单元在空间“高-高”、“高-低”、“低-高”和“低-低”的分布<sup>[5]</sup>。

(2)时空扫描分析:空间自相关分析仅能表明数据具有空间聚集性,但无法揭示空间分布格局和空间分布范围。采用时空扫描统计量可以克服此不足。时空扫描是以空间动态窗口扫描统计为基础,对每个扫描窗口,根据实际发病数和人口数计算出理论发病数,然后利用扫描窗口内和扫描窗口外的实际发病数和理论发病数构造检验统计量对数似然比(log-likelihood ratio, LLR)来评价窗口内的发病数是否异常,并通过蒙特卡罗法模拟进行统计学检验,计算概率值。LLR值越大且差异具有统计学意义,则表示该动态窗口下所含区域为聚集区域的概率越大。本研究将聚类范围最大值限定为50%的总人口处于风险人群中、总研究期限的50%为时间尺度,扫描窗口以年为时间单位。根据资料特点(研究数据包含人口资料),选用Poisson模型进行统计分析。检验水准为 $\alpha = 0.05$ 。

3. 统计学分析:采用ArcGIS 10.2软件构建地理信息数据库、实现分析结果的可视化;采用OpenGeoda 1.2.0软件进行全局和局部空间自相关分析;采用SaTScan 9.4.1软件进行时空扫描分析。

## 结 果

1. 基本情况:2011—2016年凉山州涂阳肺结核登记率总体呈下降趋势,从56.97/10万(2 666例)下降至21.11/10万(1 038例)。各年份的涂阳肺结核患者中彝族所占比例分别为71.08%(1 895/2 666)、73.86%(1 492/2 020)、73.89%(1 370/1 854)、76.00%(1 254/1 650)、82.68%(912/1 103)和81.21%(843/1 038)。各乡镇(街道)肺结核登记率差距较大,年均登记率从0到369.05/10万不等, $M = 33.48/10$ 万;总体呈现自东向西逐渐降低的趋势,见图1。此外,连续6年没有病例出现的乡镇有50个,主要分布在凉山州西部和南部,以会东县为主的10个县。

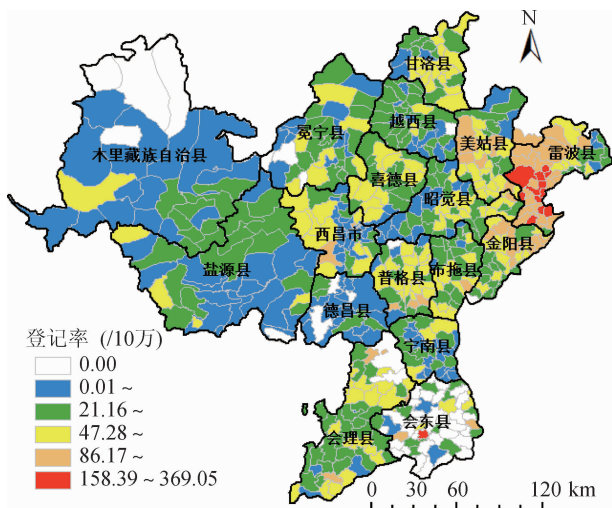


图1 2011—2016年凉山州各乡镇(街道)年均涂阳肺结核登记率分布

2. 空间自相关分析:

(1)全局空间自相关:各年度 Moran's *I* 值在 0.25 ~ 0.45 之间,且均具有统计学意义(均  $P=0.000$ ),表明各年度凉山州涂阳肺结核登记率呈明显的空间聚集性分布。其中,整体表现出的聚集性在 2014 年最高(Moran's  $I=0.45$ ),2016 年最低(Moran's  $I=0.25$ ),见表 1。

表1 2011—2016年凉山州涂阳登记率全局自相关分析

年份	Moran's <i>I</i> 值	Z 值	P 值
2011	0.27	10.98	0.000
2012	0.35	14.16	0.000
2013	0.42	17.21	0.000
2014	0.45	18.75	0.000
2015	0.40	16.37	0.000
2016	0.25	10.28	0.000

(2)局部空间自相关:2011—2016 年分别有 43、34、37、34、42、61 个乡镇(街道)处于“高-高”聚集区,见图 2。雷波县共有 49 个乡镇,2011—2016 年分别有 17、22、25、29、30、20 个处于“高-高”聚集区域,是连续 6 年有最多乡镇处于该区域的县。连续 6 年处于该区域的有 12 个,全部位于雷波县。连续 6 年处于“低-低”聚集区的有 6 个,分布在会东县(3 个)、会理县(2 个)、西昌市(1 个)。昭觉县、会东县各有 1、2 个乡镇有 5 年处于“高-低”聚集区。另外,普格县从 2015 年起出现 5 个“高-高”聚集乡镇,2016 年增加至 18 个。

3. 时空扫描分析:2011—2016 年凉山州涂阳肺结核登记率的回顾性时空扫描统计分析结果见表 2。本研究共探测到 3 个有统计学意义的涂阳肺

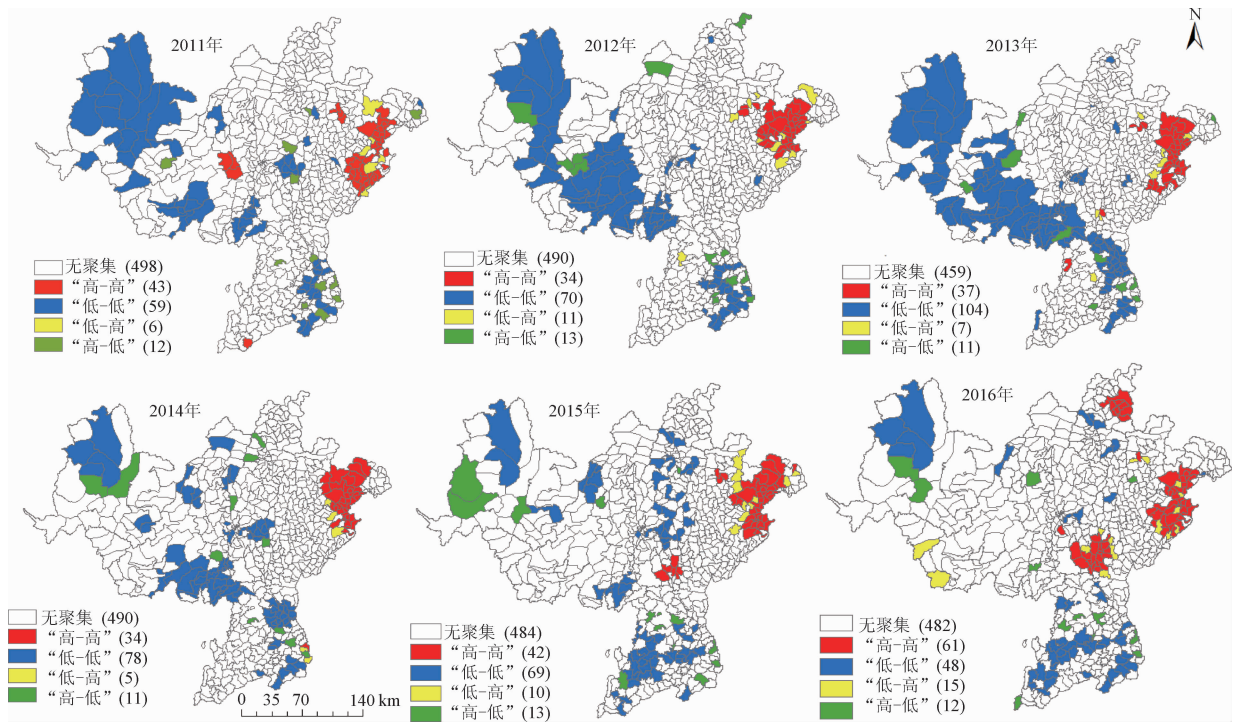
结核高发时空聚集区,其中一级聚类区以美姑县巴古乡为聚集中心,波及 279 个乡镇(街道),时间跨度为 2011—2013 年( $LLR=734.33, P=0.000, RR=2.31$ )。二级聚类区分别位于 2011—2013 年以会理县六民乡为中心的 17 个乡镇和 2011—2013 年以会理县河口乡为中心的 30 个乡镇。为直观展示时空扫描统计量,通过 GIS 实现其可视化,见图 3。

讨 论

研究发现,四川省肺结核呈明显的空间聚集性分布,主要聚集于川西的甘孜、阿坝、凉山等少数民族地区<sup>[2]</sup>。其中,凉山州地形地貌复杂,2016 年全州常住人口中彝族人口占 51.9%,彝族主要聚居于东部的昭觉、布拖、金阳、美姑、雷波、普格、喜德、越西、甘洛各县。

在传统的流行病学“三间”分析中,地区分析无法考虑相邻地区之间传染病的相互影响及传播。利用时空扫描分析方法探索传染病聚集性,由于事先未对聚集性的大小、位置、规模作任何假定,避免了选择偏倚,可以最大限度地进行数据信息的挖掘,发现聚集性的存在<sup>[1]</sup>。既往结核病空间流行病学研究多基于省市级或县级水平,黄飞等<sup>[6]</sup>对中国 2003—2008 年新涂阳肺结核登记进行时空聚集分析,共发现 2 个聚集性区域。Zhao 等<sup>[7]</sup>通过空间扫描分析 2005—2011 年中国新涂阳肺结核与结核病总登记率,发现中国北部与西部地区为结核病聚集区域。其最终找到的聚集区域地理定位范围偏大。近年来国内外也有研究逐步聚焦于更小的空间尺度,Dangisso 等<sup>[8]</sup>对埃塞俄比亚南部 Sidama 区 2003—2012 年各 Kebele(自治街坊联合会,最小行政区划)涂阳肺结核进行时空扫描发现了 193 个 Kebele 处于一级聚类区。单志力等<sup>[1]</sup>对 2008—2013 年温州市肺结核疫情时空流行病学分析得出城市核心区 55 个乡镇为肺结核疫情主要聚集区域。

凉山州每年涂阳肺结核患者中彝族占 70% 以上,对 6 年来全州的 618 个乡镇涂阳肺结核进行全局空间自相关性分析结果显示,涂阳肺结核登记率呈明显的空间聚集性分布,提示州内结核病负担存在较大的不均衡性,与以县域为尺度的分析结果吻合<sup>[2]</sup>。局部空间自相关分析显示“高-高”聚集的“热点”地区虽存在年度间的动态变化,但总体位置较为固定,主要集中在凉山州东北部的大、小凉山片区的雷波、美姑、昭觉、金阳、普格等县。究其原因,该区域经济水平、医疗水平相对较低等可能导致发病聚集。其

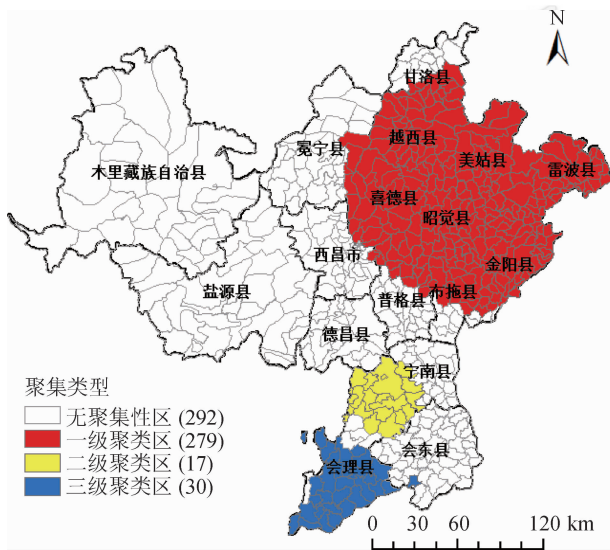


注:括号内数据为处于相应区域的乡镇(街道)个数

图2 2011—2016年凉山州各乡镇(街道)涂阳肺结核登记率局部空间自相关分析

表2 2011—2016年凉山州涂阳肺结核登记率的时空扫描统计量

聚集类型	时间跨度(年)	聚集中心	聚集半径(km)	涉及乡镇(街道)数	实际病例数	期望病例数	LLR值	RR值	P值
一级聚类区	2011—2013	巴古乡	88.51	279	3 558	1 913.81	734.33	2.31	0.000
二级聚类区	2011—2013	六民乡	23.14	17	237	109.02	56.86	2.20	0.000
二级聚类区	2011—2013	河口乡	46.69	30	445	270.84	48.32	1.67	0.000



注:括号内数据为该县(市)处于相应区域的乡镇(街道)个数

图3 2011—2016年凉山州各乡镇(街道)涂阳肺结核登记率时空聚集性

中连续6年处于“高-高”聚集区的12个乡镇全部位于雷波县,且该县连续6年有多个乡镇处于该区域。提示雷波县是全州疫情最重且聚集性最强的

县,涂阳肺结核传播风险较高。应采取措施加强结核病控制工作,特别是做好肺结核的发现和治理管理工作。“低-低”聚集的“冷点”地区主要集中在凉山州西南部海拔较高的会理、会东、盐源、木里等县。土耳其的一项研究显示<sup>[9]</sup>,低海拔城市的结核病发病率为高海拔城市居民的3.28倍。由此推测高海拔可能是结核病发病的保护性因素。另外,本研究中有统计学意义的“高-低”聚集区因仅该区域疫情高而周围低,“低-高”聚集区因周围区域疫情高也应予以关注<sup>[10]</sup>。

时空扫描统计量包括时间和空间两个维度,较单纯的空间聚集性更考虑了时间在空间分布中的作用<sup>[11]</sup>。时空扫描分析结果显示,一级聚类区位于2011—2013年凉山州东北部的大、小凉山地区,基本与“高-高”聚集区吻合,进一步证明了该片区为凉山州结核病防控的重点区域。一级聚类区覆盖的主要是彝族聚居的县,提示彝族人群发生肺结核的风险可能较高。此外,少数民族聚集区明显存在经济发展水平较低、卫生人力资源不足、工作人员整体素质

不高、村卫生室开展的服务项目有限等问题。同时,布拖、甘洛、金阳、美姑、越西、昭觉等县已处于艾滋病高流行期<sup>[12]</sup>,而共感染可加重结核病疫情。两个二级聚类区分布位于宁南和会理地区,聚集时间都在2013年以前。而这些区域的绝大部分乡镇在局部空间聚集性分析中都未处于“高-高”聚集区,这与苟发香等<sup>[11]</sup>对甘肃省乙型肝炎报告发病率进行时空聚集性研究结果相似(时空扫描发现的二级聚类区并未出现在局部自相关分析的“高-高”区域)。表明该部分区域在2013年前虽相对于当年聚集性不强,但疫情仍较高,在2011—2016年仍有较高的聚集性。2014年后疫情有所下降,可能与这些县在2014年底将肺结核诊疗工作由CDC移交至了定点医院,移交后涂阳肺结核患者发现和疫情报告等工作滑坡有关。

本研究将凉山州的结核病聚集情况细化到乡镇,有较高的精确性,为在全州开展结核病精准防控提供了线索,根据本研究确定的聚集地区和非聚集性地区进行分类指导,在防治策略和技术措施上要重视以雷波县为主的彝族主要聚居的各,并确定重点乡镇,做好肺结核的发现和治理管理工作,提高结核病防治的宣传力度,合理配置卫生资源,从而降低全州结核病疫情。

本研究存在局限,数据均来源于结核病管理信息系统的登记报告,数据质量易受到人群就诊意识、监测系统能力<sup>[4]</sup>、主动发现患者的工作力度等多种因素的影响,因此不能完全代表当地的结核病自然发病水平,对研究结果造成一定的偏倚。

利益冲突 无

### 参 考 文 献

- [1] 单志力,徐刚,周祖木,等. 2008—2013年温州市肺结核疫情时空流行病学分析[J]. 中国防痨杂志, 2016, 38(2): 99-103. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6621.2016.02.006.
- [2] 李婷,何金戈,杨长虹,等. 基于空间聚集性与时空扫描的肺结核流行特征分析[J]. 中国防痨杂志, 2016, 38(12): 1032-1040. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6621.2016.12.007.
- [3] 陈晨春,唐咸艳. 2008—2013年南宁市梅毒小尺度的时空聚集性研究[J]. 中国皮肤性病杂志, 2015, 29(7): 699-703. DOI: 10.13735/j.cjdv.1001-7089.201409105.
- [4] 高梦婷,王棠,王科坤,等. 湖北省2010—2013年艾滋病时空分布特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2017, 38(3): 354-358. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.03.016.
- [5] Tsai PJ, Lin ML, Chu CM, et al. Spatial autocorrelation analysis of health care hotspots in Taiwan in 2006 [J]. BMC Public Health, 2009, 9: 464. DOI: 10.1186/1471-2458-9-464.
- [6] 黄飞,成诗明,杜昕,等. 中国2003—2008年新涂阳肺结核登记的空间分析[J]. 中华流行病学杂志, 2010, 31(11): 1276-1279. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2010.11.017.
- [7] Zhao F, Cheng S, He G, 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.
- [8] Dangisso MH, Datiko DG, Lindtjorn B. Spatio-temporal analysis of smear-positive tuberculosis in the sidama zone, southern Ethiopia [J]. PLoS One, 2015, 10(6): e0126369. DOI: 10.1371/journal.pone.0126369.
- [9] Tanrikulu AC, Acemoglu H, Palanci Y, et al. Tuberculosis in Turkey: high altitude and other socio-economic risk factors [J]. Public Health, 2008, 122(6): 613-619. DOI: 10.1016/j.puhe.2007.09.005.
- [10] 李永文,程俊,王浩,等. 山东省2015年肺结核发病时空特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2016, 37(9): 1257-1261. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.09.015.
- [11] 苟发香,刘新风,刘东鹏,等. 甘肃省2009—2014年乙型肝炎报告发病率的时空聚集性研究[J]. 中华流行病学杂志, 2016, 37(1): 85-89. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.01.018.
- [12] 朱成华,宋秀霞,姜庆五. 四川省凉山州艾滋病流行原因及防治状况进展[J]. 复旦学报:医学版, 2015, 42(5): 675-679. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8467.2015.05.020.

(收稿日期:2017-04-17)

(本文编辑:斗智)