

基于地理探测器的我国西南部分地区细菌性痢疾发病影响因素分析

王晓风 张业武 马家奇

中国疾病预防控制中心信息中心, 北京 102206

通信作者: 张业武, Email: zhangyw@chinacdc.cn

【摘要】 目的 利用地理探测器分析我国西南部分地区细菌性痢疾(菌痢)发病与气象、环境和社会经济相关因素的关系。**方法** 利用中国传染病报告管理信息系统2005—2014年四川省、云南省和西藏自治区(西南地区)菌痢报告数据及气象数据、地形环境和社会经济因素数据,应用地理探测器模型中4种不同的工具进行数据分异性统计分析,评估疾病发病率与相关因子在空间分布的一致性,探讨不同因子对疾病分布的影响。**结果** 通过地理探测器分析发现,自变量对因变量的解释度(power of determinant, PD)最大值是平均海拔和民族, PD 值分别为0.308和0.260,其次是夏季平均气温、地形、海拔标准差、坡度、人口密度,夏季平均相对湿度、夏季平均降水量、地区生产总值的 PD 值均 <0.200 。通过生态探测器发现,夏季平均降水量、地区生产总值与平均海拔、海拔标准差、坡度、地形和民族的 PD 值差异均有统计学意义($P<0.05$)。通过交互探测器发现,夏季平均相对湿度与夏季平均气温、人口密度、地区生产总值的空间交互后 PD 值大于两因素 PD 值之和,呈现非线性叠加增强。通过风险区探测器发现,在夏季平均气温适中、夏季平均降水量少、夏季相对湿度适中、平均海拔高、海拔标准差大、坡度大、山地地形、藏缅语族居民,人口密度低、地区生产总值低的区域,菌痢发病率高。**结论** 我国西南地区的气象条件、地形环境状况决定了地区菌痢流行的人群基础,不同经济发展水平的人群社会经济行为、卫生条件的差异则直接影响菌痢在人群间传播,最终影响菌痢发病率的高低。因此,关注社会经济手段的传播干预将有利于控制菌痢流行。

【关键词】 地理探测器; 细菌性痢疾; 发病; 影响因素

基金项目: 国家自然科学基金联合基金项目(U1611264); 国家重点研发计划(2016YFC1200703); 国家科技重大专项(2017ZX10303401-005)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2019.08.015

Factors influencing the incidence of bacterial dysentery in parts of southwest China, using data from the geodetector

Wang Xiaofeng, Zhang Yewu, Ma Jiaqi

Information Center, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China

Corresponding author: Zhang Yewu, Email: zhangyw@chinacdc.cn

【Abstract】 Objective To analyze the relationship between the incidence of bacterial dysentery and related meteorological, environmental and socio-economic factors in parts of southwest China, under the geodetector. **Methods** Incidence data on bacillary dysentery from 2005 to 2014 was collected from the China infectious disease reporting system and meteorological, terrain environment and socio-economic related data were used for statistical analysis with geodetector also used, in Sichuan province, Yunnan province and the Tibet autonomous region (southwest China). **Results** Through geodetector model, results showed that the elevation maximum value of power of determinant (PD) ($PD=0.308$), ethnicity ($PD=0.260$), followed by summer mean temperature, topography, elevation standard deviation, slope, population density were noticed. The maximum value of PD of summer average relative humidity, summer average precipitation, and regional GDP were all less than 0.200. In the ecological detector model, value of PD appeared significantly different from multiple factors such as summer average precipitation, regional GDP, average altitude, elevation standard deviation, slope, terrain and ethnicity ($P<0.05$). In the interactive detector model, after the spatial interaction, factors as: value on PD of summer average relative humidity, population density and regional GDP were larger than the value on the sum of PD of two factors with nonlinear superposition

enhancing trend. Results from the risk zone detection showed that areas of moderate average summer temperature, low average precipitation, moderate average summer relative humidity, high average altitude, large elevation standard deviation, high slope, mountain topography, Tibeto-Burmese of ethnicity, low population density, low regional GDP were all related to the high incidence rates of bacterial dysentery. **Conclusions** Meteorological conditions and topography environments were related to the bacterial dysentery in southwest China, socio-economic behaviors depends on the level of economic development and sanitary conditions *etc.* were all directing influencing the transmission and incidence of bacterial dysentery. For developing a better intervention programs on bacillary dysentery, socio-economic means should be used for the control of bacillary dysentery, in the region.

【Key words】 Geographic detector; Bacterial dysentery; Incidence; Related factors

Fund programs: Joint Funds of WHO and National Natural Science Foundation of China (U1611264); National Key Research and Development Project (2016YFC1200703); National Science and Technology Major Project of China (2017ZX10303401-005)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2019.08.015

细菌性痢疾(菌痢)为我国法定监测报告传染病,其报告病例数一直处于甲乙类传染病前5位,且地区间报告发病率水平分布不均,呈东西向梯度增加,高发病率地区主要集中在欠发达的西部内陆省份^[1-2]。时空聚集性分析显示我国西南和西北地区分别存在菌痢高发病率区域^[1],且四川省、云南省和西藏自治区(西藏)2005—2014年菌痢高发地区具有明显的高发聚集性且环境条件特征明显^[1,3]。前期空间统计分析研究发现,气象、地形和社会经济等因子变量在菌痢高低发病地区组间分布差异有统计意义^[3]。菌痢发病与海拔、地形起伏呈正相关,与经济发展水平呈负相关;但菌痢高发地区气温和降雨量等气象因子水平较低发地区反而较低,与预期结果不太一致。本研究通过地理探测器模型评估菌痢发病率与相关环境因子在空间分布的一致性,对前期研究结果进行验证,进一步探讨疾病的发病率高与相关环境因子的关系,为本地区菌痢的预防和控制提供理论依据。

资料与方法

1. 资料来源:菌痢疫情数据来自中国传染病报告管理信息系统。2005—2014年四川省、云南省和西藏(西南地区)各县(区)各年度菌痢报告发病数,即为系统2005—2014年各地报告的菌痢病例(包括临床诊断和实验室诊断)的县(区)统计数据。

气象因素数据包括来自全球变化科学研究数据出版系统(<http://www.geodoi.ac.cn>)的2010年各月气温数据,以及来自地面气象站点的月降水量、相对湿度经空间差值得到各区(县)夏季平均气温、夏季平均降雨量和夏季平均相对湿度。基础地理信息数据来自国家基础信息中心,以及经SRTM 90 m DEM数据和数字高程模型提取得到的各区(县)地形海拔因子,包括平均海拔、海拔标准差、坡度。社会经济

资料来自于中国县(市)社会经济统计年鉴,以2010年为主,包括人口密度、地区生产总值、非农业人口比例。

2. 地理探测器:由一套探测空间分异性并揭示其背后驱动力的一组统计学方法组成。其基本假设是如果某个自变量对某个因变量有重要影响,那么自变量和因变量的空间分布应该具有相似性^[4]。其理论核心是通过计算空间异质性来探测因变量与自变量之间空间分布格局的一致性,并由此来衡量自变量对因变量的解释度(power of determinant, PD)。地理探测器由因子探测器、生态探测器、交互作用探测器和风险区探测器4个探测器组成。该模型原理和统计方法见文献^[4]。

(1)分异及因子探测器:用于探测空间分异性,以及探测因子多大程度上解释地理属性的空间分异。即通过计算PD值来度量变量或因子在空间上形成的分区或分类的空间分异性,采用非中心F分布检验其显著性,其计算公式:

$$PD = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} = 1 - \frac{SSW}{SST}$$

其中 $h=1, L$ 为变量 Y 或因子 X 的分类或分区, N_h 和 N 分别为各分区和全区的样本数, σ_h^2 和 σ^2 分别为分区和全区因变量的方差。SSW和SST分别是区内方差之和和全区总方差。

PD的值域为 $[0, 1]$,值越大说明此种分区下变量 Y 或因子 X 的空间分异性越明显;如果分区是由自变量 X 生成的,则PD值越大表示自变量 X 对属性 Y 的解释力越强,反之越弱。极端情况下,PD值为1表明因子 X 完全控制了 Y 的空间分布,PD值为0则表明因子 X 与 Y 没有任何关系。

分异及因子探测器可以用于评估环境因子对菌痢发病率高低的影响程度,检验某种环境因子是否为菌痢发病率空间分布格局的原因。

(2)生态探测器:用于比较不同因子变量对因变量空间分布的影响是否有显著的差异,通过 F 统计量来进行检验。

$$F = \frac{N_{X1}(N_{X2}-1)SSW_{X1}}{N_{X2}(N_{X1}-1)SSW_{X2}}, SSW_{X1} = \sum_{h=1}^{L1} N_h \sigma_h^2, SSW_{X2} = \sum_{h=1}^{L2} N_h \sigma_h^2$$

式中, N_{X1} 及 N_{X2} 分别表示两个因子 $X1$ 和 $X2$ 的样本量, SSW_{X1} 和 SSW_{X2} 分别表示由 $X1$ 和 $X2$ 形成的分区的区内方差之和; $L1$ 和 $L2$ 分别表示因子 $X1$ 和 $X2$ 分区数目。

其中,零假设 $H_0: SSW_{X1} = SSW_{X2}$,检验水准 $\alpha = 0.05$,如果检验拒绝 H_0 ,这表明两因子 $X1$ 和 $X2$ 对因变量 Y 的空间分布的影响的差异有统计学意义。生态探测器可以用来评估不同环境因子变量对菌痢发病率空间分布的影响差异有无统计学意义。

(3)交互作用探测器:通过两个因子变量空间交互(叠加)形成新的分区,将交互分区的 PD 值 $[PD(X1 \cap X2)]$ 分别与两因子 PD 值 $[PD(X1)]$ 和 $PD(X2)]$ 进行比较,进而判断两因子交互作用的类型: $[PD(X1 \cap X2)]$ 小于 $PD(X1)$ 和 $PD(X2)$ 两者最小值为非线性减弱,大于两者最大值为双因子增强,大于两者之和则为非线性增强,等于两者之和则两因子独立;交互作用探测器可以用来分析不同环境因子变量对菌痢发病率高低的交互作用,判断对发病率高低的影响是减弱、增强或独立。

(4)风险区探测器:用于对因子分区内两个不同子区域间因变量值的差异比较。用 t 检验,双侧检验,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

$$t_{\bar{y}_{h=1} - \bar{y}_{h=2}} = \frac{\bar{y}_{h=1} - \bar{y}_{h=2}}{\sqrt{\frac{Var(\bar{y}_{h=1})}{n_{h=1}} + \frac{Var(\bar{y}_{h=2})}{n_{h=2}}}}$$

其中 $\bar{y}_h$ 表示子区域 h 内的因变量均值, n_h 为子区域 h 内的样本数量, Var 表示方差。其中零假设 $H_0: \bar{y}_{h=1} = \bar{y}_{h=2}$,如果在置信水平 α 下拒绝 H_0 ,则认为两个子区域间的因变量均值存在着显著的差异。

风险区探测器揭示了环境因子在不同区间时菌痢发病率高低及差异,可以用于搜索菌痢的发病风险区。基于地理探测器模型进行因子和影响力分析,其优点是统计结果 PD 值具有明确的物理含义,而且模型使用没有过多的条件限制和参数设置,对变量无线性假设,对多变量共线性免疫,交互作用不限于乘性交互,模型普适性好^[4]。

3. 数据预处理:西部区(县)总人口数偏少,报告发病数逐年减少,少量病例变动可能导致发病率结果产生较大波动,对空间分布状态的分析存在较大影响。为减少波动,消除年度极端情况或偶然事件

的影响,因此使用10年平均发病率用于模型分析。

地理探测器可以处理连续和离散环境变量,但是连续型变量必须先离散化。本研究间隔数设置取2~10,然后对每种连续型变量应用5种离散化方法9种间隔数设置,即每个连续型变量37种离散化结果,用地理探测器中的分异及因子探测器计算度量 PD 值,选择 PD 值最大即最优离散化方案用于后续分析。

结果

1. 菌痢报告发病率空间分布:2005—2014年四川省、云南省和西藏3省份菌痢报告发病率整体呈下降趋势,年平均报告发病率在县级尺度空间分布不均,四川省中西部由北向南一直延伸到云南省西北部的条带区域发病率相对较高;西藏东南部地区发病率也较高,见图1。

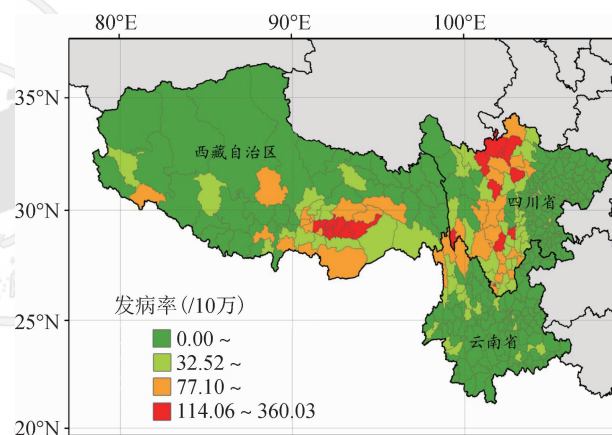


图1 2005—2014年四川省、云南省和西藏自治区分区县细菌性痢疾年平均报告发病率(/10万)

2. 环境因子空间分布:利用地理探测器模型对各连续型环境变量进行离散化分割,其中部分因子在分区间隔较大时出现过度离散化,如海拔标准差在Equal Interval 10等分时取得最大 PD 值,但是并无区(县)的平均海拔标准差落入第9区间,且仅1个区(县)落入第10区间,即过度离散化,则取次大 PD 值作为最佳离散化方法,依此类推;非农业人口比例各种离散分割 PD 值差异均无统计学意义。见表1。

对环境因子按照分类进行空间分布制图,其中连续型因子则结合以上最优离散化分割结果按照最优分割点进行分区制图(图2)。西南地区地处青藏高原东南部,海拔从东往西逐渐升高;东部盆地、平原和西部高原地势较平稳,坡度平缓,中部接壤地带是川藏高山峡谷区,海拔标准差和坡度大。气象方面,夏季平均气温、降水、相对湿度由东往西逐渐降

表1 连续型变量最优离散化

连续型变量	方法	间隔数	最优分割点
夏季平均气温(℃)	Equal Interval	8	8.58, 11.10, 13.63, 16.15, 18.67, 21.20, 23.72, 26.24, 28.77
夏季平均降水(mm)	Quantile	7	13.70, 109.86, 142.60, 180.60, 195.72, 216.14, 260.22, 496.01
夏季平均相对湿度(%)	Natural Breaks	7	38.04, 51.53, 61.78, 68.22, 73.02, 76.90, 80.57, 86.69
平均海拔(m)	Natural Breaks	10	297.46, 481.80, 771.86, 1 152.51, 1 521.82, 1 905.59, 2 413.14, 3 182.61, 3 985.39, 4 554.93, 5 149.87
海拔标准差(m)	Natural Breaks	6	7.56, 123.57, 265.29, 403.84, 564.91, 829.17, 1 618.05
坡度(°)	Quantile	9	0.58, 5.30, 9.03, 12.57, 15.31, 17.39, 19.30, 21.29, 24.10, 31.32
人口密度(人/km ²)	Geometrical Interval	9	0.12, 6.15, 20.97, 57.40, 146.95, 367.09, 908.25, 2 238.55, 5 508.76, 13 547.72
地区生产总值(亿元)	Natural Breaks	10	1.25, 11.34, 24.55, 40.78, 60.08, 85.34, 119.62, 166.45, 254.43, 390.01, 540.22
非农业人口比例(%)	-	-	-

注: - 为各种离散分割PD值均无统计学意义

低或减少,高温区域位于四川盆地东南角,西藏西部大片区域青藏高原腹地降水稀少,在降水和温度的共同影响下相对湿度以云南南部为最高。社会经济方面,西部地区地广人稀,东南部尤其以四川省中、东部人口密集,地区生产总值高。中国西南省份为多民族省份,青藏高原地区包括西藏全部、四川省西部是藏缅语族群主要分布区域。

3. 地理探测器分析:

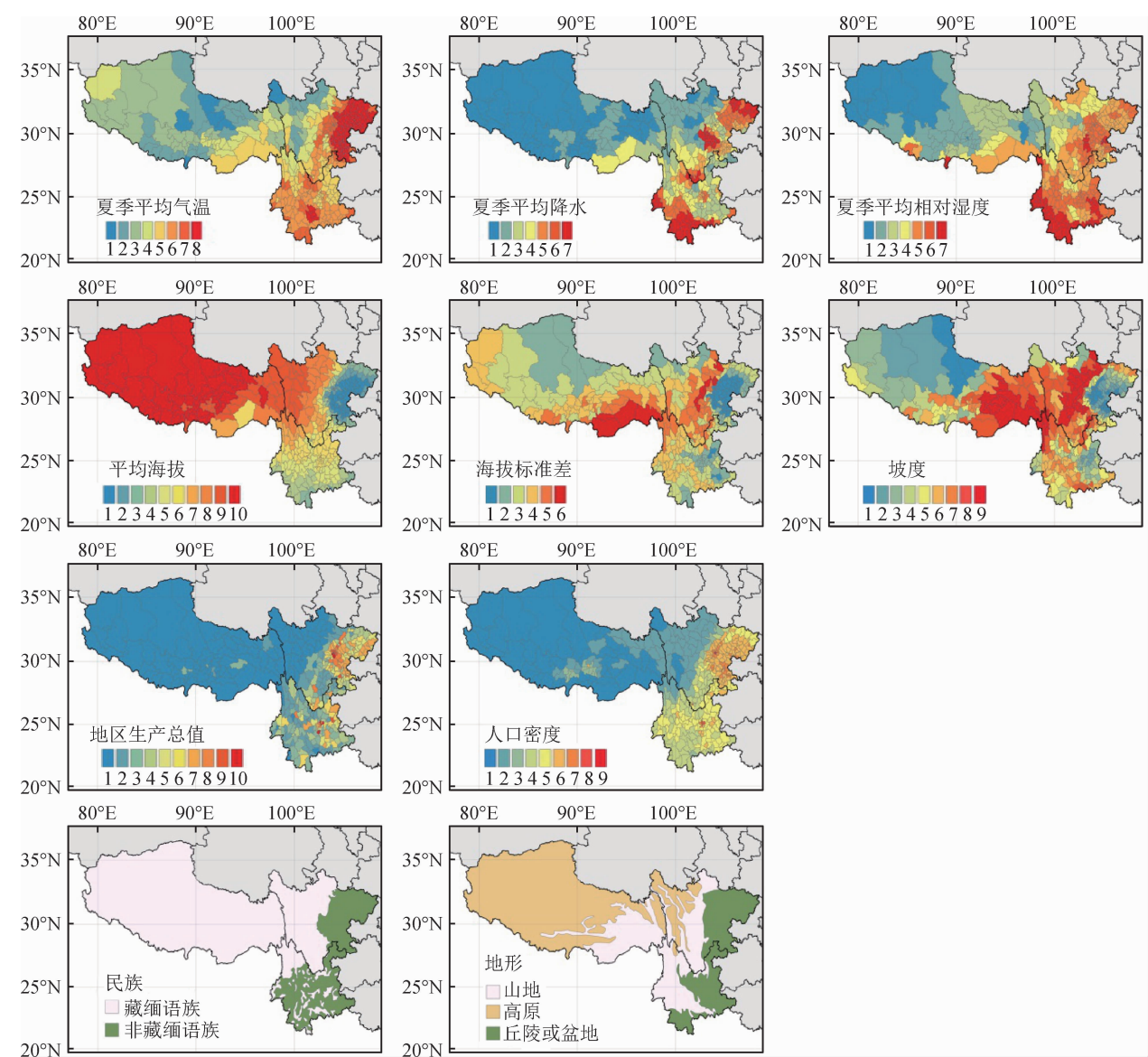
(1) 风险因子探测器:基于菌痢发病率,将按最优分割原则进行离散化后的气候、地理、经济因素等变量以及地形、民族离散型变量的分类变量分别纳入到因子探测器进行分析,结果发现各环境因素PD值均通过显著性检验,按从高到低排序依次为:平均海拔(0.308) > 民族(0.260) > 夏季平均气温(0.253) > 地形(0.252) > 海拔标准差(0.251) > 坡度(0.241) > 人口密度(0.222) > 夏季平均降水量(0.174) > 地区生产总值(0.137) > 夏季平均相对湿度(0.128)。地形海拔因子单因素PD值相对较高,而社会经济因素和气象因素PD值均不突出。

(2) 生态探测器:见表2。其中夏季降水量、地区生产总值的PD值低,与PD值稍高的平均海拔、海拔标准差、民族、地形的影响力PD值差异有统计学意义;夏季降水量与平均海拔、夏季相对湿度与民族与坡度的影响力PD值差异有统计学意义。平均海拔、地形、海拔标准差、坡度、民族、人口密度和夏季气温间的影响力PD值稍高,差异均无统计学意义。

(3) 交互探测器:各环境因素两两交互叠加对菌痢发病率分区,进行交互探测分析,交互探测的结果PD值见表3。环境因素间交互探测PD值均大于因素各自因子探测PD值,主要环境因素与其他因素交互作用的影响比独立影响得到增强,都存在交互作用加强的趋势。夏季相对湿度与夏季平均气温、人口密度、地区生产总值的交互作用PD值已经大于

独立PD值加和,为非线性增强。

(4) 风险区探测器:①夏季平均气温居中的区间(level 4)菌痢平均发病率最高,与其他区间平均发病率差异有统计学意义;夏季平均气温最高的区间(level 8)菌痢平均发病率最低,与除气温最低区间(level 1)外其他区间平均发病率差异均有统计学意义;②夏季平均降水量少的区间(level 1、2)菌痢平均发病率高,与其他区间平均发病率差异均有统计学意义;③夏季相对湿度居中的区间(level 4)和较低的区间(level 2)菌痢平均发病率较高,与湿度较高的区间(level 5、6、7)平均发病率差异有统计学意义;④平均海拔高的区间(level 7、8、9、10)菌痢平均发病率高,与平均海拔低的区间(level 1、2、3、4、5)平均发病率差异均有统计学意义,其中平均海拔level 8区间平均发病率最高,与所有其他区间平均发病率差异均有统计学意义;⑤海拔标准差较高的区间(level 5)菌痢平均发病率最高,与其他区间平均发病率差异均有统计学意义;其次海拔标准差较高的区间(level 4)菌痢平均发病率较高,与海拔标准差低的区间(level 1、2、3)平均发病率差异有统计学意义;平均坡度最大的区间(level 9)菌痢平均发病率最高,与其他区间平均发病率差异均有统计学意义,平均坡度较小的区间(level 2)平均发病率最低,与其他区间平均发病率差异均有统计学意义;⑥平均人口密度低的区间(level 1、2、3、4)菌痢平均发病率高,与人口密度居中的区间(level 5、6、7)平均发病率差异有统计学意义;⑦地区生产总值低的区间(level 1)菌痢平均发病率最高,与除地区生产总值高的区间(level 8)外其他区间平均发病率差异均有统计学意义;地区生产总值居中的区间(level 5、6、7)菌痢平均发病率最低,与地区生产总值低的区间(level 1、2、3)和最高的区间(level 10)平均发病率差异有统计学意义;⑧不同民族、不同地形区域菌



注:气温、降水、相对湿度、海拔、海拔标准差、坡度、地区生产总值和人口密度等连续型环境因子,分级数据范围参照表1最优分割点;藏缅语族:按照语言系属分类归属于汉藏语系的一个少数民族族群(包括彝、纳西、哈尼、拉祜等民族),族群的语言有密切的亲缘关系,风俗习惯、宗教信仰、饮食起居等生活方式都非常接近

图2 气象、地形和社会经济等环境因子空间分布

表2 环境因素对菌痢发病率空间分布影响的差异性

环境因素	平均海拔	民族	夏季气温	地形	海拔标准差	坡度	人口密度	夏季降水量	地区生产总值	夏季相对湿度
平均海拔	0.308									
民族	N	0.260								
夏季气温	N	N	0.253							
地形	N	N	N	0.252						
海拔标准差	N	N	N	N	0.251					
坡度	N	N	N	N	N	0.241				
人口密度	N	N	N	N	N	N	0.222			
夏季降水量	Y	N	N	N	N	N	N	0.174		
地区生产总值	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	0.137	
夏季相对湿度	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	0.128

注:F检验,Y为差异有统计学意义,N为差异无统计学意义;黑体表示PD值

痢平均发病率差异均有统计学意义。其中藏缅语族群菌痢发病率高,山地地形区域菌痢平均发病率最高,高原其次,丘陵或盆地菌痢平均发病率最低。

风险区探测器结果显示,各因素与菌痢发病率关系大致为:夏季平均降水量与菌痢发病率呈负向关系,平均海拔高度、海拔标准差、平均坡度与菌痢

表3 环境因素对菌痢发病率空间分布的交互作用(PD值)

环境因素	平均海拔	民族	夏季气温	地形	海拔标准差	坡度	人口密度	夏季降水量	地区生产总值	夏季相对湿度
平均海拔	0.308									
民族	0.366	0.260								
夏季气温	0.468	0.405	0.253							
地形	0.422	0.402	0.400	0.252						
海拔标准差	0.469	0.397	0.458	0.410	0.251					
坡度	0.468	0.382	0.460	0.395	0.363	0.241				
人口密度	0.428	0.312	0.433	0.401	0.450	0.442	0.222			
夏季降水量	0.374	0.302	0.419	0.402	0.392	0.396	0.358	0.174		
地区生产总值	0.373	0.286	0.322	0.342	0.373	0.358	0.286	0.274	0.137	
夏季相对湿度	0.384	0.327	0.396	0.335	0.359	0.348	0.399	0.266	0.268	0.128

注:黑体表示存在非线性增强

发病率呈正向关系,夏季平均温度、夏季平均相对湿度、平均人口密度、地区生产总值与菌痢发病率单向关系不明显,在中间值区域菌痢发病率最高或最低,平均气温最高时发病率最低,夏季相对湿度低、人口密度低、地区生产总值低时发病率更高。

讨 论

基于地理探测器的风险区探测结果显示,夏季平均气温低、降水量少、相对湿度低、人口密度低、地区生产总值低的地区,菌痢平均发病率高,平均海拔高、海拔标准差大、平均坡度大的地区,菌痢平均发病率高。与本课题组前期研究结果基本一致。

通过地理探测器的因子探测,最主要的因素是平均海拔,其他地理环境因子如地形、海拔标准差、坡度等PD值也相对较高,但与PD值次之的夏季平均气温、民族、人口密度影响力的PD值差异无统计学意义,研究区域各因子的空间异质性以及对菌痢发病的影响相对一致。整个研究区域由于地形地理的独特性,基于平均海拔、海拔标准差、坡度等形成了特定的地形环境和民族聚居及其相应的人口规模^[5]。人群主要集中在海拔较低的盆地或河谷,而不是高寒地区^[5],整体分布表现为平均海拔高度高、平均坡度大、海拔标准差较大,对应的山地地形、藏缅语族居住、人口密度低。地区生产总值、夏季平均相对湿度单因子探测PD值最低,在生态探测器中与平均海拔高度、海拔标准差、坡度、地形和民族等因素均差异显著。同时在交互探测器中,夏季平均相对湿度与人口密度、地区生产总值呈现叠加增强效果,这是由于气象因素、社会经济因素对菌痢传播流行的机制与地理环境因子不一样所致。有研究表明菌痢的致病菌志贺菌最适宜温度是37℃,较高的温度可能会增加病原菌活性,促进细菌生长,细菌适宜生存环境扩大等^[6-7],菌痢传播的潜在风险增加。这样的高温天气主要出现在夏、秋季节,因此菌痢发病

有一定季节性,主要发病在夏季。在人类生活气温范围内温度越高菌痢流行风险越大,因子探测表现为夏季平均气温PD值较高,但风险探测器结果显示温度不太高也不太低的区域发病率高。分析研究区域地形变化巨大,气温、降水等会受到地形起伏的影响^[8-10]。地形升高会出现温度垂直变化,不同的地形对气流的运行有不同的作用,降水的分布也不同。青藏高原地势高,水汽难以爬升高原面形成降水,高原上的降水不多,而更少的降水通常伴随着较低的相对湿度。因此在中国西南地区,通过气候条件和自然地理环境的适宜性选择形成特定的人群社会环境和地区菌痢发病流行的人群基础。受特定的地形地理条件的影响,使得气候条件对当地菌痢传播流行的直接影响不明显。

菌痢的发病率与社会经济状况负相关^[11-13]。菌痢主要是通过人与人之间的接触以及粪-口途径传播,高山峡谷地区交通不便利,经济发展、生活基础设施落后,特别是藏缅语族等少数民族的文化和生活习惯,例如生食或饮水,用手吃饭而不是使用餐具和一些特殊的食品生产方法^[14-16],存在菌痢接触传播高风险。前期研究发现,少数民族自治区菌痢的发病率是城市的2倍^[1,17],居住在山区的藏缅语族群的风险是其他民族或其他地方的藏缅语族群的3.06倍^[18]。经济发展水平高有利于促进生活环境、卫生条件的改善,保证安全的水和食物的供应,降低菌痢接触传播风险,同时地区生产总值、医院病床数量、医疗和技术人员与菌痢的风险显著负相关^[19]。但经济发展水平越高,人群越集中,人与人接触传播的风险也会提高。因此在风险区探测结果中,地区生产总值、人口密度较高地区的菌痢发病率相对最低,与地区生产总值、人口密度低地区的菌痢发病率存在显著差异,而与地区生产总值、人口密度最高地区的发病率差异无统计学意义。社会经济条件直接影响着菌痢在人群间的传播和阻断,成为区域菌痢

流行的关键因素。

本研究存在不足。本研究模型因子分析气象和社会经济资料均以2010年为代表,而菌痢疫情长时间趋势变化,气象条件亦日新月异,因子分析的时间匹配有一定影响,特别是气象变量的影响需要更精细数据和模型检验。

综上所述,我国西南地区的气象条件、地形环境状况决定了地区菌痢流行的人群基础,不同经济发展水平的人群社会经济行为、卫生条件的差异则直接影响菌痢在人群中传播,最终影响菌痢发病率的高低。需重点关注人文环境、经济状况、教育水平、卫生条件等因素,利用社会经济手段实施区域菌痢的传播干预,将有利于控制菌痢暴发流行。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Zhang H, Si YL, Wang XF, et al. Patterns of bacillary dysentery in China, 2005–2010 [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2016, 13(2): 164. DOI: 10.3390/ijerph13020164.
- [2] Xu ZW, Hu WB, Zhang YW, et al. Spatiotemporal pattern of bacillary dysentery in China from 1990 to 2009: what is the driver behind? [J]. *PLoS One*, 2014, 9(8): e104329. DOI: 10.1371/journal.pone.0104329.
- [3] 王晓风,张业武,史倩楠.我国西南地区细菌性痢疾发病热点分布特征及相关环境因素关系[J]. *疾病监测*, 2018, 33(7): 573–579. DOI: 10.3784/j.issn.1003-9961.2018.07.010.
Wang XF, Zhang YW, Shi QN. Spatial distribution of hot spots of bacterial dysentery and related environmental factors in southwestern China [J]. *Dis Surveill*, 2018, 33(7): 573–579. DOI: 10.3784/j.issn.1003-9961.2018.07.010.
- [4] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J]. *地理学报*, 2017, 72(1): 116–134. DOI: 10.11821/dlxb201701010.
Wang JF, Xu CD. Geodetector: principle and prospective [J]. *Acta Geogr Sin*, 2017, 72(1): 116–134. DOI: 10.11821/dlxb201701010.
- [5] 封志明,唐焰,杨艳昭,等.中国地形起伏度及其与人口分布的相关性[J]. *地理学报*, 2007, 62(10): 1073–1082. DOI: 10.11821/dlxb200710007.
Feng ZM, Tang Y, Yang YZ, et al. The relief degree of land surface in China and its correlation with population distribution [J]. *Acta Geogr Sin*, 2007, 62(10): 1073–1082. DOI: 10.11821/dlxb200710007.
- [6] Viswanathan VK. *Shigella* takes the temperature [J]. *Gut Microbes*, 2013, 4(4): 267–268. DOI: 10.4161/gmic.25726.
- [7] Lake IR, Gillespie IA, Bentham G, et al. A re-evaluation of the impact of temperature and climate change on foodborne illness [J]. *Epidemiol Inf*, 2009, 137(11): 1538–1547. DOI: 10.1017/S0950268809002477.
- [8] Kattel DB, Yao T, Yang K, et al. Temperature lapse rate in complex mountain terrain on the southern slope of the central Himalayas [J]. *Theoret Appl Climatol*, 2013, 113(3/4): 671–682. DOI: 10.1007/s00704-012-0816-6.
- [9] 王凌梓,苗峻峰,韩芙蓉.近10年中国地区地形对降水影响研究进展[J]. *气象科技*, 2018, 46(1): 64–75. DOI: 10.19517/j.1671-6345.20170081.
- [10] Wang LZ, Miao JF, Han FR. Overview of impact of topography on precipitation in China over last 10 years [J]. *Meteor Sci Technol*, 2018, 46(1): 64–75. DOI: 10.19517/j.1671-6345.20170081.
- [11] Dong DD, Su PC, Sun M, et al. Precipitation characteristics in complex terrains in southeast margin of Qinghai-Tibet Plateau [J]. *Yangtze River*, 2017, 48(10): 33–39, 64. DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2017.10.008.
- [12] Kotloff KL, Winickoff JP, Ivanoff B, et al. Global burden of *Shigella* infections: implications for vaccine development and implementation of control strategies [J]. *Bull World Health Organ*, 1999, 77(8): 651–666.
- [13] Xiao GX, Xu CD, Wang JF, et al. Spatial-temporal pattern and risk factor analysis of bacillary dysentery in the Beijing-Tianjin-Tangshan urban region of China [J]. *BMC Public Health*, 2014, 14: 998. DOI: 10.1186/1471-2458-14-998.
- [14] Carlton EJ, Liang S, McDowell JZ, et al. Regional disparities in the burden of disease attributable to unsafe water and poor sanitation in China [J]. *Bull World Health Organ*, 2012, 90(8): 578–587. DOI: 10.2471/BLT.11.098343.
- [15] 邓云琼. 2004—2010年凉山彝族自治州细菌性痢疾流行特征分析[J]. *职业与健康*, 2011, 27(22): 2528–2530. DOI: 10.13329/j.cnki.zyyjk.2011.22.019.
Deng YQ. Epidemic features of bacillary dysentery in Liangshan Yi autonomous prefecture during 2004–2010 [J]. *Occup Health*, 2011, 27(22): 2528–2530. DOI: 10.13329/j.cnki.zyyjk.2011.22.019.
- [16] 刘剑伟,张新霞,王佳,等.西藏与内地主要传染病情况对比分析[J]. *第三军医大学学报*, 2005, 27(22): 2303–2304. DOI: 10.3321/j.issn.1000-5404.2005.22.033.
Liu JW, Zhang XX, Wang J, et al. Contrast analysis on infectious diseases in Tibet and backland [J]. *Acta Acad Med Mil Tert*, 2005, 27(22): 2303–2304. DOI: 10.3321/j.issn.1000-5404.2005.22.033.
- [17] 李开琴. 1997—2006年宁南县细菌性痢疾发病分析[J]. *预防医学情报杂志*, 2007, 23(5): 579–581. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4028.2007.05.023.
Li KQ. Analysis on 1954 bacillary dysentery cases reported in Ningnan county from 1997 to 2006 [J]. *J Prev Med Inf*, 2007, 23(5): 579–581. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4028.2007.05.023.
- [18] Wang XY, Tao FB, Xiao DL, et al. Trend and disease burden of bacillary dysentery in China (1991–2000) [J]. *Bull World Health Organ*, 2006, 84(7): 561–568.
- [19] Zhang H, Si YL, Wang XF, et al. Environmental drivers and predicted risk of bacillary dysentery in Southwest China [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2017, 14(7): E782. DOI: 10.3390/ijerph14070782.
- [20] Ma Y, Zhang T, Liu L, et al. Spatio-temporal pattern and socio-economic factors of bacillary dysentery at county level in Sichuan province, China [J]. *Sci Rep*, 2015, 5: 15264. DOI: 10.1038/srep15264.

(收稿日期:2019-01-11)

(本文编辑:斗智)