

广东省育龄妇女生殖道沙眼衣原体感染时空分布及其社会经济影响因素*

李 瑞¹ 熊文学¹ 王文娟¹ 周文慷¹ 韩 璐² 凌 莉^{1△}

【提 要】 目的 描述广东省育龄妇女生殖道沙眼衣原体 (genital chlamydia trachomatis, GCT) 感染的时空分布特征, 探讨宏观社会经济因素对其影响。方法 收集广东省 2014—2019 年育龄妇女 GCT 感染筛查结果和相关宏观因素, 基于泊松分布构建包含时间和空间项的贝叶斯时空层次模型, 并使用嵌套拉普拉斯逼近 (integrate nested Laplace approximations, INLA) 进行参数估计。结果 研究期间 GCT 感染时间变化趋势不明显, 但具有显著空间聚集性。调整协变量和时间项后, 高发地区集中在珠三角地区。各市区综合经济发展水平 ($RR=1.185$, 95% $CI: 1.117\sim 1.257$)、人口和交通水平 ($RR=1.058$, 95% $CI: 1.012\sim 1.106$) 与 GCT 感染呈正相关, 而医疗卫生水平与其呈负相关 ($RR=0.942$, 95% $CI: 0.924\sim 0.960$)。结论 广东省育龄妇女 GCT 感染具有空间聚集性, 社会经济因素与其感染密切相关。

【关键词】 生殖道沙眼衣原体 社会经济因素 贝叶斯时空层次模型 嵌套拉普拉斯逼近

【中图分类号】 R173 **【文献标识码】** A **DOI** 10.11783/j.issn.1002-3674.2024.04.009

Spatiotemporal Patterns of Genital Chlamydia Trachomatis Infections among Women of Childbearing Age and Impact of Social – economic Factors in Guangdong, China

Li Rui, Xiong Wenxue, Wang Wenjuan, et al (Faculty of Medical Statistic, School of Public Health, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080)

【Abstract】 Objective To describe the spatiotemporal patterns of genital chlamydia trachomatis (GCT) infections in Guangdong, and to explore social – economic factors associated with the risk of GCT infections. **Methods** Data of GCT infections among women of childbearing age in Guangdong province from 2014 to 2019 and social – economic factors were collected. Bayesian spatiotemporal hierarchy model with Poisson distribution was established including temporal and spatial terms. Integrate nested Laplace approximates (INLA) was used to estimate the parameters. **Results** GCT infections among women of childbearing age in Guangdong had no obviously temporal effect, but had significantly spatial heterogeneity. After adjusting for fixed covariate effects and temporal random effect, high – risk regions concentrated in Pearl Delta region. Comprehensive economic development ($RR=1.185$, 95% $CI: 1.117\sim 1.257$) and population and transportation level ($RR=1.058$, 95% $CI: 1.012\sim 1.106$) were positively associated with the prevalence of GCT infections, while the health service level had negatively association ($RR=0.942$, 95% $CI: 0.924\sim 0.960$). **Conclusion** The prevalence of GCT infections among women of childbearing age shows spatial clustering characteristics. Social – economic factors are significantly related to the prevalence of GCT infections.

【Key words】 Genital chlamydia trachomatis infections; Social – economic factors; Bayesian spatiotemporal hierarchy model; INLA

生殖道沙眼衣原体 (genital chlamydia trachomatis, GCT) 感染是由沙眼衣原体引起的最常见的细菌类性传播疾病。据世界卫生组织估计, 2020 年全球新发沙眼衣原体感染人数高达 1.29 亿人^[1], 年龄调整发病率约为 2883.87/10 万人^[2]。临床上, 女性感染生殖道沙眼衣原体后症状隐匿, 如不及时治疗常引起严重的生殖系统并发症, 如盆腔炎、异位妊娠和输卵管相关不孕不育等^[3]。更严重的是, 围产期感染易造成早产^[4]、死产、新生儿结膜

炎^[5]和肺炎^[6]等不良妊娠结局, 对育龄期妇女生殖健康及新生儿健康造成严重威胁。

我国已于 2008 年开始在全国范围内性病监测点开展生殖道沙眼衣原体感染监测, 但仍有大量无症状感染者尚未识别。以往针对生殖道沙眼衣原体感染的文献多为基于主动调查或监测点上报数据的描述性研究^[7-8], 缺少大规模的基于无症状人群筛查结果的研究。同时以往探索感染相关影响因素的研究多关注人口学和个体行为特征, 很少聚焦于地区宏观社会经济特征对疾病分布的影响^[7,9-10]。此外, 生殖道沙眼衣原体的感染存在空间聚集性^[11], 忽略空间相关性的影响可能为相关因素作用的估计带来偏倚。广东省经济发达, 人口基数大且流动频繁, 该地区生殖道沙眼衣原体报告发病率处于全国较高水平^[12], 但对其在省内

* 基金项目: 广东省医学科学技术研究基金项目 (A2022314)

1. 中山大学公共卫生学院医学统计学系 (510080)

2. 国家卫生健康委员会男性生殖与遗传重点实验室; 广东省生殖科学研究所 (广东省生殖医院)

△通信作者: 凌莉, E-mail: lingli@mail.sysu.edu.cn

的空间分布尚不了解。因此,本研究基于国家免费孕前检查项目数据,使用贝叶斯时空层次模型,探究广东省 2014—2019 年间育龄妇女 (15~49 岁) 生殖道沙眼衣原体感染的时空分布及宏观社会经济因素,为优化资源配置和制定更精准的防治措施提供理论依据。

对象与方法

1. 数据来源

2010 年原国家计生委与财政部共同组织开展“国家免费孕前优生健康检查项目”试点工作。广东省于 2010 年启动该项目,2014 年全省全面开展^[13]。该项目为近期计划怀孕的育龄夫妇提供健康教育、孕前体格检查、实验室检查、风险评估和咨询指导等服务,其中包含针对育龄妇女的生殖道沙眼衣原体筛查。详细的项目设计和实施方案见参考文献[14-15]。本研究数据来自 2014—2019 年广东省免费孕前优生健康检查项目信息系统,以 15~49 岁育龄妇女为研究对象,纳入 2569577 条数据,剔除生殖道沙眼衣原体检查结果缺失或记录重复的数据共 741704 条 (剔除率: 28.86%),最终纳入 1827873 条观测。本研究根据地理位置和经济发展情况将广东省 21 个市分为 4 个地区:珠三角地区 (广州、深圳、珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆)、粤东地区 (汕尾、汕头、潮州、揭阳)、粤西地区 (湛江、阳江、茂名)、粤北地区 (河源、梅州、清远、韶关、云浮)。社会经济指标来源于《广东省卫生健康年鉴》及《广东省统计年鉴》,从中选择反映市级地区人口、经济水平、人民生活质量、医疗水平与交通水平等 5 项宏观因素的 14 个指标变量。

2. 研究方法

(1) 主成分分析

由于社会经济指标量纲差异较大且可能存在相关性,因此对原始数据在标准化处理的基础上进行主成分分析^[16]。根据 Kaiser 原则,以主成分的特征值 $\lambda_i \geq 1$ 作为标准,提取适量主成分作为综合指标。

(2) 贝叶斯时空层次模型

将 I 市 T 年的育龄妇女生殖道沙眼衣原体检出阳性人数作为因变量,记为 y_{it} ,其中 $i=1, 2, 3, \dots, 21$; $t=1, 2, \dots, 6$ 。 y_{it} 服从以 $E_{it}\rho_{it}$ 为均值的泊松分布 (公式 1),其中 E_{it} 为市区 i 第 t 年的沙眼衣原体期望发病人数, ρ_{it} 为相对发病风险。本研究将最终选择的主成分作为自变量 (x_m),构建泊松分布模型 (公式 2) 作为基础模型,其中 β_0 为截距项,表示全部市区沙眼衣原体的平均对数发病风险, β_m 表示自变量对因变量的影响程度的对数值。

$$y_{it} = \text{poisson}(E_{it}\rho_{it}) \quad (1)$$

$$\text{模型 1: } \log(\rho_{it}) = \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_m x_m \quad (2)$$

在纳入协变量的基础上,考虑检出阳性人数在空间分布的差异 (模型 2),使用 Besag York Mollie (BYM) 卷积模型调整空间效应^[17-18]。空间项包含市区 i 上的非结构化空间项 u_i 和结构化空间项 v_i ,其中结构项服从条件自回归分布并进一步解释了空间相关性引起的随机效应,非结构项服从均数为 0 的正态分布并解释了区域本身的异质性。基于 1 阶 Queen 相邻规则确定空间结构关系。此外,进一步考虑可能的时间效应,如随机时间效应 r_t (模型 3) 和 1 阶随机游走时间效应 r_{1t} (模型 4)。

$$\text{模型 2: } \log(\rho_{it}) = \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_m x_m + u_i + v_i \quad (3)$$

$$\text{模型 3: } \log(\rho_{it}) = \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_m x_m + u_i + v_i + r_t \quad (4)$$

$$\text{模型 4: } \log(\rho_{it}) = \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_m x_m + u_i + v_i + r_{1t} \quad (5)$$

本研究基于偏差信息准则 (deviance information criterion, DIC) 和 Watanabe-Alkaike 信息准则 (WAIC) 作为评价指标,同时考虑模型拟合效果和模型复杂度。选择评价指标数据最小的模型作为最优模型,并计算宏观因素的后验均值与 95% 置信区间 (95% CI)。对空间项进行指数转化后得到每个市区相对于全省的空间风险比,并计算空间相对风险大于 1 的后验超额概率,确定疾病热点地区。使用 R 4.2.0 软件积分嵌套拉普拉斯逼近 (integrate nested Laplace approximates, INLA) 进行贝叶斯推断与计算^[9]。该算法基于隐高斯模型和高斯马尔科夫随机场^[19],作为马尔可夫蒙特卡洛方法 (Markov Chain Monte Carlo, MCMC) 的高效替代方法,被广泛应用于环境学^[20]、生态学^[21-22] 和流行病学^[23-24] 等领域。

结果

1. 描述性分析

本研究共纳入广东省 2014—2019 年 21 个市的 1827873 名 15~49 岁育龄妇女,共检出生殖道沙眼衣原体阳性 18078 例。各年度检出阳性率分别为 9.33/千人, 8.48/千人, 9.76/千人, 11.31/千人, 9.89/千人, 10.74/千人,在均值 9.89/千人附近上下波动。生殖道沙眼衣原体感染以性活跃人群为主,主要分布在 25~29 岁年龄段,占比约为 45.14%;其次为 20~24 岁和 30~34 岁年龄段,占比分别在 21.43% 和 21.31% 左右 (表 1)。表 2 为广东省各市区育龄妇女生殖道沙眼衣原体的感染情况,检出阳性病例主要集中在珠三角地区,尤其是佛山、中山等城市。

表 1 2014—2019 年广东省育龄妇女生殖道沙眼衣原体感染年龄分布

年龄 (岁)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014—2019
15~19	0(0.00)	0(0.00)	2(0.05)	0(0.00)	1(0.03)	0(0.00)	3(0.02)
20~24	815(27.06)	707(28.40)	723(19.65)	678(18.30)	556(19.03)	396(17.44)	3875(21.43)
25~29	1493(49.57)	1267(50.90)	1382(37.55)	1631(44.02)	1322(45.26)	1066(46.94)	8161(45.14)
30~34	519(17.23)	378(15.19)	852(23.15)	858(23.16)	684(23.42)	561(24.70)	3852(21.31)
35~39	145(4.81)	110(4.42)	512(13.91)	376(10.15)	244(8.35)	181(7.97)	1568(8.67)
40~44	36(1.20)	27(1.08)	181(4.92)	127(3.43)	73(2.50)	49(2.16)	493(2.73)
45~49	4(0.13)	0(0.00)	28(0.76)	35(0.94)	41(1.40)	18(0.79)	126(0.70)
合计	3012(100%)	2489(100%)	3680(100%)	3705(100%)	2921(100%)	2271(100%)	18078(100%)

注:表中括号外数据为感染例数,括号内数据为年龄构成比(%)。

表 2 2014—2019 年广东省各市区育龄妇女生殖道沙眼衣原体阳性检出率(%)

地区	2014	2015	2016	2017	2018	2019
广州市	14.31	14.91	13.29	15.01	15.98	17.80
韶关市	4.88	3.20	3.91	6.52	10.65	11.15
深圳市	16.65	12.74	14.86	21.83	10.68	11.70
珠海市	6.45	8.24	5.02	7.90	15.00	22.55
汕头市	2.16	1.03	1.92	1.33	3.15	2.37
佛山市	35.01	33.95	21.22	28.22	28.85	28.88
江门市	3.24	4.05	12.16	17.48	16.77	15.39
湛江市	4.99	3.50	2.76	0.94	0.74	0.65
茂名市	0.16	0.08	0.14	0.27	0.06	0.04
肇庆市	10.50	6.52	3.94	6.41	5.10	3.66
惠州市	2.50	3.08	6.72	6.18	8.33	13.19
梅州市	7.15	6.46	2.87	1.03	1.83	1.64
汕尾市	3.41	0.37	0.24	2.11	0.21	0.00
河源市	4.27	3.00	6.71	2.80	0.16	1.65
阳江市	1.27	0.44	0.43	1.01	2.03	3.12
清远市	26.94	18.23	19.20	24.74	17.90	22.13
东莞市	13.91	11.39	17.47	23.01	19.41	19.46
中山市	41.59	28.15	15.90	16.90	9.69	9.40
潮州市	0.00	0.18	0.36	0.00	0.15	0.43
揭阳市	2.26	2.83	18.16	16.48	8.98	9.92
云浮市	3.39	3.15	1.48	2.66	4.54	7.17

2. 主成分分析

对社会经济因素进行主成分分析,提取前 3 个主成分并计算各市主成分得分,记作 x_1 、 x_2 、 x_3 。2014 年分析结果显示第一主成分载荷分布较均衡,代表各市综合社会经济实力,第二主成分代表人口与交通水平,第三主成分代表医疗卫生水平(表 3)。2014—2019 年 3 个主成分累计贡献率为 87.3%、84.9%、84.3%、83.7%、84.8%、86.5%,认为所提取主成分能够反映原始数据的绝大部分信息。同时各年份提取的 3 个主成分所代表的宏观影响因素较为一致。

表 3 社会经济指标与主成分载荷(以 2014 年为例)

宏观因素	变量	主成分载荷		
		第一	第二	第三
人口	人口密度	0.23	0.50	-0.18
	人均 GDP	0.30	0.15	0.21
经济水平	第三产业构成比	0.28	-0.12	-0.11
	人均可支配收入	0.30	0.19	0.20
人民生活水平	居民消费水平	0.31	0.15	0.20
	参加失业保险人数	0.28	0.29	-0.24
医疗卫生水平	参加城乡居民基本医保人数	0.31	0.09	-0.21
	女性婚检人数	0.25	-0.07	-0.16
交通水平	妇女病实查人数	0.14	-0.22	-0.52
	每千人卫技人员	0.27	-0.23	0.35
交通水平	居民平均就诊次数	0.24	-0.01	0.49
	客运量	0.21	-0.54	0.08
	旅客周转量	0.25	-0.39	-0.14
	公共交通客运总量	0.31	-0.06	-0.21

3. 模型选择

模型拟合评价指标结果见表 4。模型 4 引入空间项和时间项后,模型拟合效果与模型复杂度方面均表现最佳,因此基于该模型进行后续分析与解释。

表 4 模型拟合评价指标结果

模型	DIC	WAIC
模型 1	12121.56	13356.67
模型 2	2435.03	3526.08
模型 3	2407.71	3558.95
模型 4	2334.58	3522.97

4. 社会经济因素对沙眼衣原体发病风险分析

表 5 展示了社会经济因素后验分布和回归系数相对风险[$RR = \exp(\beta)$]。结果显示,随着综合社会发展水平的升高,育龄妇女生殖道沙眼衣原体发病风险随之增加($RR = 1.185$);人口聚集及交通水平的提高对生殖道沙眼衣原体的传播有促进作用($RR = 1.058$);而随着医疗卫生水平的提高,育龄妇女生殖道沙眼衣原体发病风险降低($RR = 0.942$)。

表 5 生殖道沙眼衣原体相关宏观因素的风险分析

模型	后验均值及 95%CI	RR 及 95%CI
综合经济发展	0.170(0.110, 0.229)	1.185(1.117, 1.257)
人口与交通水平	0.056(0.012, 0.101)	1.058(1.012, 1.106)
医疗卫生服务	-0.060(-0.079, -0.041)	0.942(0.924, 0.960)

5. 时间趋势与空间关系

时间项的相对风险(图 1)整体在 0.9 至 1.1 之间波动,总体呈现平稳趋势。空间上,研究期间结构化空间项与非结构化空间项的总和相对风险见表 6。其中,深圳市(13.84 倍)、广州市(10.70 倍)、佛山市(9.57 倍)3 个市的感染风险是全省平均感染风险的 6.5 倍以上,东莞市(6.47 倍)、中山市(4.98 倍)、清远市(3.72 倍)、珠海市(2.56 倍)、江门市(2.20 倍)等 5 个市是全省平均感染风险的 1.5~6.5 倍。表 6 展示了各地区检出阳性的相对风险大于 1 的超额概率分布。可见,在调整协变量及时间效应后,育龄妇女生殖道沙眼衣原体感染高发地区主要聚集在广东省珠三角地区、清远市及揭阳市,冷点地区主要分布在西部地区各市及东部地区潮州市、汕头市和汕尾市。

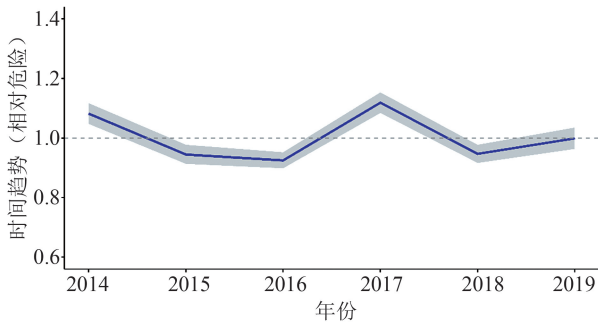


图 1 时间风险趋势图

表 6 各地区空间项相对风险及超额概率

地区	空间项相对风险	超额概率
广州市	10.70	> 0.90
韶关市	1.05	0.70~0.90
深圳市	13.84	> 0.90
珠海市	2.56	> 0.90
汕头市	0.38	<0.70
佛山市	9.57	> 0.90
江门市	2.20	> 0.90
湛江市	0.41	<0.70
茂名市	0.03	<0.70
肇庆市	1.06	0.70~0.90
惠州市	1.23	> 0.90
梅州市	0.60	<0.70
汕尾市	0.19	<0.70
河源市	0.54	<0.70
阳江市	0.15	<0.70
清远市	3.72	> 0.90
东莞市	6.47	> 0.90
中山市	4.98	> 0.90
潮州市	0.04	<0.70
揭阳市	1.50	> 0.90
云浮市	0.51	<0.70

讨论

本研究发现,广东省 2014—2019 年育龄妇女生殖道沙眼衣原体感染检出阳性率为 9.89%,明显高于全国 2015—2019 性病门诊监测人群报告发病率(37.18/10 万~55.32/10 万)^[12]、浙江省 2015—2019 报告发病率(43.00/10 万)^[11]和珠海市 2019 年女性报告发病率(180.98/10 万)^[25]。人群选择的不同和地区差异的存在可以在一定程度上解释研究结果之间的差异。但该结果同时提示门诊监测报告发病率不能反映我省生殖道沙眼衣原体感染的真实情况,目前尚有大量无症状感染者尚未识别。由于生殖道沙眼衣原体感染传播具有隐匿性且临床症状无特异性,育龄妇女常忽视生殖道沙眼衣原体感染就诊^[26],提示需加强育龄妇女筛查力度及健康教育,以提高母婴健康,实现优生优育。

本研究使用基于 INLA 算法的贝叶斯时空层次模型对育龄妇女沙眼衣原体感染的时间分布和空间分布进行探索,同时结合主成分分析评估地区宏观社会经济因素对疾病分布的影响。贝叶斯时空层次模型能够考虑地区间基于相邻关系或距离关系的相似性,进而得到影响因素与疾病发病之间更准确的关系。但面对数据空间和时空结构的复杂性,基于 MCMC 算法的贝叶斯时空模型常出现收敛速度过慢、参数估计失真等问题。而 INLA 算法结合了拉普拉斯近似和数值积分的思想,能够克服以上问题,快速得到后验分布较准确的估计。本研究发现,时空分布模式上,2014—2019 年广东省育龄妇女生殖道沙眼衣原体检出阳性率未呈现出明显时间变化趋势,但存在明显的空间聚集性,高发地区主要分布在珠三角地区,其中深圳市、广州市和佛山市的感染风险最高,这可能与该地区人口密集、交流频繁有关^[12,27]。该结果提示应积极在上述高危地区开展生殖道沙眼衣原体防控工作,呼吁育龄妇女积极进行筛查,广泛开展生殖健康相关科普宣传,以控制生殖道沙眼衣原体在育龄妇女人群中的传播。

在调整时间和空间效应后,宏观影响因素分析结果显示,地区综合经济发展水平、人口与交通水平与生殖道沙眼衣原体感染风险均呈现正相关关系。众所周知,地区经济发展往往伴随着频繁的人口流动。广东省作为我国经济较为发达的省份之一,吸纳了大量来自中部和西部的寻求工作和学习机会的流动人口。流动人口自身传染病防治知识较为匮乏、生活环境恶劣^[28]且存在危险性行为的可能性更大,以上条件均有利于生殖道沙眼衣原体的传播。同时人口密集也为疾病传播提供了良好的条件。此外,研究发现医疗卫生服务水平的提高与育龄妇女更低的生殖道沙眼衣原体感染风险有关。类似的结果在梅毒相关研究中也发现,Tang 等人^[29]发现每千人卫生机构数与梅毒发病率

呈现负相关。从长远角度来说,医疗服务水平提高,公共卫生资源充足,大众健康素养的提高,有利于减少生殖道沙眼衣原体的新发感染,控制疾病传播规模。

本文基于广东省孕前健康检查项目数据,更准确地评估生殖道沙眼衣原体在育龄妇女中的流行情况;使用贝叶斯时空层次模型,发现育龄妇女生殖道沙眼衣原体感染的时空分布特征;结合主成分分析,估计调整时空效应后宏观社会经济因素与感染的关联。本研究结果强调开展育龄妇女孕前筛查项目对发现生殖道沙眼衣原体无症状感染者的重要价值,发现珠三角地区为生殖道沙眼衣原体的高发地区,且经济发展、人口和交通水平、医疗水平是影响疾病分布的重要因素,为后续资源配置及防控政策制定提供理论依据。此外,今后相关研究可尝试在更小地理尺度上(区县、乡镇等)进行,并尝试在贝叶斯时空模型框架下探究疾病与个体层面因素之间的关联。

参 考 文 献

- [1] World Health Organization. Sexually transmitted infections (STIs) [EB/OL]. [2023-02-07]. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sexually-transmitted-infections-\(stis\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sexually-transmitted-infections-(stis)).
- [2] Du M, Yan W, Jing W, et al. Increasing incidence rates of sexually transmitted infections from 2010 to 2019: an analysis of temporal trends by geographical regions and age groups from the 2019 Global Burden of Disease Study [J]. BMC Infectious Diseases, 2022, 22: 574.
- [3] Haggerty CL, Gottlieb SL, Taylor BD, et al. Risk of Sequelae after *Chlamydia trachomatis* Genital Infection in Women [J]. The Journal of Infectious Diseases, 2010, 201(S2): 134-155.
- [4] Rours GIJG, Duijts L, Moll HA, et al. Chlamydia trachomatis infection during pregnancy associated with preterm delivery: a population-based prospective cohort study [J]. European Journal of Epidemiology, 2011, 26(6): 493-502.
- [5] Hobson D, Rees E. Maternal genital chlamydial infection as a cause of neonatal conjunctivitis [J]. Postgraduate Medical Journal, 1977, 53(624): 595-597.
- [6] Rours GIJG, Hammerschlag MR, Van Doornum GJJ, et al. Chlamydia trachomatis respiratory infection in Dutch infants [J]. Archives of Disease in Childhood, 2009, 94(9): 705-707.
- [7] 王成, 林威, 赵培祯, 等. 广东省性病门诊女性就诊者生殖道沙眼衣原体感染调查 [J]. 中国公共卫生, 2018, 34(10): 1398-1402.
- [8] 何婉苹, 王焕丽, 毕超, 等. 2018—2019 年广州市性病门诊就诊者淋球菌和生殖道沙眼衣原体感染现状及危险因素 [J]. 河南预防医学杂志, 2022, 33(1): 53-57.
- [9] 刘洁, 刘丽军, 李畅畅, 等. 广东省育龄女性生殖道沙眼衣原体 Pgp3 抗体阳性率及其影响因素分析 [J]. 中国艾滋病性病, 2022, 28(4): 440-445.
- [10] 徐倩倩. 政策和社会经济环境及个人因素对农村育龄妇女避孕节育和生殖道感染的影响 [D]. 上海: 复旦大学, 2011.
- [11] 吴李梅, 杜娜, 沈云良, 等. 浙江省 2015—2019 年生殖道沙眼衣原体感染的流行特征与空间聚集性 [J]. 中国艾滋病性病, 2020, 26(12): 1359-1360.
- [12] 岳晓丽, 龚向东, 李婧, 等. 2015—2019 年中国性病监测点生殖道沙眼衣原体感染流行病学特征 [J]. 中华皮肤科杂志, 2020, 53(8): 596-601.
- [13] 王洋. 预防出生缺陷 建设幸福广东 [N]. 中国人口报, 2011-03-24 (001).
- [14] 张世琨, 王巧梅, 沈海屏. 中国免费孕前优生健康检查项目的设计、实施及意义 [J]. 中华医学杂志, 2015, 95(3): 162-165.
- [15] 王巧梅, 张曼, 张世琨, 等. 中国免费孕前优生健康检查项目质量保证体系的建立 [J]. 中华医学杂志, 2015, 95(3): 166-168.
- [16] 李媛秋, 刘剑君, 代敏, 等. 主成分分析法在地区社会经济地位综合评价中的应用 [J]. 中国公共卫生管理, 2020, 36(2): 149-152.
- [17] Jannetta A, Jackson JC, Kotre CJ, et al. Mammographic image restoration using maximum entropy deconvolution [J]. Physics in Medicine and Biology, 2004, 49(21): 4997-5010.
- [18] 徐兴福, 毕建萍, 李骏. 基于 R-INLA 分析细菌性痢疾时空模式及宏观影响因素 [J]. 现代预防医学, 2022, 49(6): 1010-1015.
- [19] MacNab YC. On Gaussian Markov random fields and Bayesian disease mapping [J]. Statistical Methods in Medical Research, 2011, 20(1): 49-68.
- [20] Mota-Bertran A, Saez M, Coenders G. Compositional and Bayesian inference analysis of the concentrations of air pollutants in Catalonia, Spain [J]. Environmental Research, 2022, 204: 112388.
- [21] Muff S, Signer J, Fieberg J. Accounting for individual-specific variation in habitat-selection studies: Efficient estimation of mixed-effects models using Bayesian or frequentist computation [J]. Journal of Animal Ecology, 2020, 89(1): 80-92.
- [22] Sadykova D, Scott BE, De Dominicis M, et al. Bayesian joint models with INLA exploring marine mobile predator-prey and competitor species habitat overlap [J]. Ecology and Evolution, 2017, 7(14): 5212-5226.
- [23] Asmari N, Ayatollahi SMT, Sharafi Z, et al. Bayesian Spatial Joint Model for Disease Mapping of Zero-Inflated Data with R-INLA: A Simulation Study and an Application to Male Breast Cancer in Iran [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(22): 4460.
- [24] Adegboye O, Gayawan E, James A, et al. Bayesian spatial modelling of Ebola outbreaks in Democratic Republic of Congo through the INLA-SPDE approach [J]. Zoonoses and Public Health, 2021, 68(5): 443-451.
- [25] 陈伟, 韦宁, 黄弦. 珠海市 2008—2019 年生殖道沙眼衣原体感染流行特征分析 [J]. 现代预防医学, 2021, 48(18): 3281-3284.
- [26] 贺琪, 曾令霞. 陕西省 2013—2017 年生殖道沙眼衣原体感染流行特征分析 [J]. 解放军预防医学杂志, 2018, 36(12): 1499-1501+1513.
- [27] 岳晓丽, 龚向东, 滕菲, 等. 2008—2015 年中国性病监测点生殖道沙眼衣原体感染流行特征分析 [J]. 中华皮肤科杂志, 2016, 49(5): 308-313.
- [28] 乔倩. 广东省流动人口与传染病疫情的时空关系研究 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2021.
- [29] Tang S, Shi L, Chen W, et al. Spatiotemporal distribution and sociodemographic and socioeconomic factors associated with primary and secondary syphilis in Guangdong, China, 2005-2017 [J]. PLoS Neglected Tropical Diseases, 2021, 15(8): e0009621.

(责任编辑: 郭海强)