

# 北京市东城区细菌性痢疾与气象因素的时间序列分析

周艳丽<sup>1</sup>, 徐文彩<sup>1</sup>, 张海艳<sup>1</sup>, 马立宪<sup>1</sup>, 潘京海<sup>1</sup>, 黄辉<sup>1</sup>, 刘清华<sup>2</sup>

**摘要:** **目的** 探讨气象因素变化对细菌性痢疾(菌痢)发病的影响,初步建立菌痢的早期预测模型。**方法** 选用季节性求和自回归移动平均模型分析东城区菌痢发病与气象因素的关系。**结果** 东城区菌痢发病与平均气温、平均相对湿度、平均气压、降水量、日照时数、平均风速等均有显著相关,在 SARIMA(1,0,1) × (0,0,1)<sub>12</sub> 早期预测模型中平均气温、平均相对湿度、降水量等与菌痢发病有关。**结论** 气温、相对湿度、降水量等气象因素与东城区菌痢发病相关,可以将其作为预测东城区菌痢发病的指标。

**关键词:** 细菌性痢疾; 气象因素; 时间序列分析; 预测

中图分类号: R516.4

文献标识码: A

文章编号: 1003-9961(2009)09-0697-04

**Time series analysis on bacillary dysentery and meteorological factors in Dongcheng district, Beijing** ZHOU Yan-li\*, XU Wen-cai, ZHANG Hai-yan, MA Li-xian, PAN Jing-hai, HUANG Hui, LIU Qing-hua. \*Dongcheng District Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100009, China

**Corresponding author:** ZHOU Yan-li, Email: 999zhous@sohu.com

**Abstract:** **Objective** To determine the impact of changes in meteorological factors on the incidence of bacillary dysentery, in order to initially establish an early prediction model of bacillary dysentery. **Methods** A seasonal autoregressive integrated moving average (SARIMA) model was employed to analyze the correlation between the incidence of bacillary dysentery and meteorological factors in Dongcheng district. **Results** The incidence of bacillary dysentery was significantly correlated with the average temperature, average relative humidity, average atmospheric pressure, precipitation, sunshine hours and average wind speed in Dongcheng district. The SARIMA (1,0,1) × (0,0,1)<sub>12</sub> early prediction model revealed that the mean temperature, average relative humidity and precipitation were correlated with the incidence of bacillary dysentery. **Conclusion** Various meteorological factors such as the temperature, relative humidity and precipitation were correlated with the incidence of bacillary dysentery in Dongcheng district, which thereby could be used as predictive indicators of the incidence of bacillary dysentery in Dongcheng district.

**Key words:** bacillary dysentery; meteorological factors; time series analysis; prediction

细菌性痢疾(菌痢)是由痢疾杆菌引起的急性肠道传染病。菌痢遍及世界各地,亚热带地区发病较多。菌痢主要通过消化道传播,在夏秋季发病率最高,存在显著的季节性。菌痢患者经过 1~2 d 的潜伏期后一般出现血样便、发热、胃痉挛等症状;由于引起菌痢的菌型繁多,流行因素复杂,病后不能产生较强的免疫,较易转为慢性及携带状态,多年来菌痢发病率一直处于较高的发病水平,发病率居肠道传染病发病率的首位,是影响东城区居民健康和生活质量的主要传染病之一。

近年来,全球平均气温在不断波动中逐步上升,到 80 年代气温上升更加明显。气候变化影响着

传染病的发生,而气温与肠道传染病发病的关系最为密切<sup>[1]</sup>。有研究发现福氏志贺菌毒性质粒编码的侵袭相关基因的表达受到温度控制,当日平均气温持续在 20℃ 以上或日最高气温持续在 30℃ 以上时,菌痢等肠道传染病就会急剧上升<sup>[2,3]</sup>。因此,气象因素变化对菌痢发病影响的研究显得尤为重要,本研究首次探讨了东城区菌痢的发生与气象因素的关系,初步建立时间序列预测模型,为制定菌痢防控对策提供依据,为菌痢的早期预测奠定基础。

## 1 材料与方法

**1.1 资料来源** 菌痢每月发病数来源于东城区疾病预防控制中心 1992-2006 年传染病疫情报告资料。每月的气象资料,包括月平均气温、月平均气压、月平均相对湿度、平均风速、降水量及日照时数等来源于中国气象科学数据共享服务网。

**1.2 统计方法** 全部数据采用 SPSS 12.0 软件建立数据库,选用 Spearman 相关分析分析东城区菌痢

作者单位:1. 北京市东城区疾病预防控制中心,北京 100009; 2. 北京市东城区卫生局卫生监督所

作者简介:周艳丽,女,山西省晋城人,硕士,主要从事传染病预防与控制工作

通信作者:周艳丽, Tel: 010-64045596, Email: 999zhous@sohu.com

收稿日期: 2009-02-18

月发病数与气象因素的关系。选用时间序列分析中的季节性求和自回归移动平均模型 (seasonal autoregressive integrated moving average, SARIMA) 对菌痢月发病数与气象因素变量建模,对模型的残差序列做自相关函数图 (ACF) 和偏自相关函数图 (PACF) 进行模型的诊断检验<sup>[4-6]</sup>。

## 2 结果

2.1 描述性统计分析 1992-2005年东城区菌痢共发病26972例,月最小发病数为11例,最大为761例。本次研究期间,月平均气温为13.10℃,其他气象因素变量与菌痢月发病数序列见图1。

2.2 相关分析 通过 Spearman 相关分析显示,菌痢发病数与平均气温、平均相对湿度、平均气压、降水量、日照时数、平均风速等均有显著相关,见表1,其中菌痢的发病数与平均气压、平均风速成负相关,即平均气压越高、平均风速越大,菌痢的发病数就越小。

表1 菌痢月发病数与气象因素的 Spearman 相关分析  
Table 1 Spearman correlation analysis on monthly onsets of bacillary dysentery and meteorological factors

气象因素变量	月发病数	
	Spearman's Correlation Coefficient	P 值
平均气温	0.865	0.000
平均相对湿度	0.731	0.000
平均气压	-0.802	0.000
降水量	0.779	0.000
日照时数	0.182	0.018
平均风速	-0.447	0.000

## 2.3 时间序列分析

2.3.1 时间序列模型的建立及参数检验 通过绘制序列图、序列平稳化、绘制序列的自相关函数图和偏自相关函数图等步骤,最终得到的 SARIMA 模型为(1,0,1) × (0,0,1)<sub>12</sub>。结果显示气象因素中平均气温、平均相对湿度、降水量与菌痢的月发病数有关,结果见表2。可以看出,当平均温度升高1℃,相对湿度增加1%,降水量增加1mm,将分别导致菌痢发病数升高6.4%、1.8%、0.1%。

表2 SARIMA 模型(1,0,1) × (0,0,1)<sub>12</sub>参数检验结果  
Table 2 Parametric test results of SARIMA model (1,0,1) × (0,0,1)<sub>12</sub>

变量	β 值	s <sub>x</sub> (β)	t 值	P 值
AR1	0.464	0.101	4.576	0.000
MA1	-0.325	0.113	-2.884	0.004
SMA1	-0.250	0.079	-3.145	0.002
平均气温	0.064	0.012	5.402	0.000
平均相对湿度	0.018	0.005	3.696	0.000
降水量	0.001	0.000	2.093	0.038
CONSTANT	-3.676	12.083	-0.304	0.761

2.3.2 模型的检验 通过对 SARIMA 模型(1,0,1) × (0,0,1)<sub>12</sub>残差序列做 ACF 和 PACF 图,见图2,3,得到残差的自相关函数和偏自相关函数均在可信限以内,同时 Box-Ljung 统计量均无显著性,说明残差是随机分布的,可以认为残差是白噪声,因此认为建立的模型是合适的。

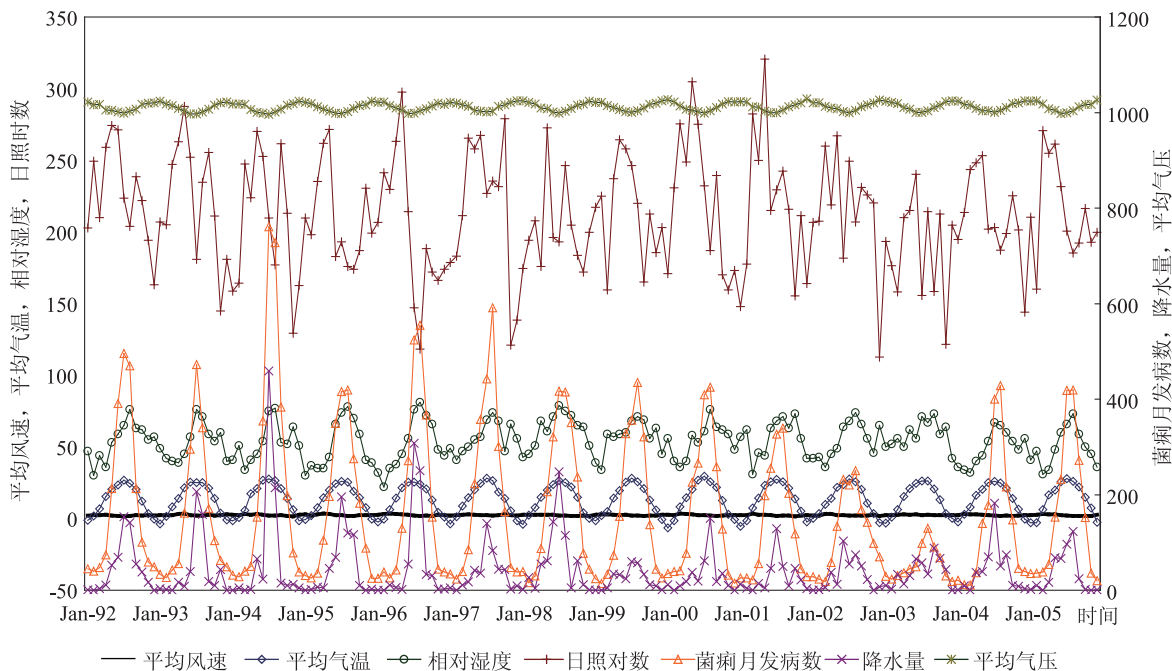


图1 1992-2005年东城区气象因素变量与月发病数序列图

Figure 1 Sequence map of monthly onsets and meteorological variables in Dongcheng district, 1992-2005

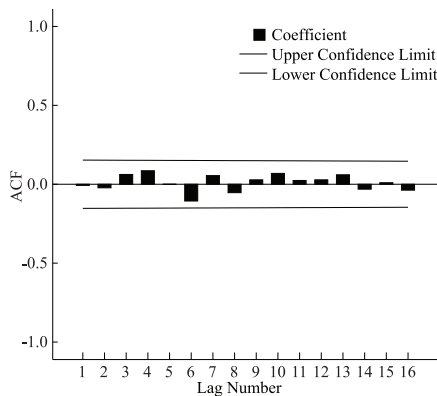


图 2 残差的 ACF 图

Figure 2 Residual ACF

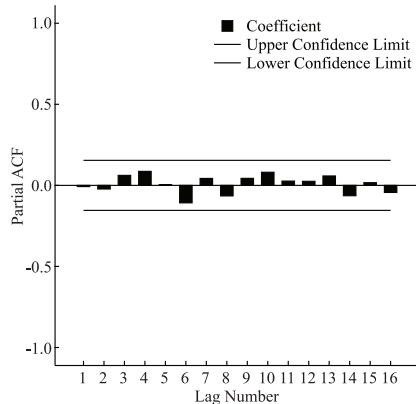


图 3 残差的 PACF 图

Figure 3 Residual PACF

2.4 预测 选用 SARIMA 模型  $(1, 0, 1) \times (0, 0, 1)_{12}$  对 2006 年东城区菌痢发病数进行预测, 结果见表 3。本次研究用于建模的数据是从 1992-2005 年的数据, 对 2006 年 1-12 月的菌痢发病数进行了预测, 东城区菌痢的报告发病数与模型预测发病数的序列图如图 4 所示, 可以看出, 2006 年的预测数据大部分和实际数据相吻合, 均未超出可信区间的范围, 说明该模型的预测的结果还是比较准确的。

表 3 2006 年东城区菌痢发病数预测结果

Table 3 Prediction of the morbidity of bacillary dysentery in Dongcheng district, 2006

月份	报告发病数	预测发病数	95% CI	$s_x$
1	26	31.19	15.86 ~ 61.30	10.67
2	19	31.40	13.58 ~ 72.62	13.33
3	27	46.99	19.53 ~ 113.05	20.89
4	33	63.42	26.16 ~ 153.77	28.44
5	102	132.21	54.20 ~ 322.53	59.69
6	208	182.12	74.05 ~ 447.94	82.99
7	306	291.72	118.99 ~ 715.22	132.46
8	354	276.04	112.70 ~ 676.07	125.19
9	290	186.34	76.48 ~ 454.03	84.02
10	240	128.88	53.04 ~ 313.16	57.93
11	81	52.58	21.78 ~ 126.95	23.46
12	50	31.22	12.81 ~ 76.07	14.08

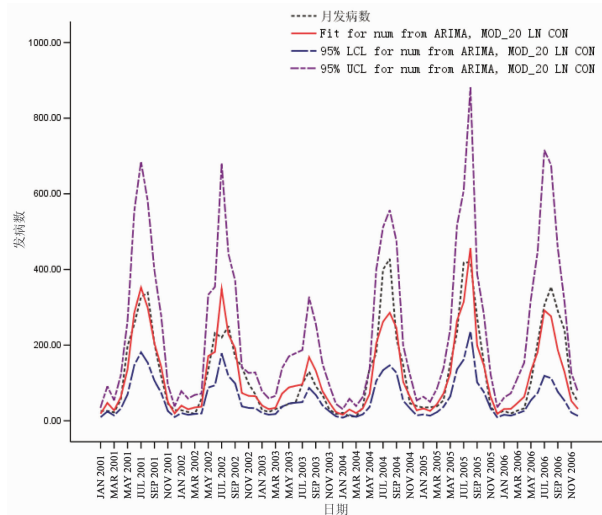


图 4 2001-2006 年东城区菌痢报告发病数与预测发病数序列图

Figure 4 Reported number of cases of bacillary dysentery and the sequence map of prediction in Dongcheng district, 2001-2006

### 3 讨论

自然因素尤其是气候、地理等因素影响着传染病的流行过程, 世界卫生组织最近指出, 长期和短期的气候变化都会作用于传染性病原体、虫媒携带者和动物中间宿主, 当代全球气候变暖, 已成为严重现实。联合国政府间气候变化专业委员会的一份研究报告中预测, 如不采取有效控制措施, 到 2100 年, 全球年平均气温将上升  $1.4 \sim 5.8 \text{ }^\circ\text{C}$ , 平均降水量将上升  $1\% \sim 9\%$ 。中国气象学家研究表明, 全国气温升高的事实将持续下去, 华北地区冬季将增温  $1.0 \sim 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$ , 夏季增温  $0.5 \sim 0.8 \text{ }^\circ\text{C}$  左右<sup>[1]</sup>。

温度的变化将带来新的降水格局, 强烈的影响着宏观生物群落的分布, 进而影响着微观生态学变化, 导致失衡, 从而有利于传染病扩散与流行。菌痢作为一种肠道传染病, 在流行病学上一个突出的特征是明显的季节性发病高峰, 气温升高有利于痢疾杆菌在外界环境中的存活与繁殖, 适宜存活区域扩大, 故气候变暖必将导致该病发病率升高, 流行季节延长。本次研究首次探讨了东城区气象因素的变化与菌痢发病的关系, 研究结果显示气温、相对湿度及降水量等气象因素是菌痢发生及流行的关键因素; 在其他影响因素稳定的情况下, 当月平均气温升高  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ , 将导致菌痢发病数升高  $6.4\%$ ; 当相对湿度增加  $1\%$ , 菌痢发病数将升高  $1.8\%$ ; 当降水量增加  $1 \text{ mm}$ , 菌痢发病数将升高  $0.1\%$ 。欧洲、澳大利亚、美国及秘鲁等国家的研究也发现菌痢的发病与气象因素有关<sup>[7-12]</sup>。Checkley 等<sup>[13]</sup> 研

究发现,气温每升高 1 °C 将会导致秘鲁儿童重症菌痢发生危险性升高 8%。在英国,气温升高 1 °C,将导致弯曲菌病报告发病数增加 5%<sup>[14]</sup>。

相对湿度和降水量可能与食源性疾病的传播有关,主要通过作用于病原菌、污染饮用水等途径影响疾病的发生。相对湿度增大、降水量增加等将会有利于痢疾杆菌、霍乱弧菌等肠道传染病病原菌的繁殖和演变。目前关于相对湿度、降水量与菌痢发病关系的研究较少。有些研究表明降水量与食源性疾病的传播无关<sup>[7,15]</sup>,而 Singh 等<sup>[10]</sup>研究结果显示降水量与菌痢发生有关,与本次研究结果相同。

本次研究选用 SARIMA 方法初步建立了菌痢早期预测模型。SARIMA 模型是针对有季节性变动的的时间序列提出的建模方法。它对每一季节周期中相同时间点的序列值进行分析,提取季节趋势;并且针对每个季节周期内部序列值的变化提取非季节性成分,确立最优模型<sup>[4]</sup>。该模型同时兼顾了趋势性和季节性的影响,反映该类资料的变化规律,能够得到较为接近实际的预测结果,短期预测效果好<sup>[16]</sup>。本次研究虽然初步建立了预测模型,但是由于选用的是菌痢的月发病数,而菌痢发病的潜伏期一般为 2~3 d,因此无法很好的检测气象因素与菌痢发病的延迟作用,如有可能,应尽量采用日或周的数据进行分析;此外,对于预警值的界定还有待于进一步探讨。

总之,气温、相对湿度、降水量等气象因素与东城区菌痢发病相关,可以将其作为预测东城区菌痢发病的指标。但是,值得注意的是,菌痢的发病原因比较复杂,并非由气象因素单一引起的,它还与人体自身免疫力、病原、相关社会保健水平、人们的卫生习惯及意识等因素有关。因此对于预测结果要综合分析、判断,进而采取相应的防控措施。

### 参考文献

- [1] Yu CS, Zhang ZH, Cong BQ, et al. Trends in global warming and infectious diseases [J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 1998, 9(2): 114 - 117. (in Chinese)  
于长水, 张之化, 丛波泉. 全球变暖与传染病动向 [J]. *中华流行病学杂志*, 1998, 9(2): 114 - 117.
- [2] Toru T, Masanosuke Y, Takeshi M, et al. Transcriptional control of the invasion regulatory gene *virB* of *Shigella flexneri*: Activation by *VirF* and Repression by *H-NS* [J]. *J Bacteriol*, 1993, 175(19): 6142 - 6149.
- [3] Jerome MD, Nobuhiko O, Toru T, et al. *vacC*, a Virulence-Associated chromosomal locus of *Shigella flexneri*, is homologous to *tgt*, a gene encoding tRNA-Guanine transglycosylase (Tgt) of *Escherichia coli* K-12 [J]. *J Aacteriol*, 1994, 176(15): 4627 - 4634.
- [4] Zhang W, Zhang YQ, Yang X. Model of multiple seasonal ARIMA and its application to data in time series [J]. *Acta Academiae Medicinae Militaris Tertiae*, 2002, 24(8): 955 - 957. (in Chinese)  
张蔚, 张彦琦, 杨旭. 时间序列资料 ARIMA 季节乘积模型及其应用 [J]. *第三军医大学学报*, 2002, 24(8): 955 - 957.
- [5] Yu CH, editor-in-chief. SPSS and Statistical Analysis [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007: 577 - 614. (in Chinese)  
宇传华, 主编. SPSS 与统计分析 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 577 - 614.
- [6] Zhang WT, editor. Course of SPSS statistical analysis (senior part) [M]. Beijing: Hope Electronic Press, 2002: 250 - 289. (in Chinese)  
张文彤, 主编. SPSS 统计分析教程(高级篇) [M]. 北京: 希望电子出版社, 2002: 250 - 289.
- [7] Kovats RS, Edwards SJ, Hajat S, et al. The effects of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries [J]. *Epidemiol Infect*, 2004, 132(3): 443 - 453.
- [8] Ying Zhang, Peng Bi, Hiller JE, et al. Climate variations and bacillary dysentery in northern and southern cities of China [J]. *J Infect*, 2007, 55(2): 194 - 200.
- [9] Curriero F, Patz J, Rose J, et al. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States 1948 - 1994 [J]. *Am J Public Health*, 2001, 91(8): 1194 - 1199.
- [10] Singh R, Hales S, Wet N, et al. The influence of climate variation and change on diarrheal disease in the Pacific Islands [J]. *Environ Health Perspect*, 2001, 109(2): 155 - 159.
- [11] Lama JR, Seas CR, Leon-Barua R, et al. Environmental temperature, cholera, and acute diarrhoea in adults in Lima, Peru [J]. *J Health Popul Nutr*, 2004, 22(4): 399 - 403.
- [12] Tam CC, Rodrigues LC, O'Brien SJ, et al. Temperature dependence of reported campylobacter infection in England, 1989 - 1999 [J]. *Epidemiol Infect*, 2006, 134(1): 119 - 125.
- [13] Checkley W, Epstein L, Gilman R, et al. Effect of El Nino and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children [J]. *Lancet*, 2000, 355(9202): 442 - 450.
- [14] Patrick M, Christiansen L, Wain M, et al. Effects of climate on incidence of *Campylobacter* spp. in humans and prevalence in broiler flocks in Denmark [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2004, 70(12): 7474 - 7480.
- [15] D'souza R, Becker N, Hall G, et al. Does ambient temperature affect foodborne disease [J]. *Epidemiology*, 2004, 15(1): 86 - 92.
- [16] Tan YZ, Tian KC. The applications of mathematical model in predictive study of disease in populations [J]. *Chinese Journal of Hospital Statistics*, 2005, 12(1): 83 - 85. (in Chinese)  
谭懋莘, 田考聪. 数学模型在人群疾病预测研究中的应用 [J]. *中国医院统计*, 2005, 12(1): 83 - 85.