

·论 著·

## 北京市房山区气象因素与手足口病发病的关系及预测模型

李丽丽, 黄少平, 阚震, 石磊\*, 王立强, 董瑞强, 崔兰梅, 张冬然

北京市房山区疾病预防控制中心, 北京 102488

**摘要:** **目的** 研究北京市房山区气象因素与手足口病发病的关系, 为预测北京市房山区手足口病发病情况提供依据。**方法** 收集房山区2009~2013年手足口病月发病数和同期气象因素资料, 建立数据库, 使用excel2010与SAS9.2相结合进行相关分析、主成分分析和多元线性回归分析。**结果** 手足口病月发病率与平均最低气温、平均气温、平均最高气温、平均相对湿度、平均水汽压、降水量、降水日数呈正相关; 与平均气压呈负相关。主成分多元线性回归分析结果显示, 对手足口病发病数影响大的气象因素依次为平均气压、气温、日照时数、平均水汽压、降水日数、平均风速、降水量和平均相对湿度。**结论** 房山区手足口病发病率有明显的季节性, 降水日数多、降水量大、高温、高湿、高水汽压、低气压气候易引起手足口病的高发; 主成分多元线性回归建立的预测方程可预测手足口病的月发病数。

**关键词:** 气象因素; 手足口病; 主成分分析; 多元线性回归

**中图分类号:** R512.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-9727(2015)01-45-05

Relationship between meteorological factors and incidence of hand-foot-mouth disease  
in Fangshan District of Beijing

LI Li-li, HUANG Shao-ping, KAN Zhen, SHI Lei, WANG Li-qiang, DONG Rui-qiang, CUI Lan-mei, ZHANG Dong-ran

Fangshan District Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102488, P.R. China

Corresponding author: SHI Lei, E-mail: 554556778@qq.com

**Abstract:** **Objective** To investigate the relationship between meteorological factors and incidence of hand-foot-mouth disease(HFMD) in Fangshan District of Beijing in order to provide evidences for predicting the incidence of HFMD. **Methods** Data of monthly incidence of HFMD and meteorological factors in Fangshan District of Beijing from 2009 to 2013 were collected to establish a database for linear correlation analysis. The principal components and multiple linear regression analysis were performed using software of Excel 2010 and SAS 9.2 version. **Results** Monthly incidence of HFMD was correlated positively with average minimum air temperature, air temperature, maximal air temperature, average relative air humidity, average vapor-atmospheric pressure, the precipitation and rainy days, and negatively correlated with average barometric pressure. However, it correlated positively with sunshine time and negatively with average wind speed, without statistically significant correlation. Principal component analysis showed some meteorological factors with greater influence on incidence of HFMD including average barometric pressure, air temperature, sunshine time, average vapor-atmospheric pressure, rainy days, wind speed, the precipitation, average relative air humidity. **Conclusion** Incidence of HFMD in Fangshan District presented obvious seasonal fluctuation. More rainy days, heavier precipitation, higher air temperature, higher air humidity, higher vapor-atmospheric pressure and lower barometric pressure there were, the higher incidence of HFMD. An estimated equation based on principal component analysis and multiple linear regression could effectively predict monthly incidence of HFMD.

**Key words:** Meteorological factor; Hand-foot-mouth disease; Principal component analysis; Multivariate Linear regression

手足口病(Hand-foot-mouth disease, HFMD)是由肠道病毒引起的常见传染病, 以CoxA16和EV71为主要病原体, 它主要经人群密切接触、患者分泌物及被患者污染的水、食物和各类用具进行传播<sup>[1-2]</sup>。多见于学龄前儿童发病, 一般以发热、手足口等部位的皮疹、疱疹或疱疹性咽颊炎为主要特征, 少数重症病例可出现神经源性肺水肿、脑膜炎、脑干脑炎等致命性并发症<sup>[3]</sup>。近年来, 全球平均气温在不断波动中逐步上升, 据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第5次评

估报告指出, 与1850~1990年相比, 2003~2012年全球平均气温增长了0.78℃, 预计在不同的排放模式下, 2046~2065年比1986~2005年气温会增长1.8~2.0℃<sup>[4]</sup>。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>[5]</sup>。因此, 气象因素变化对手足口病发病影响的研究显得尤为重要, 本研究首次探讨了北京郊区手足口病的发生与气象因素的关系, 初步建立主成分多元线性回归预测模型, 为制定手足口病防控对策提供依据, 同时为手足口病的预

作者简介: 李丽丽(1981~), 女, 本科, 主管医师, 研究方向: 传染病预防控制。

\*通讯作者: 石磊, E-mail: 554556778@qq.com

测奠定基础。

## 1 材料与方法

1.1 资料来源 北京市房山区2009~2013年手足口病月发病数来源于房山区疾病预防控制中心提供的订正月报表,人口资料来源于房山区统计局,同期气象因素资料从“中国气象科学数据共享服务网”获得。气象因素资料主要包括月平均最低气温(℃)、平均气温(℃)、平均最高气温(℃)、平均相对湿度(%)、平均水汽压(Pa)、平均气压(Pa)、平均风速(m/s)、降水量(mm)、日照时数(h)和降水日数(降水量 $\geq 0.1$ mm日数)等10个因素。

1.2 资料整理 计算月发病率(1/10万),各年逐月发病数呈正偏态分布,用公式 $Y=\lg(y+5)$ 将发病数 $y$ 进行正态变换。逐月发病数变换前标准差(s)为161.823,变异系数(cv)为106.544%,变换后标准差(s)为1.248,变异系数(cv)为28.098%。为使分析数据不出现负值,将相关气温变量换算为华氏温度( $^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1.8 + 32$ )。

1.3 统计学方法 用excel2010和SAS9.2进行数据统计分析。采取相关分析探讨手足口病月发病率与各气象因素的相关关系;考虑到气象因素的多重共线性,采用主成分多元线性回归分析进一步研究气象因素与手足口病发病数的定量关系,粗略地预测房山区手足口病的月发病数。

## 2 结果

2.1 发病时间分布 2009~2013年房山区共报告手足口病9 113例,各月均有发病,发病高峰主要集中在5~8月,期间手足口病发病6 440例,占总发病数的70.668%。详见图1。

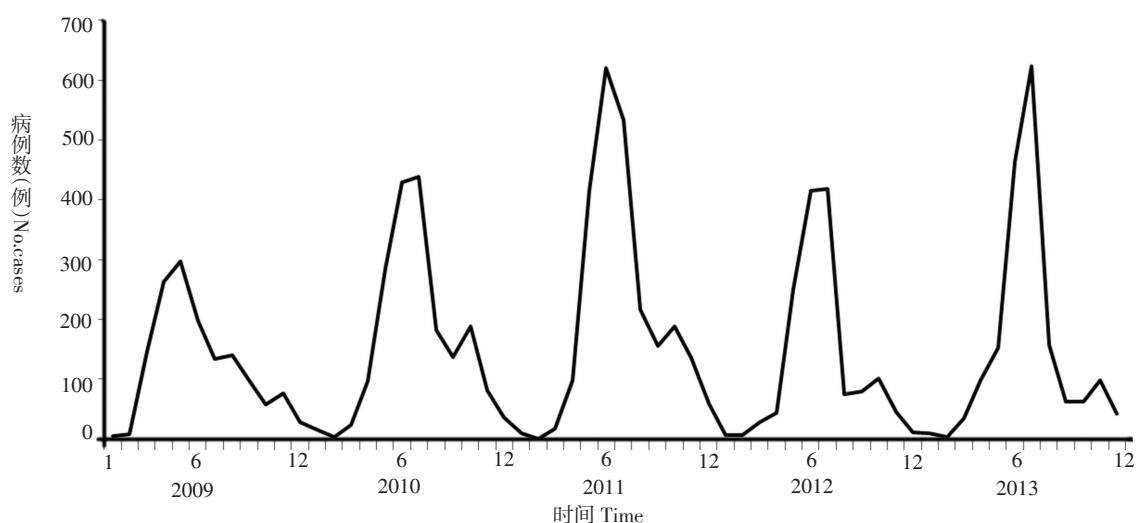


图1 2009~2013年北京市房山区手足口病月发病情况

Fig.1 Time distribution of HFMD cases in Fangshan district in 2009-2013

2.2 相关分析 结果显示,房山区手足口病月发病率与平均最低气温、平均气温、平均最高气温、平均相对湿度、平均水汽压、平均气压、降水量和降水日数相关系数有统计学意义,平均风速与手足口病发病率相关系数无统计学意义,但与相对湿度、平均水汽压、降水量等因素相关,日照时数与发病率相关系数也无统计学意义,但与相对湿度、平均风速等因素相关,气象因素之间的相关系数表明,气象因素之间有多重共线性。详见表1。

## 2.3 主成分多元线性回归分析

2.3.1 主成分分析 将2009~2013年日平均最低气温( $X_1$ )、平均气温( $X_2$ )、平均最高气温( $X_3$ )、平均相对湿度( $X_4$ )、平均水汽压( $X_5$ )、平均气压( $X_6$ )、平均风速( $X_7$ )、降水量( $X_8$ )、日照时数( $X_9$ )和降水日数( $X_{10}$ )等10个因素做主成分因子分析。结果显示,10个因素可得到两个主成分 $Z_1$ 和 $Z_2$ ,特征值分别为 $\lambda_1=6.720$ 和 $\lambda_2=2.198$ ,其余特征值均小于1,累积贡献率为89.190%。两个主成分表达式为:

$$Z_1 = 0.374\text{std}X_1 + 0.368\text{std}X_2 + 0.363\text{std}X_3 + 0.299\text{std}X_4 + 0.377\text{std}X_5 - 0.353\text{std}X_6 - 0.123\text{std}X_7 + 0.315\text{std}X_8 + 0.014\text{std}X_9 + 0.349\text{std}X_{10}$$

$$Z_2 = 0.127\text{std}X_1 + 0.162\text{std}X_2 + 0.193\text{std}X_3 - 0.396\text{std}X_4 - 0.054\text{std}X_5 - 0.220\text{std}X_6 + 0.552\text{std}X_7 - 0.098\text{std}X_8 + 0.626\text{std}X_9 - 0.076\text{std}X_{10}$$

2.3.2 主成分多元线性回归 以正态化处理后的手足口病月发病数为因变量( $Y$ ),主成分分析所得两个主成分 $Z_1$ 和 $Z_2$ 为自变量,采用逐步回归法( $\alpha_{\text{入}}=0.05$ ,  $\alpha_{\text{出}}=0.10$ )建立多元线性回归方程: $Y=4.440+0.379 Z_1+0.234 Z_2$  回归方程  $R^2=0.697$ ,  $C_p=3.000$ ,  $F=65.410$ ,  $P<$

0.01。建立各气象因素与手足口病月发病数(Y)的标准化回归方程:

$$Y=4.440 + 0.379 \times (0.374\text{std}X_1 + 0.368\text{std}X_2 + 0.363\text{std}X_3 + 0.299\text{std}X_4 + 0.377\text{std}X_5 - 0.353\text{std}X_6 - 0.123\text{std}X_7 + 0.315\text{std}X_8 + 0.014\text{std}X_9 + 0.349\text{std}X_{10}) + 0.234 \times (0.127\text{std}X_1 + 0.162\text{std}X_2 + 0.193\text{std}X_3 - 0.396\text{std}X_4 - 0.054\text{std}X_5 - 0.220\text{std}X_6 + 0.552\text{std}X_7 - 0.098\text{std}X_8 + 0.626\text{std}X_9 - 0.076\text{std}X_{10})$$

即:

$$Y=4.440 + 0.171\text{std}X_1 + 0.177\text{std}X_2 + 0.183\text{std}X_3 + 0.021\text{std}X_4 + 0.130\text{std}X_5 - 0.185\text{std}X_6 + 0.083\text{std}X_7 + 0.028\text{std}X_8 + 0.152\text{std}X_9 + 0.114\text{std}X_{10}$$

上式中,各气象因素系数为标准化系数,  $\text{std}X_n$  为标准化变量,  $\text{std}X_n = (X_n - \text{均数}) / \text{标准差}$ 。可见,对房山区手足口病月发病数影响较大的气象因素依次为平均气压( $X_6$ )、平均最高气温( $X_3$ )、平均气温( $X_2$ )、平均最低气温( $X_1$ )、日照时数( $X_9$ )、平均水汽压( $X_5$ )、降水日数

( $X_{10}$ )、平均风速( $X_7$ )、降水量( $X_8$ )和平均相对湿度( $X_4$ )。建立各气象因素与手足口病月发病数(Y)的回归方程:

$$Y=4.440 + 0.171 \times (X_1 - \text{mean}_1) / \text{std}_1 + 0.177 \times (X_2 - \text{mean}_2) / \text{std}_2 + 0.183 \times (X_3 - \text{mean}_3) / \text{std}_3 + 0.021 \times (X_4 - \text{mean}_4) / \text{std}_4 + 0.130 \times (X_5 - \text{mean}_5) / \text{std}_5 - 0.185 \times (X_6 - \text{mean}_6) / \text{std}_6 + 0.083 \times (X_7 - \text{mean}_7) / \text{std}_7 + 0.028 \times (X_8 - \text{mean}_8) / \text{std}_8 + 0.152 \times (X_9 - \text{mean}_9) / \text{std}_9 + 0.114 \times (X_{10} - \text{mean}_{10}) / \text{std}_{10}$$

即:

$$Y=22.512 + 0.009X_1 + 0.009X_2 + 0.009X_3 + 0.002X_4 + 0.016X_5 - 0.021X_6 + 0.228X_7 + 0.0004X_8 + 0.004X_9 + 0.029X_{10}$$

实际手足口病月发病数与预测发病数、预测值95%可信区间关系见图2,总体上拟合效果较好。

### 3 讨论

据报道,手足口病在世界大部分地区均有流行,

表1 房山区手足口病发病率与气象因素相关系数矩阵

Table 1 Correlation coefficient matrix of HFMD incidence associated with meteorological factors in Fangshan district

因素 Factor	发病率 Incidence	平均最低气温 Average minimum air temperature	平均气温 Air temperature	平均最高气温 Maximal air temperature	平均相对湿度 Average relative air humidity	平均水汽压 Average vapor-atmospheric pressure
发病率 Incidence	—	0.712**	0.706**	0.706**	0.414**	0.678**
平均最低气温 The average minimum air temperature	0.712**	—	0.994**	0.992**	0.649**	0.935**
平均气温 Air temperature	0.706**	0.994**	—	0.995**	0.602**	0.911**
平均最高气温 Maximal air temperature	0.706**	0.992**	0.995**	—	0.569**	0.890**
平均相对湿度 Average relative air humidity	0.414**	0.649**	0.602**	0.569**	—	0.800**
平均水汽压 Average vapor-atmospheric pressure	0.678**	0.935**	0.911**	0.890**	0.800**	—
平均气压 Average barometric pressure	-0.758**	-0.941**	-0.940**	-0.944**	-0.507**	-0.867**
平均风速 Wind speed	-0.035	-0.192	-0.160	-0.120	-0.721**	-0.390**
降水量 Rainy days	0.649**	0.702**	0.676**	0.654**	0.652**	0.806**
日照时数 Sunshine time	0.124	0.219	0.273*	0.319*	-0.498**	-0.03
降水日数 Rainy days	0.638**	0.828**	0.797**	0.780**	0.767**	0.870**
因素 Factor	平均气压 Average barometric pressure	平均风速 Wind speed	降水量 Rainy days	日照时数 Sunshine time	降水日数 Rainy days	
发病率 Incidence	-0.758**	-0.035	0.649**	0.124	0.638**	
平均最低气温 The average minimum air temperature	-0.941**	-0.192	0.702**	0.219	0.828**	
平均气温 Air temperature	-0.940**	-0.159	0.676**	0.273*	0.797**	
平均最高气温 Maximal air temperature	-0.944**	-0.120	0.652**	0.319*	0.780**	
平均相对湿度 Average relative air humidity	-0.507**	-0.721**	0.654**	-0.500**	0.767**	
平均水汽压 Average vapor-atmospheric pressure	-0.867**	-0.390**	0.806**	-0.026	0.870**	
平均气压 Average barometric pressure	—	0.014	-0.712**	-0.286*	-0.796**	
平均风速 Wind speed	-0.014	—	-0.298*	0.602**	-0.254*	
降水量 Rainy days	-0.712**	-0.298*	—	-0.116	0.770**	
日照时数 Sunshine time	-0.286*	0.602**	-0.115	—	-0.134	
降水日数 Rainy days	-0.796**	-0.254*	0.770**	-0.134	—	

注: \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ 。Note: \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ 。

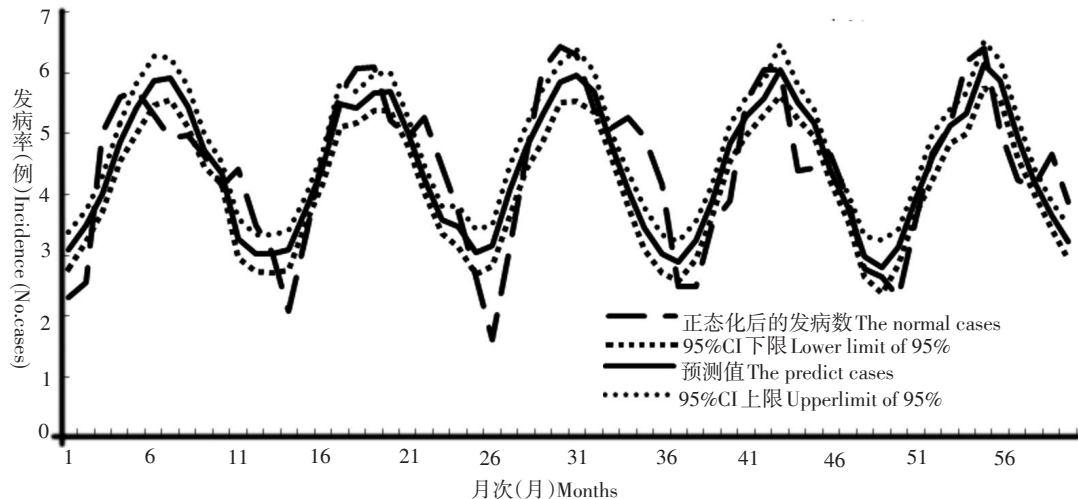


图2 房山区手足口病预测发病数与实际发病数比较

Fig. 2 Comparison of predicted HFMD cases and the actual HFMD cases in Fangshan district

已引起了全世界的普遍关注<sup>[1-2,6-7]</sup>。近几年,北京市及北京市房山区手足口病报告病例数、发病率、死亡病例数和重症病例数均呈现周期性递增现象<sup>[8-9]</sup>,给北京市及北京市房山区的公共卫生工作构成了极大压力,由此,做好房山区手足口病影响因素分析极为重要。

房山区手足口病发病率从4月开始升高,在5~8月达发病高峰,自9月开始下降,1月、2月发病率处于较低水平,可见房山区手足口病发病率有明显的季节性,这与手足口病在夏季和初秋季高发的特点相符<sup>[10]</sup>。7月、8月房山区进入高温时期,雨量相对集中,常伴有暴雨,高温高湿的气候引起手足口病高发,从而导致手足口病发病的季节性高峰。相关分析结果显示,手足口病月发病率与平均最低气温、平均气温、平均最高气温、平均相对湿度、平均水汽压、平均气压、降水量和降水日数相关系数有统计学意义。其中,平均气温、最高气温、最低气温、水汽压、降水量、降水日数和平均相对湿度与手足口病月发病率呈正相关,且温度、水汽压和降水量相关系数较大。表明:①高温、降水量大及高水汽压的气候对手足口病发病影响较大,与许一玲等研究结果一致<sup>[11]</sup>。可能由于高温高湿的气候有利于肠道病毒繁殖<sup>[12]</sup>,增加了手足口病感染的机会。②平均气压与手足口病发病率呈负相关,其中平均气压与手足口病发病率的相关系数为-0.758。可见气压高的天气,有利于减少手足口病的发病,国内其他学者的研究结果也支持此结论<sup>[13]</sup>。相关分析结果提示,在高温高湿高水汽压、低气压的天气,应注意加强手足口病的预防和监测工作。

主成分多元线性回归的标准回归方程显示,对手足口病发病数影响大的气象因素依次为平均气压、平

均最高气温、平均气温、平均最低气温、日照时数、平均水汽压、降水日数、平均风速、降水量和平均相对湿度。除高温、高湿、高水汽压、高降水量的气象条件外,低气压也是手足口病发病率增高的重要因素。提示高温高湿天气人们应尽量避免户外活动,注意卫生,闷热、潮湿的阴天更应警惕手足口病的感染。同时,通过主成分分析,较好地解决了自变量之间的共线性问题;用公式 $Y=\lg(y+5)$ 将月发病数 $y$ 进行正态变换,建立主成分多元线性回归方程,由校正决定系数 $R^2=0.697$ 可见,该方程的线性关系比较满意,在现阶段可尝试性地作手足口病月发病数的预测,预测值的95%可信区间作为房山区手足口病发病数的预警值也有一定的流行病学意义。

本研究也存在一定的局限性,首先,由于获取气象因素数据的途径有限,笔者仅从“中国气象科学数据共享服务网”中获取北京地区总体的气象资料替代北京市房山区的气象因素数据;另外,手足口病的流行是生物因素、环境因素、气候因素、职业卫生因素、行为因素等综合作用的结果<sup>[14]</sup>,气象因素只是其中之一,因此,在今后的研究中,将侧重综合预报模式分析,以更好地预防和控制手足口病的发生。

#### 参考文献

- [1] Ang L W, Koh B K, Chan K P, et al. Epidemiology and control of hand, foot and mouth disease in Singapore, 2001–2007 [J]. Annals of the Academy of Medicine, Singapore, 2009, 38(2): 106–112.
- [2] Chen K T, Chang H L, Wang S T, et al. Epidemiologic features of hand-foot-mouth disease and herpangina caused by enterovirus 71 in Taiwan, 1998–2005 [J]. Pediatrics, 2007, 120(2): 244–252.
- [3] Tseng F C, Huang H C, Chi C Y, et al. Epidemiological survey of enterovirus infections occurring in Taiwan between 2000 and 2005: anal-



预防处置率低及处置不规范,是造成狂犬病发生和死亡的主要原因之一。造成暴露后预防处置率低和不规范原因主要有,一是由于群众缺乏狂犬病的防治知识,对狂犬病危害的严重性认识不足;二是对暴露后的预防处置知识不了解;三是疫苗接种费用太贵,村民难以承受;四是基层人员特别是村医或个体诊所等不具备处置所必须的技术和条件。对此,要进一步加大健康教育和社会宣传力度,在群众中普及狂犬病防控知识,提高村民自我防护能力,一旦被犬咬伤后立即到正规医疗单位规范处理伤口和按要求注射疫苗和免疫球蛋白。同时,加强对犬伤门诊设置的规范化管理和业务指导,加强对基层犬伤门诊医务人员的培训,提高其业务水平和处置能力。

部门间缺乏沟通协作、犬只管理不到位是造成狂犬病流行的第四因素。狂犬病防控工作涉及卫生、畜牧兽医、公安、工商等多个部门,因部门间缺乏沟通和协作,各自为战,对犬只的管理、犬患问题的处理不形成合力,存在执行、检查、管理不严和督促不力等问题,犬只管理处于无序状态。要控制人的狂犬病,必须首先控制犬的狂犬病,而消除传染源又是其中的关键。建议政府及公安、畜牧兽医和卫生等部门进一步加强协作,齐抓共管狂犬病防控工作,并形成长效机制,切实落实“管、免、灭”等综合防制措施,有效地控制狂犬病疫情。

## 参考文献

- [1] 彭文伟,干梦九,王勤环,等.传染病学[M].第五版.北京:人民出版社,2002:66-69.
- [2] 谭寿南,蓝荣伟,莫飞宇,等.广西来宾市2003-2007年狂犬病流行特征分析[J].中国热带医学,2008,8(6):989-990.
- [3] 唐青,俞永新.控制狂犬病应从源头做起[J].中华实验和临床病毒学杂志,2008,22(3):161.
- [4] 宋森,唐青,许真,等.中国2005年狂犬病流行因素分析[J].中华流行病学杂志,2006,27(11):956-959.
- [5] 刘运芝,黄一伟,张红,等.2007年湖北省犬只感染狂犬病毒情况[J].实用预防医学,2008,15(6):1828-1830.
- [6] 唐宜柱,姜玉婷,蔡素洁,等.外观健康犬狂犬病毒感染分布调查[J].预防医学文献信息,1997,3(1):14-15.
- [7] 李浩,陶晓燕,宋森,等.狂犬病高发地区犬只感染情况调查分析[J].中华实验和临床病毒学分析杂志,2008,22(3):161-164.
- [8] 于金宁,李浩,唐青,等.中国狂犬病毒感染分布状况调查[J].中华流行病学杂志,2010,31(5):521-524.
- [9] 袁兆虎,蒋仁保,鲍昌俊,等.2008-2009年镇江市犬只感染狂犬病毒情况调查[J].预防医学论坛,2011,17(4):295-296.
- [10] 周开姣,莫兆军,陈敏玫,等.2006-2009年广西犬只狂犬病毒感染监测[J].中国热带医学,2011,11(7):849-851.
- [11] 王臻,吕华坤,陈恩富,等.浙江省1955-2004年狂犬病流行特征及防控对策[J].中华预防医学杂志,2006,7(5):381-383.
- [12] 王真行.WHO关于狂犬病疫苗的意见书[J].国外医学.预防.诊断.治疗用生物制品分册,2002,25(6):245-248.

收稿日期:2014-08-26 编辑:崔宜庆

(上接第48页)

- ysis of sentinel physician surveillance data [J]. Journal of medical virology, 2007, 79(12): 1850-1860.
- [4] IPCC. Climate change 2013: the physical science basis [R/OL][2013-11-11].[http://www.climate-change-2013.org/images/report/WGIAR5ALL\\_FINAL.pdf](http://www.climate-change-2013.org/images/report/WGIAR5ALL_FINAL.pdf).
- [5] 于长水,张之伦,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.
- [6] Saoji V A. Hand, foot and mouth disease in Nagpur [J]. Indian journal of dermatology, venereology and leprology, 2008, 74(2): 133-135.
- [7] Xing W, Liao Q, Viboud C, et al. Hand, foot, and mouth disease in China, 2008-2012: an epidemiological study [J]. The Lancet Infectious diseases, 2014, 14(4): 308-318.
- [8] 李爱军,黄绍平,王立强,等.2011年北京市房山区手足口病发病时空扫描分析[J].实用预防医学,2012,19(10):1488-1490.
- [9] 李锡太,王全意,黄芳,等.北京市2007-2010年手足口病流行特征

- 分析[J].国际病毒学杂志,2011,18(1):5-10.
- [10] 谭学筠,梁小华,熊飞.重庆市九龙坡区7503例手足口病流行特征分析[J].中国热带医学,2013,13(11):1406-1409.
- [11] 许一玲,李栋.淄博市张店区手足口病流行与气象因素的关系研究[J].热带医学杂志,2010,10(10):1237-1239.
- [12] 曾立华,任敏,赵培利,等.手足口病与气候关系的探讨和研究[J].中华实验和临床病毒学杂志,2011,25(3):227-229.
- [13] 刘立,韩江涛,庞志钊,等.石家庄市气象因素与手足口病流行的关系研究[J].中国全科医学,2013,16(3):326-328.
- [14] 王文明,王华,田昌伟,等.昆山市气象因素与手足口病发病的相关性[J].中国热带医学,2014,14(2):223-224.
- [15] 周智翔,江朝强.严重急性呼吸综合征爆发的大气环境和院内感染的职业卫生因素[J].中华劳动卫生职业病杂志,2004,22(4):261-263.

收稿日期:2014-10-24 编辑:史金端