

· 技术与方法 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2017.22.024

## 武汉市武昌区手足口病控制图法预警模型研究

杨娟<sup>1</sup>, 燕虹<sup>1</sup>, 阮娇<sup>2</sup>, 张皓<sup>3</sup>, 全永霞<sup>2Δ</sup>

(1. 武汉大学公共卫生学院, 武汉 430071; 2. 湖北省武汉市武昌区疾病预防控制中心 430061;

3. 湖北省宜昌市疾病预防控制中心 443005)

**[摘要]** **目的** 基于控制图法构建武汉市武昌区手足口病预警模型, 确定最佳预警界值, 为该区手足口病监测工作提供数据支持。**方法** 从国家传染病报告系统中整理 2009—2014 年武昌区手足口病数据并建立数据库, 采用移动百分位数法建立预警模型, 通过筛检试验方法对模型进行评价, 计算出灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值, 绘制 ROC 曲线并找出最佳预警界值。**结果** 武汉市武昌区手足口病最佳预警界值为 P90, 其灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 75.00%、93.88%、50.00% 和 97.87%。**结论** 手足口病预警界值的确定应根据发病特点结合当地疫情优选, 注重地区特异性, 提高传染病疫情监测能力。

**[关键词]** 手足口病; ROC 曲线; 控制图; 预警模型**[中图分类号]** R183.9**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2017)22-3101-02

## Study on alarming model based on control chart method for hand, foot and mouth disease in Wuchang District of Wuhan City

Yang Juan<sup>1</sup>, Yan Hong<sup>1</sup>, Ruan Jiao<sup>2</sup>, Zhang Hao<sup>3</sup>, Quan Yongxia<sup>2Δ</sup>

(1. School of Public Health, Wuhan University, Wuhan, Hubei 430071, China;

2. Wuchang District Center for Disease Prevention and Control, Wuhan, Hubei 430061, China;

3. Yichang Municipal Center for Disease Prevention and Control, Yichang, Hubei 443005, China)

**[Abstract]** **Objective** To establish the early warning model based on the control chart method for hand, foot and mouth disease (HFMD) in Wuchang District and to determine the optimum alarming threshold to provide the data support for HFMD monitoring work. **Methods** The data of HFMD in Wuchang District during 2009—2014 were collected from the National Infectious Diseases Notification System for constructing the data base. The mobile percentile method was adopted to establish the early alarming model, which was evaluated by the screening test. The sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value were calculated. Then the receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn and the optimum alarming threshold was found out. **Results** The early alarming threshold of HFMD in Wuchang District was P90, its sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value were 75.00%, 93.88%, 50.00% and 97.87%, respectively. **Conclusion** Determining the early warning threshold should be optimized according to onset characteristics combining with the local epidemic situation, which pays attention to regional specificity and increases the monitoring ability of infectious diseases.

**[Key words]** hand, foot and mouth disease; ROC curve; control chart; early alarming model

手足口病是肠道病毒引起的儿童常见传染病, 在我国的报告年发病率为 1.2‰, 居于丙类传染病报告发病率首位<sup>[1]</sup>。手足口病传染性强, 易在托幼机构、学校等人群密集场所发生聚集病例并引发大范围的流行, 早期预警是避免其大流行的关键<sup>[2]</sup>。目前传染病早期预警的主要方法有时间序列模型、线性回归模型等, 其中控制图法作为时间序列模型中最常用模型之一, 具有原理简单, 所需数据少等特点, 是我国传染病自动预警信息系统所采用的预警方法之一<sup>[3-4]</sup>。但目前国内的传染病自动预警信息系统由于预警覆盖面过大, 不能对局部地区出现的疫情做准确预警。既往研究也显示, 不同地区、不同症状的手足口病暴发可能存在一定的地域特异性<sup>[5-6]</sup>; 因此, 开展区域性的预警技术研究十分必要。本研究拟运用控制图法确定武汉市武昌区手足口病的预警界值, 提高手足口病的预警能力。

## 1 资料与方法

**1.1 资料来源** 收集 2009 年 1 月 1 日至 2014 年 12 月 31 日武汉市武昌区“传染病报告信息管理系统”中手足口病疫情资料, 并根据发病日期整理出每年各周发病频数信息。

**1.2 方法** 本研究采用控制图法建立预警模型, 然后通过绘

制 ROC 曲线确定最佳预警界值。具体分析步骤为: (1) 建立预警模型, 并利用该模型对预测年的流行强度进行预测。以选取的传染病病种历年发病资料作为基线数据, 计算指定的百分位数作为候选预警界值, 建立预警模型; 将预测年的各周实际发病数与备选预警界值分别进行比较并判定其流行情况。(2) 确立“金标准”, 本研究沿用杨维中等<sup>[2]</sup>研究结果, 将“流行”标准确立为“ $>(\bar{x} \pm 2s)$ ”。利用金标准判定预测年发病情况, 并将 19 组备选预警界值判断的预警结果分别与金标准判断的进行比较。(3) 对传染病各个预警界值进行筛检试验评价, 计算出各自的特异度、灵敏度、阴性预测值和阳性预测值。(4) 绘制 ROC 曲线: 以 1-特异度为横坐标, 灵敏度为纵坐标绘制 ROC 曲线, 并优选出该传染病的最佳预警界值。

**1.3 统计学处理** 统计分析软件为 Excel 2007, 分析方法包括建立预警模型、计算灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值、绘出 ROC 曲线等。

## 2 结果

**2.1 建立预警模型** 绘制出武汉市武昌区 2009—2014 年手足口病发病周分布图(图 1)。根据移动百分位数法原理, 以该

区 2009—2013 年内“观察周”及该周前后两周手足口病发病数为基线数据(即移动窗口大小为“5×5”),分别计算出各观察周的 P5、P10……P95 共 19 个百分位数。如:第 4 周的 P5 为 2009—2013 年第 2~6 周共 25 个周发病数的第 5 百分位数[公式  $\text{percentile}(\text{array}, 0.05)$ ],该观察周的 P10 为 2009—2013 年第 2~6 周 25 个周发病数的第 10 百分位数[公式  $\text{percentile}(\text{array}, 0.10)$ ]……P95 为这 25 个周发病数的第 95 百分位数[公式  $\text{percentile}(\text{array}, 0.95)$ ]。同理,第 5 周的 P5、P10……P95 分别为 2009—2013 年第 3~7 周的 25 个周发病数的第 5、10……95 百分位数,公式分别为  $\text{percentile}(\text{array}, 0.05)$ 、 $\text{percentile}(\text{array}, 0.10)$ …… $\text{percentile}(\text{array}, 0.95)$ 。以此类推可分别计算出第 1~53 周的 19 个百分位数,即手足口病备选预警界值。

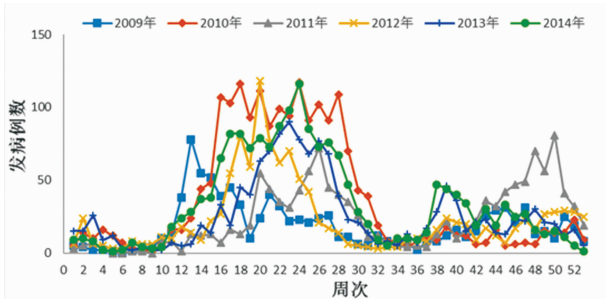


图 1 2009—2014 年武汉市武昌区手足口病发病周分布

**2.2 备选预警界值试验** 应用预警模型预测 2014 年 53 周手足口病的流行强度。将各周的 19 组备选预警界值分别与 2014 年对应周的实际发病数进行比较,若 2014 年实际周发病例数大于该周备选预警界值,则记为“流行(+)”,反之则为“散发(-)”。

**2.3 确定“流行”标准(即金标准)** 根据金标准<sup>[2]</sup>判定方法,分别算出 2009—2013 年手足口病各周发病数的均值  $\bar{x}$  和标准差  $s$ ,将 2014 年的实际周发病例数与  $(\bar{x} \pm 2s)$  值比较,若较大则记为“流行(+)”,反之则为“散发(-)”。

表 1 武汉市武昌区手足口病预警模型的筛检试验评价(%)

预警模型	灵敏度	特异度	1-特异度	阳性预测值	阴性预测值
P5	100.00	4.08	95.92	7.84	100.00
P10	100.00	4.08	95.92	7.84	100.00
P15	100.00	8.16	91.84	8.16	100.00
P20	100.00	12.24	87.76	8.51	100.00
P25	100.00	16.33	83.67	8.89	100.00
P30	100.00	20.41	79.59	9.30	100.00
P35	100.00	24.49	75.51	9.76	100.00
P40	100.00	24.49	75.51	9.76	100.00
P45	100.00	24.49	75.51	9.76	100.00
P50	100.00	26.53	73.47	10.00	100.00
P55	100.00	28.57	71.43	10.26	100.00
P60	100.00	30.61	69.39	10.53	100.00
P65	100.00	44.90	55.10	12.90	100.00
P70	100.00	55.10	44.90	15.38	100.00
P75	100.00	67.35	32.65	20.00	100.00
P80	100.00	73.47	26.53	23.53	100.00
P85	75.00	85.71	14.29	30.00	97.67
P90	75.00	93.88	6.12	50.00	97.87
P95	50.00	95.92	4.08	50.00	95.92

**2.4 筛检试验评价** 将 19 组备选预警界值试验结果与金标准

判定结果对比,根据筛检试验评价方法计算出该预警模型的灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值,见表 1。

**2.5 绘制 ROC 曲线,优选最佳预警界值** 根据表 1 结果,绘制出手足口病预警模型的 ROC 曲线(图 2)。综合考虑灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值评价指标与 ROC 曲线特点,将最靠近坐标轴左上角的那点确定为本研究的最佳预警界值,即 P90。

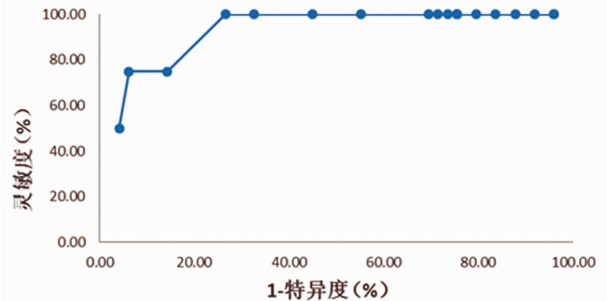


图 2 武汉市武昌区手足口病预警模型 ROC 曲线

### 3 讨论

本研究使用的控制图法,也称为统计过程控制法,该统计工具用于辨别特殊原因和普通原因产生的过程变化,运用数据资料来绘制曲线。传染病预警信息系统的原理便是运用控制图法,通过对传染病事先设置合适的预警界值,将传染病的实际发病情况与该预警界值进行比对,如果超过预警界值便发出预警信号<sup>[4]</sup>。控制图法作为国内外常用的传染病预警模型,具有简单易行、适用面广、预警功效高的特点,避免了像其他预测方法那样需要建立复杂的数学模型并不断地对参数进行调整的弊端<sup>[2]</sup>。目前,我国传染病普遍采用网络实时直报,随着传染病日常报告数据的更新,通过控制图法可对传染病流行情况进行实时预警,有助于提高及时发现和识别传染病暴发的能力。因此,控制图法成为我国传染病自动预警系统的主要预警模型。

根据控制图法原理,当各预警界值的灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值 4 个指标达到平衡时为最优,此时反映在 ROC 曲线上为最靠近坐标轴左上角的那点<sup>[2,7-8]</sup>。本研究显示,特异度和阳性预测值指标随备选预警值的增大而升高,灵敏度和阴性预测值则相反。当预警界值为 P90 时,该预警模型的灵敏度为 75.00%,特异度为 93.88%,阳性预测值为 50.00%,阴性预测值为 97.87%。从 ROC 曲线上可以看出此点为 4 个指标平衡点,故将 P90 确定为武昌区手足口病的预警界值。

我国传染病自动预警信息系统覆盖广,其中预警阈值设定依据的是全国数据水平,这可能会导致某些区域预警灵敏度低或者过度预警等情况,给传染病防控工作带来困扰<sup>[8-9]</sup>。既往研究报道,上海、江苏、湖北等不同地区所确定的手足口病预警界值均不同<sup>[7-8,10]</sup>;另外,即使在湖北省范围内,王棠等<sup>[10]</sup>的研究提示湖北省整体的预警值为 P65,而张皓等<sup>[6]</sup>研究显示宜昌市的则为 P85。提示,手足口病发病特点存在地区差异性,在优选其预警界值时,应充分考虑区域因素。2014 年流行病学研究提示,中国南方与北方手足口病的流行特点存在差异,这可能与降雨、日照、气压、温度等地理环境有关<sup>[1]</sup>。胡跃华等<sup>[11]</sup>提到手足口病的发生也与社会经济因素相关。武汉市位于我国中部,属多江河湖泊的平原地势,是湖北省政治、经济及医疗中心,手足口病发病规律有其特殊性,但(下转第 3105 页)

部与仪表盘、风挡摩擦形成刷状擦伤,可将驾乘人员不同的损伤表现可作为区分摩托车驾驶员与乘员的依据<sup>[7-8]</sup>。

伤亡人员中易发生骨折的前 3 部位分别为颅骨、胸廓、下肢,而后依次为上肢、脊柱、锁骨和骨盆。死亡组颅骨骨折和胸廓骨折的发生率高于伤残组,伤残组下肢骨折的发生率高于死亡组,这可能是因为颅骨和胸廓骨折进而增加了内部器官损伤的风险下肢骨折较上肢骨折多,其比例为 1.8 : 1。这与黄伟等<sup>[6]</sup>的研究数据接近,这可能是由于摩托车驾驶员行驶过程中双膝位于最前外侧,事故发生时撞击暴力多来自于前方和侧方,故容易造成下肢骨折。

目前已有大量的研究证实头盔可以降低头颈部的伤害<sup>[9]</sup>,本资料中头盔的使用率达到了 70%,高于李彦章等<sup>[10]</sup>2000—2004 年重庆地区的调查数据,但头颈部损伤仍是造成摩托车人员伤亡的最重要原因。早在 1989 年我国就制订了摩托车乘员头盔强制性国家标准,但市面上很多假冒伪劣头盔其材料及设计性能满足不了防护要求<sup>[11]</sup>。另外还存在大量驾驶员为规避检查虽携带头盔但并未佩戴或未正确佩戴。

货车与摩托车事故驾乘人员损伤严重程度要高于小型汽车与摩托车事故<sup>[12]</sup>。本组资料中小型汽车与摩托车事故平均死亡人数为 0.67 例/次,货车与摩托车事故平均死亡人数为 0.82 例/次。平均每 3 起货车与摩托车事故中就有 1 人遭受碾压,遭受碾压人员存在严重多发伤,当场死亡率高,死因多为头部合并胸腹腔脏器损伤死亡。此外发现碾压多发生于货车侧面,这可能与货车驾驶空间高度及转弯轮距差有关,提示广大摩托车驾驶员在驾驶过程中应保持与货车的足够安全距离,尤其在侧面。

## 参考文献

- [1] 王正国. 现代交通医学[M]. 重庆:重庆出版社,2011:1-5.
- [2] 高林,田丹平,黄渊秀. 摩托车道路交通伤害流行特点及

干预措施综述[J]. 中华疾病控制杂志,2013,17(10):875-878.

- [3] 公安部交通管理局. 2013 年中华人民共和国道路交通事故统计年报[R]. 北京:公安部交通管理局,2013.
- [4] 李阳. 摩托车道路交通事故及其伤害特点研究[D]. 重庆:第三军医大学,2009.
- [5] Solagberu BA, Ofoegbu CK, Nasir AA, et al. Motorcycle injuries in a developing country and the vulnerability of riders, Passengers, and Pedestrians[J]. Inj Prev, 2006, 12(4):266-268.
- [6] 黄伟,唐任宽,刘云志,等. 145 例摩托车交通事故死亡人员的特征分析[J]. 重庆医科大学学报,2010,35(5):741-743.
- [7] 付刚,李凡,史阳. 洛阳市摩托车道路交通事故致驾驶员死亡法医学分析 43 例[J]. 河南科技大学学报,2014,32(4):299-301.
- [8] Zhao H, Chen R, Deng GJ, et al. Comparison of injuries sustained by drivers and pillion passengers in fatal head-on motorcycle collision accidents[J]. Forensic Sci Int, 2011,207(1/3):188-192.
- [9] Manan MM, Varhelyi A. Motorcycle fatalities in Malaysia[J]. IATSS Res, 2012,36(1):30-39.
- [10] 李彦章. 重庆市摩托车事故特点及心理影响因素研究[D]. 重庆:第三军医大学,2006.
- [11] 俞春俊,王长君. 摩托车头盔与摩托车交通事故的相关研究[J]. 中国安全生产科学技术,2009,5(2):76-79.
- [12] 张冬先,洪仕君,赵丽萍,等. 摩托车交通事故所致死亡的法医学损伤特征分析[J]. 昆明医科大学学报,2012(11):86-89.

(收稿日期:2017-01-29 修回日期:2017-03-10)

(上接第 3102 页)

此前尚无该市手足口病预警界值的研究报道。本研究运用控制图法优选出武汉市武昌区手足口病预警界值为 P90,这与全省的预警值存在差异。同时,历年武汉市手足口病发病高峰期集中在春夏季,秋季也会有一个小高峰,这与文献[1]报道的中国南方地区手足口病爆发趋势相吻合。提示,4—6 月及 9—10 月是武汉市手足口病防控的重点月份,且预警界值确定为 P90。这也提示,有必要在全国传染病自动预警系统基础上结合各区域特点,开展手足口病预警技术研究,优选出适宜的预警界值,以提高当地手足口病疫情监测的能力。

## 参考文献

- [1] Xing W, Liao Q, Viboud C, et al. Epidemiological characteristics of hand-foot-and-mouth disease in China, 2008-2012[J]. Lancet Infect Dis, 2014, 14(4):308-318.
- [2] 杨维中,邢慧娟,王汉章,等. 七种传染病控制图法预警技术研究[J]. 中华流行病学杂志,2004,25(12):1039-1041.
- [3] 杨仁东,胡世雄,曾小敏,等. 手足口病疫情预测预警模型研究进展[J]. 实用预防医学,2015,22(11):1399-1402.
- [4] Hanslik T, Boelle PY, Flahault A. The control chart: an epidemiological tool for public health monitoring[J]. Public Health, 2001, 115(4):277-281.

- [5] 李静,雷亚克,蒋晓清,等. 湖北肠道病毒 EV71 型流行株 VP1 基因以及蛋白结构特征分析[J]. 中国人兽共患病学报,2013,29(11):1099-1104.
- [6] 张皓,明小燕,余凤苹,等. 基于控制图法的宜昌市手足口病预警研究[J]. 中国卫生信息管理杂志,2015,12(4):425-430.
- [7] 王瑞平,龙云,刘会会,等. 上海市松江区 8 种重点传染病控制图法预警界值优选分析[J]. 中华预防医学杂志,2014,48(1):53-57.
- [8] 王瑞平,陈立凌,刘成,等. 苏州市重点传染病移动百分位数法预警界值优选分析[J]. 中国卫生统计,2014,31(4):598-601,605.
- [9] 刘永孝,邓舒. 传染病自动预警信息分析[J]. 安徽预防医学杂志,2007,13(6):425-426,433.
- [10] 王棠,明小燕,李十月. 湖北省手足口病控制图法预警效果评价[J]. 中国公共卫生,2015,31(10):1324-1326.
- [11] 胡跃华,肖革新,郭莹,等. 2008—2011 年中国大陆手足口病流行特征分析[J]. 中华疾病控制杂志,2014,18(8):693-697,747.

(收稿日期:2017-01-24 修回日期:2017-03-05)