

· 传染病早期探测与自动预警 ·

移动百分位数法不同阈值在传染病暴发预警中的效果比较

孙乔 赖圣杰 李中杰 兰亚佳 张洪龙 赵丹 金连梅 杨维中

【摘要】 目的 比较国家传染病自动预警系统(CIDARS)中移动百分位数法采用不同阈值对传染病预警效果的影响。**方法** 分别采用 P_{50} 、 P_{60} 、 P_{70} 、 P_{80} 和 P_{90} 5个阈值作为移动百分位数法的候选预警阈值,对全国范围2008年7月至2010年6月期间报告的19种法定传染病病例数进行暴发探测和结果的比较,以暴发探测起数最多、暴发探测时间最短和预警信号数最少作为移动百分位数法最优阈值的筛选标准。**结果** 细菌性和阿米巴性痢疾的最优阈值为 P_{50} ,其他感染性腹泻和流行性腮腺炎的最优阈值为 P_{60} ,甲型肝炎、流行性感风和风疹的最优阈值为 P_{70} ,流行性乙型脑炎的最优阈值为 P_{80} ,猩红热、伤寒和副伤寒、戊型肝炎、急性出血性结膜炎、疟疾、流行性出血热、流行性脑脊髓膜炎、钩端螺旋体病、登革热、流行性和地方性斑疹伤寒、丙型肝炎和麻疹12种疾病的最优阈值为 P_{90} ;对19种传染病分别采用最优阈值进行探测,与所有疾病均采用 P_{50} 作为阈值相比,2年可减少64 840条(12.20%)预警信号,而暴发探测起数与暴发探测时间没有变化。**结论** 不同传染病采用移动百分位数法进行暴发探测的最优阈值不同,CIDARS可进一步优化各病种的预警阈值,从而在确保暴发探测准确性和及时性的前提下,减少预警信号数量。

【关键词】 传染病;移动百分位数法;阈值;暴发探测

Comparison on the different thresholds on the ‘moving percentile method’ for outbreak detection SUN Qiao¹, LAI Sheng-jie², LI Zhong-jie², LAN Ya-jia³, ZHANG Hong-long², ZHAO Dan², JIN Lian-mei², YANG Wei-zhong². 1 Shanghai Pudong New Area Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200136, China; 2 Chinese Center for Disease Control and Prevention; 3 West China School of Public Health, Sichuan University

Corresponding authors: YANG Wei-zhong, Email: yangwz@chinacdc.cn; JIN Lian-mei, Email: jin_lm@163.com

This work was supported by grants from the National Science and Technology Support Projects for the “Eleven Five-Year Plan” of China (No. 2006BAK01A13, 2008BAI56B02), the China-WHO Regular Budget Cooperation Project (No. WPCHN0801617, WPCHN1002405) and the National Science and Technology Key Projects (No. 2009ZX10004-201).

【Abstract】 Objective To compare the different thresholds of ‘moving percentile method’ for outbreak detection in the China Infectious Diseases Automated-alert and Response System (CIDARS). **Methods** The thresholds of P_{50} , P_{60} , P_{70} , P_{80} and P_{90} were respectively adopted as the candidates of early warning thresholds on the moving percentile method. Aberration was detected through the reported cases of 19 notifiable infectious diseases nationwide from July 1, 2008 to June 30, 2010. Number of outbreaks and time to detection were recorded and the amount of signals acted as the indicators for determining the optimal threshold of moving percentile method in CIDARS. **Results** The optimal threshold for bacillary and amebic dysentery was P_{50} . For non-cholera infectious diarrhea, dysentery, typhoid and paratyphoid, and epidemic mumps, it was P_{60} . As for hepatitis A, influenza and rubella, the threshold was P_{70} , but for epidemic encephalitis B it was P_{80} . For the following diseases as scarlet fever, typhoid and paratyphoid, hepatitis E, acute hemorrhagic conjunctivitis, malaria, epidemic hemorrhagic fever, meningococcal meningitis, leptospirosis, dengue fever, epidemic endemic typhus, hepatitis C and measles, it was P_{90} . When adopting the adjusted optimal threshold for 19 infectious diseases respectively, 64 840 (12.20%) signals had a decrease, comparing to the adoption of the former defaulted threshold (P_{50}) during the 2 years. However, it did not reduce the number of

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2011.05.006

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划(2006BAK01A13, 2008BAI56B02); 中国-世界卫生组织合作项目(WPCHN0801617, WPCHN1002405); 国家科技重大专项(2009ZX10004-201)

作者单位:200136 上海市浦东新区疾病预防控制中心(孙乔); 中国疾病预防控制中心(赖圣杰、李中杰、张洪龙、赵丹、金连梅、杨维中); 四川大学华西公共卫生学院(兰亚佳)

孙乔、赖圣杰同为第一作者

通信作者:杨维中, Email: yangwz@chinacdc.cn; 金连梅, Email: jin_lm@163.com

outbreaks being detected as well as the time to detection, in the two year period. **Conclusion** The optimal thresholds of moving percentile method for different kinds of diseases were different. Adoption of the right optimal threshold for a specific disease could further optimize the performance of outbreak detection for CIDARS.

【Key words】 Infectious Diseases; Moving percentile method; Threshold; Outbreak detection

为提高基层疾病预防控制机构的传染病暴发早期发现能力,中国疾病预防控制中心(CDC)采用法定传染病监测信息报告管理系统的监测数据,开展了传染病暴发的早期预警技术研究^[1]。基于移动百分位数法,成功开发了国家传染病自动预警系统(CIDARS),并于2008年4月投入试运行^[2]。该系统试运行之初,设计者优先考虑了系统的灵敏度和及时性,以确保尽量不遗漏可能的暴发事件,因此在CIDARS中将基线数据的第50百分位数(P_{50})设置为所有预警病种的预警阈值^[3,4]。本研究对CIDARS在2008—2010年期间采用移动百分位数法不同阈值探测疾病暴发的效果进行比较分析,从而为下一步调整和优化各病种预警阈值提供依据。

资料与方法

1. 资料来源:采用2008年7月1日至2010年6月30日期间CIDARS中移动百分位数法对19种传染病发出的预警信号和响应处理结果作为研究数据来源。CIDARS产生的预警信号以手机短信的方式自动发送给县级CDC负责疫情分析的人员,当地收到预警信号后通过数据分析或电话核实等方式进行初步核实,若判定为疑似事件后,将进一步开展现场调查以确认是否为暴发。预警信号的初步核实和现场调查结果通过预警系统进行报告。

2. 方法:目前预警系统对麻疹、流行性脑脊髓膜炎(流脑)等19种急性传染病的监测数据,采用移动百分位数法进行探测^[3,4],以县(区)为空间范围,7d为一个观察期,即当前观察周期病例数为最近7d的病例数之和;基线数据采用3年期间每年同期的观察期以及前后各摆动两个观察期的病例数,即基线数据由15个历史数据块构成^[5,6]。CIDARS目前采用基线数据 P_{50} 作为预警阈值,当前观察周期病例数大于预警阈值时,即产生一条预警信号。该系统在实际运行中同时记录了移动百分位数法分别以 P_{60} 、 P_{70} 、 P_{80} 和 P_{90} 作为预警阈值时的预警信号情况。

3. 评价指标及标准:本研究以疾病暴发探测起数、暴发探测时间和预警信号数作为算法最优阈值的筛选标准,即首先以暴发探测起数最多的阈值作为算法的最优阈值,如暴发探测起数相同,则将暴发探测时间最短的阈值作为最优阈值;如暴发探测起

数与暴发探测时间均相同,则将预警信号数最少的阈值作为最优阈值。

参考已有研究^[7-9],采用暴发首例病例的报告日期为暴发开始时间,暴发末例病例的报告日期为暴发结束时间,二者的时间间隔为暴发持续时间,在该时间内,移动百分位数法某个预警阈值发出1个及以上信号,即认为探测到暴发,并计算移动百分位数法该预警阈值的暴发探测总起数。暴发探测时间指暴发开始时间至移动百分位数法某个预警阈值首次发出预警信号的时间间隔,本研究采用中位数表示每个预警阈值的暴发探测时间的平均水平。预警信号数指移动百分位数法达到某个预警阈值时,发出的全部预警信号数量。

4. 统计学分析:应用Microsoft Excel 2007软件建立和整理数据库,用Microsoft Office Access 2007软件进行数据分析。

结果

1. 预警疾病分析:19种预警病种除登革热外,所有18种疾病随着预警阈值的升高,预警信号数均有所减少。其中,其他感染性腹泻、流行性感(流)感、风疹、流行性腮腺炎(流腮)、细菌性和阿米巴性痢疾(痢疾)和流行性乙型脑炎(乙脑)6种疾病随着预警阈值的升高,暴发探测起数逐步减少;流腮、痢疾、乙脑3种疾病随着预警阈值的升高,暴发探测时间略有增加(表1)。甲型肝炎(甲肝)随着预警阈值升高,暴发探测起数无变化,暴发探测时间略有增加。猩红热、伤寒和副伤寒、戊型肝炎(戊肝)、急性出血性结膜炎、疟疾、流行性出血热(出血热)、流脑、钩端螺旋体病(钩体病)、登革热、流行性和地方性斑疹伤寒(斑疹伤寒)、丙型肝炎(丙肝)和麻疹12种疾病随着预警阈值升高,暴发探测起数与暴发探测时间均无变化。

2. 预警指标分析:根据本研究制定的最优阈值筛选标准,痢疾的最优阈值为 P_{50} ,其他感染性腹泻和流腮的最优阈值为 P_{60} ,甲肝、流感和风疹的最优阈值为 P_{70} ,乙脑的最优阈值为 P_{80} ,猩红热、伤寒和副伤寒、戊肝、急性出血性结膜炎、疟疾、出血热、流脑、钩体病、登革热、斑疹伤寒、丙肝和麻疹12种疾病的最优阈值为 P_{90} 。

对各病种调整后的最优阈值与预警系统默认

表 1 2008 年 7 月 1 日至 2010 年 6 月 30 日 CIDARS 移动百分位数法不同阈值分病种预警效果

病症名称	预警阈值	预警信号数	暴发探测起数	暴发探测时间(d)	病症名称	预警阈值	预警信号数	暴发探测起数	暴发探测时间(d)	病症名称	预警阈值	预警信号数	暴发探测起数	暴发探测时间(d)
其他感染性腹泻 ^a	P ₅₀	148 456	52	0	猩红热	P ₇₀	12 097	46	2.5	流脑	P ₉₀	1 651	2	0.5
	P ₆₀	135 205	52	0		P ₈₀	10 839	46	3.5		P ₅₀	289	5	1
	P ₇₀	114 884	50	0		P ₉₀	8 766	46	4		P ₆₀	275	5	1
	P ₈₀	91 033	48	0		P ₅₀	6 593	3	2		P ₇₀	275	5	1
流感	P ₉₀	61 277	45	0	P ₆₀	6 326	3	2	P ₈₀	270	5	1		
	P ₅₀	25 322	612	0	P ₇₀	5 825	3	2	P ₉₀	259	5	1		
	P ₆₀	24 926	612	0	P ₈₀	5 137	3	2	钩体病	P ₅₀	188	2	2	
	P ₇₀	24 345	612	0	P ₉₀	4 096	3	2		P ₆₀	187	2	2	
P ₈₀	23 388	611	0	伤寒和副伤寒	P ₅₀	5 849	17	1		P ₇₀	182	2	2	
P ₉₀	21 597	606	0		P ₆₀	5 523	17	1		P ₈₀	174	2	2	
风疹	P ₅₀	17 040	302		1	P ₇₀	4 935	17	1	P ₉₀	135	2	2	
	P ₆₀	16 476	302		1	P ₈₀	4 222	17	1	登革热	P ₅₀	33	9	2
	P ₇₀	15 651	302	1	P ₉₀	3 222	17	1	P ₆₀		33	9	2	
	P ₈₀	14 134	297	1	戊肝	P ₅₀	4 996	1	1		P ₇₀	33	9	2
P ₉₀	12 138	296	1	P ₆₀		4 976	1	1	P ₈₀		33	9	2	
流腮	P ₅₀	99 654	693	1		P ₇₀	4 899	1	1	P ₉₀	33	9	2	
	P ₆₀	94 017	693	1		P ₈₀	4 677	1	1	麻疹	P ₅₀	41 786	12	1
	P ₇₀	84 048	689	1	P ₉₀	4 122	1	1	P ₆₀		39 775	12	1	
	P ₈₀	69 637	680	1	急性出血性结膜炎	P ₅₀	4 066	19	0		P ₇₀	36 550	12	1
P ₉₀	50 984	649	2	P ₆₀		3 985	19	0	P ₈₀		32 115	12	1	
痢疾	P ₅₀	97 766	40	0.5		P ₇₀	3 841	19	0	P ₉₀	25 202	12	1	
	P ₆₀	87 493	39	1		P ₈₀	3 513	19	0	斑疹伤寒	P ₅₀	674	0	-
	P ₇₀	71 420	38	1	P ₉₀	3 016	19	0	P ₆₀		635	0	-	
	P ₈₀	54 125	38	1	疟疾	P ₅₀	3 031	2	3.5		P ₇₀	571	0	-
P ₉₀	34 136	38	1	P ₆₀		2 609	2	3.5	P ₈₀		476	0	-	
乙脑	P ₅₀	3 645	8	0		P ₇₀	2 070	2	3.5	P ₉₀	360	0	-	
	P ₆₀	3 558	8	0		P ₈₀	1 575	2	3.5	丙肝	P ₅₀	56 240	0	-
	P ₇₀	3 349	8	0	P ₉₀	1 049	2	3.5	P ₆₀		55 204	0	-	
	P ₈₀	3 040	8	0	出血热	P ₅₀	2 474	2	0.5		P ₇₀	52 910	0	-
P ₉₀	2 519	6	0.5	P ₆₀		2 370	2	0.5	P ₈₀		48 953	0	-	
甲肝	P ₅₀	13 255	46	2.5		P ₇₀	2 227	2	0.5	P ₉₀	41 251	0	-	
	P ₆₀	12 880	46	2.5		P ₈₀	2 000	2	0.5					

注：^a除霍乱、痢疾、伤寒和副伤寒以外的感染性腹泻病；“-”：由于没有相关暴发事件，该指标无法计算

的阈值(P₅₀)在 2 年间的预警效果进行分析,各病种的暴发探测起数和暴发探测时间在阈值调整前后无改变,而总预警信号数量在阈值调整后则减少了 64 840 条,减少比例达到 12.20%(表 2)。其中,消化道传染病预警信号减少了 17 910 条(6.63%),呼吸道传染病预警信号减少了 27 114 条(14.22%),其他传染病预警信号减少了 16 039 条(26.60%),虫媒及自然疫源性传染病预警信号减少了 3777 条(37.60%)。

讨 论

研究表明,不同传染病采用移动百分位数法进行暴发探测的最优阈值不同,对各病种采用调整后的最优阈值进行探测,可在确保暴发探测数量和及时性的前提下,大量减少错误预警信号,从而进一步减少基层 CDC 对预警信号响应的工作量。

研究结果显示,随着移动百分位数法阈值的调整,绝大多数疾病的暴发探测起数、暴发探测时间与预警信号数均会发生变化,即阈值的调整将直接影响到疾病异常探测算法的探测效果。这与目前相关的研究结论一致^[7]。各病种最优阈值存在差异,可能与不同疾病的发病水平、疾病暴发频率与

暴发规模、疾病传播特征以及疾病报告及时性等因素有关^[10]。对于基线发病水平较低的疾病,若发生暴发时,与历史基线相比,当前周期可较为明显地表现出发病异常升高,较高的阈值与较低的阈值均能够及时、敏感地探测到暴发,但较高阈值通常可以减少错误信号,因此其通常筛选较高阈值为最优阈值,例如登革热、流脑等。

本研究采用暴发探测起数、暴发探测时间以及预警信号数作为移动百分位数法最优阈值筛选的判定标准存在一定的局限性。首先,对于暴发事件数较少的疾病(如戊肝、疟疾、出血热等),其评价结果的可靠性可能不如暴发事件数较多的疾病(如流腮、流感等);因此,在对预警系统的阈值进行调整时,对于暴发事件数较少的疾病,应谨慎地选取预警阈值。其次,采用暴发的首例和末例病例的报告时间间隔作为暴发的持续时间,显然不如采用病例的发病时间来表示暴发持续时间准确,但由于预警系统是基于病例报告日期进行暴发探测,采用病例的报告日期来筛选最优预警阈值更为合理。此外,本研究仅在全国层面对最优预警阈值进行了筛选,未考虑到疾病发病水平和暴发在不同地区的差异,因

表2 2008年7月1日至2010年6月30日CIDARS各病种预警阈值调整后探测效果

疾 病	预警阈值		暴发探测起数			暴发探测时间(d)			预警信号数		
	调整前	调整后	调整前	调整后	调整前 后比较	调整前	调整后	调整前 后比较	调整前	调整后	调整前 后比较
消化道传染病			156	156	0	0	0	0	270 322	252 412	17 910
痢疾	P ₅₀	P ₅₀	40	40	0	0.5	0.5	0	97 766	97 766	0
其他感染性腹泻*	P ₅₀	P ₆₀	52	52	0	0	0	0	148 456	135 205	13 251
甲肝	P ₅₀	P ₇₀	46	46	0	2.5	2.5	0	13 255	12 097	1 158
伤寒和副伤寒	P ₅₀	P ₉₀	17	17	0	1	1	0	5 849	3 222	2 627
戊肝	P ₅₀	P ₉₀	1	1	0	1	1	0	4 996	4 122	874
呼吸道传染病			1 627	1627	0	0	0	0	190 684	163 570	27 114
流腮	P ₅₀	P ₆₀	693	693	0	1	1	0	99 654	94 017	5 637
风疹	P ₅₀	P ₇₀	302	302	0	1	1	0	17 040	15 651	1 389
流感	P ₅₀	P ₇₀	612	612	0	0	0	0	25 322	24 345	977
猩红热	P ₅₀	P ₉₀	3	3	0	2	2	0	6 593	4 096	2 497
流脑	P ₅₀	P ₉₀	5	5	0	1	1	0	289	259	30
麻疹	P ₅₀	P ₉₀	12	12	0	1	1	0	41 786	25 202	16 584
虫媒及自然疫源性传染病			23	23	0	2	2	0	10 045	6 268	3 777
乙脑	P ₅₀	P ₉₀	8	8	0	0	0	0	3 645	3 040	605
出血热	P ₅₀	P ₉₀	2	2	0	0.5	0.5	0	2 474	1 651	823
疟疾	P ₅₀	P ₉₀	2	2	0	3.5	3.5	0	3 031	1 049	1 982
登革热	P ₅₀	P ₉₀	9	9	0	2	2	0	33	33	0
钩体病	P ₅₀	P ₉₀	2	2	0	2	2	0	188	135	53
斑疹伤寒	P ₅₀	P ₉₀	0	0	0	-	-	-	674	360	314
其他传染病			19	19	0	0	0	0	60 306	44 267	16 039
急性出血性结膜炎	P ₅₀	P ₉₀	19	19	0	0	0	0	4 066	3 016	1 050
丙肝	P ₅₀	P ₉₀	0	0	0	-	-	-	56 240	41 251	14 989
合 计			1 825	1825	0	0	0	0	531 357	466 517	64 840

注: *同表1

此本研究确定的各病种最优阈值在各地的适用性还有待进一步探讨^[11]。

本研究的结果将为改进CIDARS的暴发探测方法提供重要依据,但同时也要认识到在预警系统中调整预警阈值时,除了考虑本研究基于预警效果的结论外,还要考虑到疾病的危害、暴发发生的可能性、暴发早期探测的目的以及对预警信号进行响应的意义等,如,对于丙肝,由于暴发事件数较少,可考虑不再将其纳入预警系统;再如,近年来,国家为达到消除麻疹的目标,在全国范围内开展了麻疹强化免疫活动,全国麻疹发病水平整体上将大幅下降,为配合各地麻疹消除工作,可在预警系统中将麻疹预警阈值设置为单病例预警(即报告1例病例即向基层发出预警信号)。此外,考虑到不同地区的疾病发病水平以及疾病防控工作的差异,可提高预警系统中预警阈值设定的灵活性,在预警系统保持一定准确性和及时性的前提下,各地可根据需要在一定范围内灵活选取预警阈值。

(感谢卫生部卫生应急办公室、WHO驻华代表处以及各省CDC的支持与帮助)

参 考 文 献

[1] Yang WZ, Xing HX, Wang HZ, et al. A research on early warning technology of control charts of seven infectious diseases. Chin J Epidemiol, 2004, 25(12): 1039-1041. (in Chinese)
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. 中华流行病学杂志, 2004, 25(12): 1039-1041.

[2] Chinese Center for Disease Control and Prevention. Proposal on pilot operation of China infectious disease automated-alert and

response system. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2008. (in Chinese)
中国疾病预防控制中心. 全国传染病自动预警(时间模型)试运行工作方案. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2008.

[3] Yang WZ, Li ZJ, Lan YJ, et al. A nationwide web-based automated system for outbreak early detection and rapid response in China. Western Pacific Surveillance and Response Journal, 2011, 2(1)(2011-03-08)[2011-03-14]. http://www.wpro.who.int/NR/rdonlyres/DB442B92-1C7A-4BCF-A3E5-C1555FF54716/0/201011009_SI_CIDARS_CHN.pdf.

[4] Yang WZ, Lan YJ, Li ZJ, et al. The application of national outbreak automatic detection and response system, China. Chin J Epidemiol, 2010, 31(11): 1240-1244. (in Chinese)
杨维中, 兰亚佳, 李中杰, 等. 国家传染病自动预警系统的设计与应用. 中华流行病学杂志, 2010, 31(11): 1240-1244.

[5] Hutwagner LC, Thompson W, Seeman GM, et al. The bioterrorism preparedness and response Early Aberration Reporting System (EARS). J Urban Health, 2003, 80(2 Suppl 1): S89-96.

[6] Centers for Disease Control and Prevention. Notifiable diseases/deaths in selected cities weekly information. MMWR, 2009, 58(38): 1076-1087.

[7] Wang X, Zeng D, Seale H, et al. Comparing early outbreak detection algorithms based on their optimized parameter values. J Biomed Inform, 2010, 43(1): 97-103.

[8] Watkins RE, Eagleson S, Veenendaal B, et al. Applying cusum-based methods for the detection of outbreaks of Ross River virus disease in Western Australia. BMC Med Inform Decis Mak, 2008, 8: 37-47.

[9] Hutwagner LC, Browne T, Seeman GM, et al. Comparing aberration detection methods with simulated data. Emerg Infect Dis, 2005, 11(2): 314-316.

[10] Murakami Y, Hashimoto S, Taniguchi K, et al. Evaluation of a method for issuing warnings pre-epidemics and epidemics in Japan by infectious diseases surveillance. J Epidemiol, 2004, 14(2): 33-40.

[11] Hashimoto S, Murakami Y, Taniguchi K, et al. Detection of epidemics in their early stage through infectious disease surveillance. Int J Epidemiol, 2000, 29(5): 905-910.

(收稿日期: 2011-01-29)

(本文编辑: 尹廉)