

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671—9638. 20193722

· 论 著 ·

## 医院感染实时监控系統病例预警策略的评价研究

姚 希, 贾建侠, 赵艳春, 任军红, 赵秀莉, 胡美华, 张 然, 彭雪儿, 李六亿

(北京大学第一医院感控处, 北京 100034)

**[摘要]** **目的** 通过评价医院感染实时监控系統(简称“院感系統”)病例预警策略的准确性和效率,为预警策略改进提出科学建议。**方法** 通过调查某三级甲等综合医院 2017 年全年院感系統产生的医院感染预警信息及最终确认情况,计算医院感染预警灵敏度、医院感染预警阳性预测值和感染预警阳性预测值,评价其准确性及效率。**结果** 该院 2017 年确认的医院感染 832 例次,其中院感系統有效预警的医院感染 715 例次,灵敏度为 85.94%。全年院感系統共预警 8 468 例,其中感染病例为 2 817 例,感染病例数预警阳性预测值为 33.27%,医院感染病例为 772 例,医院感染病例数预警阳性预测值为 9.12%。全年院感系統共预警 14 857 条,其中确认为感染的 4 135 条,感染预警阳性预测值为 27.83%,确认为医院感染的 1 199 条,医院感染预警阳性预测值为 8.07%。**结论** 院感系統是识别医院感染病例的重要技术手段,在病例识别的特异性及效率上还有待提高,另外预警感染高风险病例能力还需加强。

**[关键词]** 医院感染;实时监控系統;预警;准确性;灵敏度;阳性预测值;诊断效能

**[中图分类号]** R181.3<sup>+</sup>2

## Early warning strategy for cases by real-time healthcare-associated infection surveillance system

YAO Xi, JIA Jian-xia, ZHAO Yan-chun, REN Jun-hong, ZHAO Xiu-li, HU Mei-hua, ZHANG Ran, PENG Xue-er, LI Liu-yi (Department of Healthcare-associated Infection Control, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China)

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the accuracy and efficiency of early warning strategy for cases by real-time healthcare-associated infection(HAI) surveillance system(HAISS), and propose scientific suggestion for the improvement of early warning strategy. **Methods** By investigating the early warning information and final confirmation of HAI generated by HAISS in a tertiary first-class general hospital in 2017, the sensitivity and positive predictive value of early warning of HAI as well as positive predictive value of early warning of infection were calculated to evaluate the accuracy and efficiency of early warning. **Results** 832 cases of HAI were confirmed in this hospital in 2017, 715 cases were HAI effectively warned by HAISS, with a sensitivity of 85.94%. A total of 8 468 cases were warned by HAISS in the whole year, 2 817 were infection cases, positive predictive value of early warning of infection cases was 33.27%, 772 cases were HAI, and positive predictive value of early warning of HAI cases was 9.12%. There were 14 857 early warnings in HAISS in the whole year, of which 4 135 were confirmed as infection, positive predictive value of early warning of infection was 27.83%, 1 199 were confirmed as HAI, positive predictive value of early warning of HAI was 8.07%. **Conclusion** HAISS is an important technical mean for identifying HAI cases, specificity and efficiency of case identification need to be improved, the ability of early warning for high-risk infection cases need to be strengthened.

**[Key words]** healthcare-associated infection; real-time surveillance system; early warning; accuracy; sensitivity; positive predictive value; diagnostic efficiency

[收稿日期] 2018-03-12

[作者简介] 姚希(1987-),女(汉族),山西省长治市人,助理研究员,主要从事医院感染防控研究。

[通信作者] 李六亿 E-mail: lucyliuyi@263.net

医院感染监测是医院感染预防与控制的一项关键措施,通过监测可以了解医院感染发生的规律,防控的重点,以及评价防控措施的效果<sup>[1-2]</sup>。医院感染病例的识别与诊断是医院感染各项监测的基础。近年来,随着医院信息系统的构建与逐步完善,信息技术也开始应用到医院感染监测中。利用医院感染实时监控系(以下简称院感系统)自动筛查和智能判断医院感染病例成为提高医院感染监测效率,减少医院感染漏报的重要技术手段<sup>[3]</sup>。评价院感系统对医院感染病例预警的能力以及其准确性,再依据评价结果针对性调整预警策略,可以提高院感系统的病例识别能力,是提高该系统预警准确性和效率的重要方法<sup>[4]</sup>。国内此类研究较少,本文对某三级甲等综合医院进行了预警策略评价,现报告如下。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 2017 年北京市某三级甲等综合医院住院时间 $\geq 48$  h 的患者。调查内容为院感系统 2017 年产生的医院感染预警信息及人工判断情况。

### 1.2 方法

1.2.1 医院感染监测方法 借助院感系统对全院入院时间 $\geq 48$  h 的患者进行前瞻性监测。具体监测方法如下:(1)院感系统自动识别医院感染预警病例,由临床医生与医院感染管理专职人员对预警病例双处理,确认医院感染和社区感染。(2)临床医生主动上报医院感染病例,主动上报病例由临床医生在院感系统中上报,医院感染管理专职人员核实并确认。(3)通过医院感染目标性监测发现医院感染病例,包括新生儿重症监护病房、外科重症监护病房、呼吸重症监护病房、老年重症监护病房的目标性监测和开腹子宫切除术、髋关节置换术、乳房切除术、开腹结肠切除术的手术部位目标性监测;目标监测中发现的医院感染病例,由医院感染管理专职人员在院感系统中添加并确认。(4)通过出院病例病案首页查询医院感染漏报病例。发现的漏报病例由医院感染管理专职人员在院感系统中添加并确认。

1.2.2 医院感染病例诊断 依据 2001 年原卫生部发布的《医院感染诊断标准(试行)》<sup>[5]</sup>进行诊断。

1.2.3 实时监控系(以下简称院感系统)自动筛查和智能判断医院感染病例成为提高医院感染监测效率,减少医院感染漏报的重要技术手段<sup>[3]</sup>。评价院感系统对医院感染病例预警的能力以及其准确性,再依据评价结果针对性调整预警策略,可以提高院感系统的病例识别能力,是提高该系统预警准确性和效率的重要方法<sup>[4]</sup>。国内此类研究较少,本文对某三级甲等综合医院进行了预警策略评价,现报告如下。

过程监测,并通过以下诊断策略预警疑似医院感染病例:(1)病原菌培养结果阳性,包括血、尿、粪便、痰、伤口分泌物等标本的微生物培养阳性结果;(2)抗菌药物使用升级,包括抗菌药物种类的增加和抗菌药物级别上升;(3)常规实验检测中感染相关指标异常,包括血、尿、粪便、脑脊液、胸腔积液、腹腔积液常规中的白细胞异常;(4)非特异性的感染相关指标,包括降钙素原和 C 反应蛋白升高;(5)感染症状,包括连续发热 3 d 及以上。

1.2.4 预警策略评价方法与统计分析 从院感系统中导出相关数据,用 Excel 2010 进行整理与分析。

采用以下指标评价院感系统预警策略,主要指标有:(1)医院感染预警灵敏度,评价院感系统识别医院感染病例的能力,医院感染预警灵敏度 = 某时期院感系统正确预警的医院感染病例例次/同期医院感染病例例次 $\times 100\%$ 。(2)医院感染病例数预警阳性预测值 = 某时期预警正确识别的医院感染病例数/同期预警患者总病例数 $\times 100\%$ 。(3)医院感染预警阳性预测值 = 某时期确定为医院感染病例的预警条目数/同期预警条目总数 $\times 100\%$ 。(2)和(3)两个指标用于评价院感系统预警医院感染病例的准确程度。次要指标有:(1)感染病例数预警阳性预测值 = 某时期预警正确识别的感染病例数/同期预警患者总病例数 $\times 100\%$ ;(2)感染预警阳性预测值 = 某时期确定为感染病例的预警条目数/同期预警条目总数 $\times 100\%$ ,两个次要指标用于评价院感系统预警感染病例的准确程度。

## 2 结果

2.1 基本情况 2017 年该院共出院患者 86 367 例,医院感染 772 例,医院感染发病率为 0.89%。医院感染 832 例次,医院感染例次率为 0.96%。

2.2 院感系统预警灵敏度分析 全年确认的医院感染 832 例次,其中院感系统有效预警的医院感染 715 例次,漏报调查发现医院感染 8 例次,临床自行上报医院感染 93 例次,目标监测发现医院感染病例 16 例次,院感系统预警灵敏度为 85.94%。不同感染部位的预警灵敏度不同,灵敏度最高的是骨、关节感染和生殖道感染,最低的是中枢系统感染和皮肤软组织感染。详见表 1。不同科室院感系统医院感染预警灵敏度以妇产科最高,达 100%;以儿科最低,为 75.62%。见表 2。

**表 1** 不同医院感染部位院感系统预警灵敏度分析

**Table 1** Sensitivity of early warning of HAISS for HAI at different infection sites

医院感染部位	医院感染例次	系统有效预警例次	医院感染预警灵敏度(%)
生殖道	7	7	100.00
骨、关节	2	2	100.00
手术部位	68	66	97.06
泌尿系统	145	137	94.48
血液系统	90	84	93.33
呼吸系统	307	256	83.39
腹部和消化系统	141	114	80.85
口腔	17	12	70.59
皮肤和软组织	29	19	65.52
中枢神经系统	3	1	33.33
其他感染	23	17	73.91
合计	832	715	85.94

**表 2** 不同科室院感系统医院感染预警灵敏度分析

**Table 2** Sensitivity of early warning of HAISS for HAI in different departments

科室	医院感染例次	系统有效预警例次	医院感染预警灵敏度(%)
妇产科	28	28	100.00
外科	232	215	92.67
内科	371	320	86.25
儿科	201	152	75.62
合计	832	715	85.94

**表 3** 不同科室院感系统阳性预测值分析

**Table 3** Positive predictive value of HAISS of different departments

科室	预警病例数	医院感染		感染		预警总条目数	医院感染		感染	
		例数	医院感染病例数预警阳性预测值(%)	例数	感染病例数预警阳性预测值(%)		确认条目数	医院感染预警阳性预测值(%)	确认条目数	感染预警阳性预测值(%)
儿科	1 522	193	12.68	798	52.43	2 401	243	10.12	987	41.11
内科	2 978	339	11.38	1 158	38.89	5 697	449	7.88	1 637	28.73
外科	2 370	214	9.03	710	29.96	4 593	449	9.78	1 261	27.45
妇产科	1 598	26	1.63	151	9.45	2 166	58	2.68	250	11.54
合计	8 468	772	9.12	2 817	33.27	14 857	1 199	8.07	4 135	27.83

2.3 院感系统预警阳性预测值 全年院感系统共预警 8 468 例,其中感染病例数为 2 817 例,感染病例数预警阳性预测值为 33.31%,医院感染病例数为 772 例,医院感染病例数预警阳性预测值为 9.12%。院感系统产生预警条目 14 857 条,其中确认为感染的 4 135 条,感染预警阳性预测值为 27.83%,确认为医院感染的 1 199 条,医院感染预警阳性预测值仅为 8.07%。各科室的阳性预测值指标差异也较大,其中儿科的四项指标均最高,而妇产科均最低,详见表 3。不同感染预警指标其感染预警阳性预测值差别较大,最高的为病原学检测阳性(41.97%),最低的为手术后抗菌药物使用升级(8.79%)。医院感染预警阳性预测值普遍较低,其中较好的是粪便常规异常(16.67%),最低的是血常规异常(3.96%)。见表 4。

### 3 讨论

3.1 院感系统在医院感染监测中发挥了重要作用 对院感系统医院感染预警灵敏度进行分析,发现 85.94% 的医院感染病例能通过系统预警,说明院感系统能预警出大多数的医院感染病例。相关研究结果显示,借助信息系统能有效降低医院感染的漏报<sup>[6-9]</sup>,因此借助信息系统进行医院感染监测能有效提高监测质量。同时与传统的现场查阅病例和床旁调查的监测方式相比,院感系统有效提高了监测工作效率。

表 4 院感系统不同预警指标医院感染预警和感染预警阳性预测值分析

Table 4 Positive predictive values of early warning of HAI and infection by different early warning indicators in HAIS

预警指标	预警总条目数	医院感染		感染	
		确认条目数	医院感染预警阳性预测值(%)	确认条目数	感染预警阳性预测值(%)
病原学检测阳性	5 695	553	9.71	2 390	41.97
脑脊液常规异常	65	3	4.62	24	36.92
连续发热 3 d 及以上	648	78	12.04	229	35.34
非特异性感染指标	1 903	94	4.94	518	27.22
抗菌药物使用升级	1 539	165	10.72	336	21.83
特殊类抗菌药物使用升级	796	73	9.17	161	20.23
粪便常规异常	90	15	16.67	18	20.00
手术后特殊类抗菌药物使用升级	563	44	7.82	72	12.79
血常规异常	1 137	45	3.96	139	12.23
尿常规异常	1 454	77	5.3	163	11.21
手术后抗菌药物使用升级	967	52	5.38	85	8.79
合计	14 857	1 199	8.07	4 135	27.83

3.2 正确设置院感系统的预警策略,评价指标十分重要 预警策略的设置是院感系统的核心技术,理想的预警策略能有效识别出医院感染病例,且最大程度减少对非医院感染病例的预警。常用来评价预警指标准确性的指标是灵敏度和特异度。本研究中由于医院感染可能在同一患者发生多次,因此,灵敏度和特异度的计算应以发生感染的例次为单位。发生感染的例次容易获得,故灵敏度可以准确计算,而未发生感染的例次难于确定,导致了特异度无法准确计算。本研究还选用了阳性预测值作为评价预警指标的指标,一方面因为阳性预测值与特异度呈正相关<sup>[10-11]</sup>,可以反映预警指标特异度的高低,弥补了特异度无法计算的问题;另一方面由于阳性预测值越高说明院感系统需要后续人工处理和排除的无效预警越少,所以阳性预测值不仅可以反映预警的准确性,也是评价院感系统效率的一个良好指标。

### 3.3 预警指标的设置还有待进一步完善

3.3.1 分科室针对性设置医院感染预警指标 分析各科室灵敏度、阳性预测值指标,发现目前的预警指标对妇产科、外科等手术科室的灵敏度较高,对儿科灵敏度较低;分析阳性预测值,发现不同科室医院感染阳性预测值差别较大,分析原因为各科室患者由于基础疾病及诊疗操作的不同,血常规结果、抗菌药物使用原则均不同。目前使用相同的预警指标难以适用于不同的科室,因此研究结果提示以科室分层对医院感染预警进行设置或许效果会更好。

### 3.3.2 “串联”预警指标,提高特异度和阳性预测值

阳性预测值分析结果显示,目前院感系统感染病例阳性预测值和感染预警阳性预测值均不高,医院感染病例阳性预测值和医院感染预警阳性预测值也均偏低,导致医务人员和医院感染管理专职人员人工排除非感染预警的工作量大。预警指标中单纯的血常规、尿常规异常和单纯的手术后抗菌药物使用的升级等预警效率低。预警指标“串联”则可以提高预警指标的特异度,同时也提高阳性预测值<sup>[10]</sup>。可通过与临床医务人员共同制定合理的“串联”预警条件,如将血常规异常与发热“串联”,或者将抗菌药物使用升级与血常规异常“串联”等。

### 3.3.3 规范临床诊疗行为,提高预警指标的准确性

预警指标中阳性预测值最高的为病原检测阳性,可见病原菌结果对于感染的诊断是最强的证据<sup>[12]</sup>,因此,提倡临床送检病原学标本,规范送检提高阳性率等均能有效提高诊断策略的阳性预测值。与抗菌药物使用升级相关的 4 个预警指标阳性预测值均不高,反映临床未诊断新发感染而升级使用抗菌药物的现象还较为普遍<sup>[13]</sup>。进一步规范临床对抗菌药物使用,减少预防性使用抗菌药物,不仅对减少细菌耐药大有裨益,也能有效提高预警策略的准确性。

### 3.3.4 探讨新的感染预警指标

本研究的预警指标主要包括诊断感染的常用指标,尚未将影像学诊断结果,针对特定病原微生物的免疫学检验指标等纳入预警,而这些指标对发现医院感染病例均有重要作用,增加新的预警指标可以提高预警的准确性。

分析医院感染部位的灵敏度,发现目前的预警指标对口腔、皮肤软组织等局部感染的灵敏度较低,与目前使用的预警指标不能有效识别局部感染有关,因此针对这些部位的感染也需探索更好的预警指标。

### 3.4 院感系统发展趋势分析

3.4.1 人工智能技术在院感系统中的应用将有效提高准确性 目前,院感系统的技术基础是基于计算机信息技术,设置确定的预警指标对所有的患者进行逻辑判断<sup>[14]</sup>,因此预警策略是静态的,没有自我学习与调适能力。使用人工智能技术能赋予院感系统“学习”能力,每一次人工进行的预警处理结果及原因即可作为系统自动调整预警策略的依据,以达到持续自动改进预警指标的效果<sup>[15-16]</sup>。

3.4.2 院感系统为实现感控关口前移和“精准感控”提供技术支持 目前,院感系统设计目的是发现医院感染患者,协助临床和医院感染管理人员确定病例完成监测,并发现聚集性发生事件,以便及时有效控制。而从医院感染管理学科发展来看,针对未发生医院感染的高风险患者提前采取防控措施的理念和针对不同个体采取针对性的防控措施的“精准感控”才是发展的方向,新的目标也赋予了院感信息化工作新的任务。因此,探索识别医院感染高风险病例的方法,再利用信息技术实现,是将来临床中实现高风险病例针对高风险因素进行个体化防控的重要技术手段,也将是医院感染实时监控系统的方向。

### [参 考 文 献]

- [1] 李六亿. 医院感染监测工作现状及管理对策[J]. 中华医院管理杂志, 1996, 12(3):137-139.
- [2] Haley RW, Culver DH, White JW, et al. The efficacy of infection surveillance and control programs in preventing nosocomial infections in US hospitals[J]. Am J Epidemiol, 1985, 121(2): 182-205.
- [3] 杜明梅, 邢玉斌, 索继江, 等. 医院感染实时监控系统中疑似感染病例智能判断的实现[J]. 中国感染控制杂志, 2012, 11(2):115-118.
- [4] van Mourik MS, Troelstra A, van Solinge WW, et al. Automated surveillance for healthcare-associated infections: opportunities for improvement[J]. Clin Infect Dis, 2013, 57(1): 85

- 93.

- [5] 中华人民共和国卫生部. 医院感染诊断标准(试行)[J]. 中华医学杂志, 2001, 81(5):314-320.
- [6] 李若洁, 惠锦林, 杨锡瑶, 等. 应用医院感染实时监控系统的降低医院感染漏报率[J]. 中国感染控制杂志, 2015, 14(12): 856-857.
- [7] 孙明洁, 李健, 张付华. 医院感染实时监控系统的实践[J]. 中华医院感染学杂志, 2013, 23(16):4023-4024.
- [8] 赵会杰, 王力红, 张京利, 等. 应用医院感染管理信息系统降低医院感染漏报率[J]. 中华医院感染学杂志, 2012, 22(21): 4836-4840.
- [9] Koller W, Blacky A, Bauer C, et al. Electronic surveillance of healthcare-associated infections with MONI-ICU - a clinical breakthrough compared to conventional surveillance systems [J]. Stud Health Technol Inform, 2010, 160(Pt 1): 432-436.
- [10] 李立明, 叶冬青, 詹思延. 流行病学[M]. 6版. 北京:人民卫生出版社, 2007.
- [11] 许汝福, 熊鸿燕, 李亚斐, 等. 诊断试验灵敏度与特异度似然比预测值的变化关系研究[J]. 数理医药学杂志, 2008, 21(5):574-576.
- [12] 李广权, 周卫东, 陈月洁, 等. 住院患者抗菌药物使用及微生物标本送检情况调查分析[J]. 国际检验医学杂志, 2012, 33(4):447-449.
- [13] 邹晓旭, 张敏, 赵露, 等. 我国抗菌药物临床应用专项整治情况调查与分析[J]. 中国医院管理, 2014, 34(2):10-12.
- [14] 索继江, 杜明梅, 邢玉斌, 等. 基于医院感染实时监控系统的交互平台设计与实现[J]. 中华医院感染学杂志, 2011, 21(20):4293-4295.
- [15] 滕文龙. 基于人工智能的医疗诊断系统研究与设计[D]. 吉林:吉林大学, 2013.
- [16] 陈真诚, 蒋勇, 胥明玉, 等. 人工智能技术及其在医学诊断中的应用及发展[J]. 生物医学工程学杂志, 2002, 19(3):505-509.

(本文编辑:曾翠、左双燕)

本文引用格式:姚希,贾建侠,赵艳春,等. 医院感染实时监控系统的病例预警策略的评价研究[J]. 中国感染控制杂志, 2019, 18(4): 326-330. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20193722.

Cite this article as: YAO Xi, JIA Jian-xia, ZHAO Yan-chun, et al. Early warning strategy for cases by real-time healthcare-associated infection surveillance system[J]. Chin J Infect Control, 2019, 18(4): 326-330. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20193722.