

以電腦輔助醫療相關感染監測與 感染管制之實例探討

曾意儒^{1,4} 陳宜君^{2,3} 林慧姬³ 孫春轉³ 陳明源⁴ 尚榮基⁴ 賴飛羆¹

¹國立臺灣大學 生醫電子與資訊學研究所

國立臺灣大學醫學院附設醫院 ²內科部 ³感染控制中心 ⁴資訊室

現今醫院作業流程中資料處理及管理的資訊化程度越來越高，由於資訊系統穩定且快速的特性，不但能提升醫療品質和病人就醫的安全性，就醫資料的資訊化和電子病歷的推行也讓醫護人員進行資料統計分析的過程變得容易。本篇文章整理以電腦輔助醫療相關感染監測與感染管制的各國實例，並將各系統提供輔助的方法統整如下：(1) 整合相關病歷資料，呈現在友善的介面中，以利醫護人員檢視是否符合醫療相關感染個案標準，簡化判定作業流程；(2) 建立醫療相關感染的電腦化規則，每日自動且即時的將符合條件的個案挑出；(3) 提供流行病學資料供抗生素選用之參考，減少不當使用抗生素；(4) 運用資料探勘技術，預測感染發生的風險；(5) 提供感染資料查詢和統計分析等；分項概述其輔助醫護人員的方法與成效。藉由資訊系統省下來的時間，讓感染管制人員能著力於單位查核等事項，以提升醫療品質與病患就醫的安全性。（**感控雜誌 2012:22:219-226**）

關鍵詞： 電腦、監測、感染管制

前 言

隨著科技的進步，醫療相關產業也逐漸導入各種資訊系統，從傳統的紙本作業轉換成電腦輔助之無紙化電子病歷是世界共同努力的目標[1-2]。

在前人的研究中，指出資訊的導入能改善醫療品質，提升病人就醫的安全性，以及降低醫院的開銷等[3-4]；本篇文章針對電腦輔助系統協助感染管制與醫療相關感染監測的實例[5-10]進行探討與整理。

民國 100 年 12 月 31 日受理
民國 101 年 2 月 29 日接受刊載

通訊作者：陳宜君
通訊地址：台北市中山南路 7 號
連絡電話：(02) 23123456

醫療相關感染是指病人在入院後且不在潛伏期內得到的感染，而醫療相關感染的發生不但增加醫療的花費，也會使住院天數，以及死亡率增加等。根據研究，病人在醫學中心得到醫院感染而延長的住院天數為 19.2 天，額外的費用增加 5,335 美元，在區域醫院得到醫院感染延長的院天數為 20.1 天，額外的費用增加了 5,058 美元[11-16]。故若能減低醫療相關感染的比例，不但能提高病患就醫的安全性和就醫品質，也能降低醫療成本。

Haley 等人發現未進行感染監測及回饋的醫院，實際感染率高於有施行監測的醫院，可見監測是感染防治的重要方法之一[17]。然而醫療相關感染的監測主要依賴受過訓練之感染管制護理師，根據國際判定標準及實務經驗，查閱病人相關資料後，進行醫療相關感染案例之判定。因牽涉到的資料繁複，又因個別實務經驗不同，可能造成判定精準度因人而異的狀況。

感染管制輔助系統概論

有許多國家建立國家型的醫療相關感染監測系統，包括法國[18]、英國[19]、荷蘭[20]、比利時[21]以及德國[22]等，都是基於美國疾病管制局院內感染監測系統 (American National Nosocomial Infections Surveillance System) 所設計的[23]。Robert Gaynes

等人提出建立醫療相關感染監測電腦化的方法與步驟，包括對監測目標特性作分析，檢討目前使用的監測系統是否符合需求，列出需改善清單，並決定優先改善項目等。整理改善醫療相關感染監測的方法，包括整合相關病歷資料、建立電腦化的規則、提供用藥建議、使用資料探勘技術，以及感染資料統計分析等。

一、整合相關病歷資料

因醫療相關感染案例之判別需要參考的資料繁雜，包括檢驗報告，病理報告、醫令資料、生命徵象資料、用藥紀錄以及醫學影像資料等等。雖然許多大醫院的病歷資料都已經電腦化，不必再調閱紙本病歷並逐本翻閱，但所需要的資料散落在各個不同的子系統中，使用者必須利用帳號或病歷號，在各子系統中做交叉查詢，並將各項紀錄使用時間連結整理，最後根據各項資料與感染監測的經驗，決定此病患是否符合醫療相關感染案例的定義。

為了達到減輕感染監測人員負擔，使用者最需要的就是清楚並可簡單上手的介面，Kristof S. 等人設計了可以同時顯示此病人目前疾病的所有併發症、胸部 x 光影像畫面、微生物檢驗結果、抗生素使用狀況以及是否已經判定為其他感染等資料，此篇研究的作者認為，感染管制和監測的難題在於有許多特殊案例，利用使用者方便操作的畫面，同時顯示所有需要

的資料，幫助感染監測人員做最正確且最有效率的判斷[9]。

在另一篇研究論文中，則是整理了病人的基本資料、開立過的診斷、檢查醫令、所有的用藥紀錄以及微生物檢驗資料等，配合增加備註以及新增感染資料等功能，協助感染監測人員快速的收集及判別感染案例[24]。

二、建立電腦化的規則

有許多國家的研究者認為，醫療相關感染管制之規則過於複雜，故只將相關病歷資料整合至友善的使用者介面中，以提升感管護理師的工作效率[9]；但也有許多醫院希望建立統一的判別規則，降低可能因經驗及訓練不同造成案例的判別差異，達到品管規院統一的效果[24]。美國國家疾病管制局針對醫療相關感染中的尿路感染、血流感染、上呼吸道感染、傷口感染等項目的判別標準做明確的定義[25]，臺大醫院即基於此規則，並將其做更進一步的定義與解釋，配合電子病歷的推行進度，訂定操作型定義，並將操作型定義程式化，以幫助醫護人員即時掌握最新的感染數據。在臺大醫院的初步研究指出，收案規則電腦化後，與未電腦化的收案相比，不僅節省了收案所需時間，在收案資料的精確度上，也達到 81% 的準確率；未達 100% 的原因，包括了並非所有的資料皆已電腦化，仍有許多資料以未整理的文字檔案存在，以及判定經驗也有些人為的差異等等

[24]。最重要的是，感染管制人員更能利用時間解決其他的感染問題，以提高病人的安全性及就醫品質。

除了臺大醫院的研究團隊以外，美國猶他大學的 R. Scott Evans 等人也投入於電腦化的規則建立研究，此團隊使用 medical logic modules (MLMs) 編寫醫療相關感染監測的條件，並使用自然語言處理 (Natural Language processing, NLP) 的技術處理純文字檔的病歷等資料，補足電子病歷的資料缺少問題，使用每日批次執行的方法，將符合條件的病患資料輸出以供感染監測人員處理[8]。

由以上兩個團隊的研究可發現，現今電腦化的感染管制系統希望能朝向基於網路 (Web-based) 的系統，或是將規則編寫進入可交流的規則描述語言中，試圖邁向跨平台、跨醫院甚至是跨國家的系統。

三、醫用資料探勘技術

資料探勘 (Data mining) 技術是經由自動或半自動的方法探勘及分析大量的資料，以建立有效的模型及規則。在感染控制的領域中，大都使用在一般感染的預測及感染症的群突發，Shannon CW 等人使用了自迴歸 (autoregressive)、迂迴法 (serfling)、trimmed seasonal、wavelet-based 以及廣義線性模式 (generalized linear) 等五種方法，分析 12 年間急診部門有呼吸道感染症狀的掛號病患資料，並另外開發了 expectation-variance model，同

時考慮掛號病患的期望值即變異數，分析預測感染症的群突發。此研究將感染症的群突發分為平緩 (flat)、線性 (linear) 以及突發 (spike) 三種爆發定義，使用上述六種預測模型，ROC 曲線下面積 (ROC area) 可達到 0.86~0.95)，偵測延遲時間則是 1.93~2.43 天不等，可看出此系統提供快速且準確的感染症的群突發預測 [26]。

另外在 Heckerling PS 等人的研究中，使用類神經網路 (artificial neural networks) 和基因演算法 (genetic algorithm) 從門診篩出可能是尿路感染的病患資料，作者分析兩年的資料發現，判定是否為尿路感染的重要參數有是否頻尿、尿液是否有臭味、尿液分析中是否有白血球酯酶 (leukocyte esterase)，尿液分析中是否有上皮細胞 (epithelial cells) 以及是否有細菌被培養出來等，而這五個參數與尿路感染陽性的可能性 (likelihood ratios) 分布在 0.846~1.468 間，判定結果的 ROC 曲線下面積 (ROC area) 則是在 0.79~0.85 間 [27]。

以上兩則研究分別使用不同的資料探勘方法分析感染控制相關議題，將資料探勘技術運用在醫療資訊是相當熱門的研究方向，相信未來會有更多更好的資料分析方法，達到預測或提早偵測的功能。

四、用藥建議與提醒

在監測醫療相關感染之餘，也有

研究著墨於提供細菌感染的抗生素使用建議，1986 年 Evans RS 等人使用電腦協助選出不適當的抗生素使用決策，將符合 (1) 帶有敏感菌株卻無使用抗生素；(2) 對已有抗藥性的菌株使用該種抗生素；(3) 可以使用更便宜的抗生素；以及 (4) 使用預防性抗生素過久等四種條件的病人挑出並對醫護人員發出提醒。在為期兩個月的測試中，此系統一共發出 108 個提醒，與感染控制人員所出的 166 筆不適當使用的抗生素相比，此系統約可協助挑出 61% 抗生素用藥不適當案例 [5]。

而在比利時 Ghent 大學以及其附設醫院的研究當中 [9]，設計了一套用藥指示系統供加護病房使用，系統提供了數種用藥提醒與提示，包括 (1) 對使用抗生素超過一周的病人發出提醒；(2) 每 24 小時傳送一次抗生素用藥修改紀錄列表給醫護人員；(3) 對符合從靜脈注射抗生素轉換至口服抗生素條件的病人發出提醒；(4) 抗生素感受性試驗結果比較，以及 (5) 利用肌酸酐廓清率 (creatinine clearance)、體重、是否有腹瀉症狀等資料，即時計算抗生素使用劑量等；作者希望能夠透過這些功能協助抗生素的使用決策，提供醫護人員做參考依據，以減少抗生素的不當使用。

五、感染相關資料統計分析

因電子病歷的推行，讓資料的取得與分析都能經由資料庫做進一步的統計分析，醫療相關感染管制輔助系

統的好處是，將醫療相關感染案例的詳細資料存在資料庫中，使用簡單的結構化查詢語言 (structured query language, SQL) 就能將資料依照感染日期、感染類別、感染菌株以及感染單位等參數將資料整理出來，配合 microsoft excel、serial attached SCSI (SAS) 或是 statistical package for the social sciences (SPSS) 等統計軟體，即可獲得感染控制所需要的統計資料。除此之外，在臺大醫院使用的感染管制系統中，配合醫院現存基於網路 (web-based) 的醫療資訊系統[28]，使用直覺且友善的網頁查詢介面以及 microsoft chart control 呈現統計圖表；使用此系統除瀏覽器外，不需安裝其他分析軟體，醫護人員也不必再將資料做其他處理即可得到所需的數據，更方便快速的資料統計功能。

結 論

感染群突發或醫療相關之異常事件發現機制包括每日監看微生物資料庫，檢驗或檢查單位發現報告，單位同仁自主健康管理，以及單位同仁的主動回報，而資訊系統可協助監看微生物資料庫。實際作業上，最靈敏而迅速的機制經常是單位同仁的臨床觀察，而單位如何有警覺且即時反應給感控單位，乃建立在感管同仁平日常定期訪查單位，藉由協助單位進行品管、協助處理群突發事件等，塑立感控專業形象，單位同仁因此知道當懷

疑有人、時、地群聚現象，可向感控同仁求助。如此綿密的關係依賴人際間互動及專業訓練，是資訊系統未能取代的。

資訊系統的導入協助感染管制監測作業的時效和精確度，雖然各家醫院的醫療資訊系統有不同的限制與規定，但仍可經由各方面切入並協助醫護人員，譬如前端資料整理、中層的資料篩選以及後端的結果統計等，輔助感控人員做更正確及快速的決策。並將省下來的時間，讓感管人員能著力於同仁的教育，實地稽核及協助單位品管活動等，以提升醫療品質與病患就醫的安全性。

感 謝

疾病管制局研究 (計畫編號 DOH98-DC-1007) 經費補助，台大醫院感控資訊工作小組、感染控制中心及醫療資訊室同仁的協助。

參考文獻

1. Bates DW, Gawande AA: Improving safety with information technology. *N Engl J Med* 2003;348:2526-34.
2. Hillestad R, Bigelow J, Bower A, et al: Can electronic medical record systems transform health care: Potential health benefits, savings, and costs. *Health Aff (Millwood)* 2005;24:1103-17.
3. Gustafson DH, Hawkins R, Boberg E, et al: Impact of a patient-centered, computer-based health information/support system. *Am J Prev Med* 1999;16:1-9.
4. Chaudhrt B, Wang J, Wu S, et al: Systematic

- review: impact of health information technology on quality, efficiency, and costs of medical care. *Ann Intern Med* 2006;144:742-52.
5. Evans RS, Larsen RA, Burke JP, et al: Computer surveillance of hospital-acquired infections and antibiotic use. *JAMA* 1986;256:1007-11.
 6. Gaynes R, Friedman C, Copeland TA, et al: Methodology to evaluate a computer-based system for surveillance of hospital-acquired infections. *Am J Infect Control* 1990;18:40-6.
 7. Gastmeier P, Geffers C, Brandt C, et al: Effectiveness of a nationwide nosocomial infection surveillance system for reducing nosocomial infections. *J Hosp Infect* 2006;64:16-22.
 8. Evans RS, Abouzelof RH, Taylor CW, et al: Computer surveillance of hospital-acquired infections: a 25 year update. *AMIA Annu Symp Proc* 2009;2009:178-82.
 9. Kristof S, Sofie Van H, Kristof T, et al: Design of Software Services for Computer-Based Infection Control and Antibiotic Management in the Intensive Care Unit. In *International Conference on Health, Telemedicine, and Social Medicine*. 2009:87-92.
 10. Hacek DM, Cordell RL, Noskin GA, et al: Computer-assisted surveillance for detecting clonal outbreaks of nosocomial infection. *J Clin Microbiol* 2004;42:1170-5.
 11. Tambyah PA, Knasinski V, Maki DG: The direct costs of nosocomial catheter-associated urinary tract infection in the era of managed care. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002;23:27-31.
 12. Richards MJ, Edwards JR, Culver DH, et al: Nosocomial infections in combined medical-surgical intensive care units in the United States. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000;21:510-5.
 13. Rosenthal VD, Maki DG, Graves N: The International Nosocomial Infection Control Consortium (INICC): goals and objectives, description of surveillance methods, and operational activities. *Am J Infect Control* 2008;36:1-12.
 14. Rosenthal VD, Maki DG, Mehta A, et al: International Nosocomial Infection Control Consortium report, data summary for 2002-2007, issued January 2008. *Am J Infect Control* 2008;36:627-37.
 15. Cole M: The true cost of health care associated infection. *Journal of Orthopaedic Nursing* 2008;12:136-8.
 16. Sheng WH, Wang JT, Lu DC, et al: Comparative impact of hospital-acquired infections medical costs, length of hospital stay and outcome between community hospital and medical centres. *J Hosp Infect* 2005;59:205-14.
 17. Haley RW, Gulver DH, White JW, et al: The efficacy of infection surveillance and control programs in preventing nosocomial infections in US hospitals. *Am J Epidemiol* 1985;121:182-205.
 18. Astagneau P, Brucker G: Organizations of hospital-acquired infection control in France. *J Hosp Infect* 2001;47:84-7.
 19. Cooke EM, Coello R, Sedgwick J, et al: A national surveillance scheme for hospital associated infections in England. Team of the Nosocomial Infection National Surveillance Scheme. *J Hosp Infect* 2000;46:1-3.
 20. Coello R, Gastmeier P, de Boer AS: Surveillance of hospital-acquired infection in England, Germany, and The Netherlands: will international comparison of rates be possible? *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001;22:393-7.
 21. Mertens R, Jans B, Kurz X: A computerized nationwide network for nosocomial infection surveillance in Belgium. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1994;15:171-9.
 22. Gastmeier P, Geffers C, Sohr D, et al: Five years working with the German nosocomial infection surveillance system. *Am J Infect Control* 2003;31:316-21.
 23. Emori TG, Culver DH, Horan TC, et al: National nosocomial infections surveillance system (NNIS): description of surveillance methods. *Am J Infect Control* 1991;19:19-35.
 24. Tseng YJ, Chen YC, Lin HC, et al: A webbased hospital-acquired infection surveillance information, in *The 10th IEEE International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine*. 2010:Corfu, Greece.
 25. Horan TC, Andrus M, Dudeck MA: CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control* 2008;36:309-32.
 26. Wieland SC, Brownstein JS, Berger B, et al:

- Automated real time constant-specificity surveillance for disease outbreaks. *BMC Med Inform Decis Mak* 2007;7:15.
27. Heckerling PS, Canaris GJ, Flach SD, et al: Predictors of urinary tract infection based on artificial neural networks and genetic algorithms. *Int J Med Inform* 2007;76:289-96.
28. Hsieh SH, Hsieh SL, Weng YC, et al: Middleware based Inpatient Healthcare Information System, in *Bioinformatics and Bioengineering*, 2007. BIBE 2007. Proceedings of the 7th IEEE International Conference 2007:1230-4.

An Overview of Computer-assisted Hospital-acquired Infection Surveillance and Infection Control System

*Yi-Ju Tseng^{1,4}, Yee-Chung Chen^{2,3}, Hui-Chi Lin³, Chun-Chuan Sun³,
Ming-Yuan Chen⁴, Rung-Ji Shang⁴, Feipei Lai¹*

¹Graduate Institute of Biomedical Electronics and Bioinformatics, National Taiwan University,

²Department of Internal Medicine, National Taiwan University Hospital and College of Medicine,

³Center of Infection Control, National Taiwan University Hospital,

⁴Information System Office, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan

The health information system provides medical staffs and patients with stable and fast services, coordinating with electronic medical records, the data in database can be analyzed easily and conveniently, and the quality of medical services has been advanced by efficiency improvements. Several studies show that information technology can support the physician through software services for the surveillance of Healthcare associated infections (HAI) and infection control. This article provide a comprehensive survey of computer-assisted HAI surveillance and infection control researches, and the following is a summary of the functions of computer-assisted system: (1) provision patients, simplify the workflow of infection control; (2) establish the candiline; (3) provide alerts and suggestions of antibiotic therapy; (4) use data mining to predict the outbreak of infection disease; (5) design a user interface to process data analysis and provide statistic function; There are many excellent researches of computer-assisted healthcare decision support system, with these systems, the healthcare quality would get better and better.

Key words: Computer, surveillance, infection control