以實驗室微生物資料為基礎的院內泌尿道感染監視系統之研究

The Research of A Laboratory based Intelligent Nosocomial Urinary Tract Infection Surveillance System

張博仁
馬偕紀念醫院
cbr@ms1.mmh.org.tw

劉建財
台北醫學大學醫學資訊研究所
ofctliu@mail2000.com.tw

摘要

院內感染不但造成醫療資源的浪費，更加重病患的不適，甚至造成死亡。而院內感染最常見的就是泌尿道感染。實驗室資訊系統收集的病原菌資料更能準確描述病情的發展，若能由實驗室報告提早偵測出有院內泌尿道感染實在有迫切必要。

本研究目的是監測護理站每日院內泌尿道感染的機率與預測群聚感染的發生，讓感染管制人員提早調查院內是否有泌尿道感染群聚發生。

本研究方法有兩種一是利用貝氏定理(Bayesian Theorem)算出菌種的後置機率來監測護理站每日院內泌尿道感染的機率與菌種數量監視院內泌尿道感染的發生，另一種是以全院與護理站的基準線(baseline)來監測群聚的發生。

本研究結果對於院內泌尿道感染的群聚，是以全院平均值減 1.5 個標準差做為基準線，與以護理站平均值與後置機率大於 0.75 來偵測，結果則 Sensitivity 為 0.75，而 Specificity 為 0.78。

關鍵字：貝氏定理、院內泌尿道感染、監視系統

Abstract

The nosocomial infection creates sickness in hospital number of days to increase, the medical resources waste, serious illness trouble illness, even causes the death. The nosocomial infecting the most common one is the urinary tract and infect. The laboratory information system collection disease germ material can describe the condition development accurately. Germ cluster and regional setting and so on. The nosocomial urinary tract Infection will be detected from the laboratory report.

The purpose of research has two. First, with spend Bayesian Theorem calculate each probability of bacterial to Surveillance probability the urinary tract infect of nurse station. Second, to build the base line hospital and nurse station of the Nosocomial Urinary Tract Infection to divine cluster event to come up, the Nosocomial infecting officer can early discover cluster event to happen and stop Nosocomial popular.

Research approach have two method ,first utilize posterior probability and bacterial number to surveillance the Nosocomial Urinary Tract Infection , another method utilize baseline to monitor of clustering to come.

Result of the Research this to clustering that urinary tract infection. Sensitivity is 0.75, and Specificity is 0.78.

Keywords: Bayesian Theorem, Nosocomial Urinary Tract Infection, Surveillance System

1、前言

1.1 研究背景

由於現今醫療技術的進步，使得人類的生命得以延長，但也間接引發不少醫療問題，較為嚴重的就為院內感染。院內感染不但造成病患住院天數增加、醫療資源的浪費，更加重病患的不適，甚至造成死亡，一旦發生，對住院病患而言，延長住院天數、家人花費

更多精神及醫療支出，提高疾病罹患和死亡率[1]。對醫院而言，不僅加重醫療人員的工作負荷量、降低病床使用週轉率、增加醫療資源耗費，甚至引起醫療糾紛影響院譽。因此醫療環境的變遷，使得院內感染控制愈來愈重要。希望全面保障病人的安全，由此可知院內感染的預防已成為醫院內一門相當重要的課題。在美國每年約有 2 百萬人得到院內感染而院內感染的死亡在急性醫療照護中佔第五順位，這些現象顯示醫療機構院內感染防治仍有相當多的改善空間[8]。若院內感染預防及控制得宜，確實具有節省醫療成本[6]。

為偵測可能的傳染病流行，首要之務乃如何敏感偵測疾病，利用各種病原體的長期趨勢資料，以統計方法，進行預測模式，及早提供疫情異常警示訊息。然而實驗室監視系統收集的病原菌資料更能準確描述傳染病情的發展，如病原菌種的群集和地理位置等，對疫情爆發的偵測將非常有幫助 [9][10] 。

1.2 研究動機

根據統計院內泌尿道感染約佔所有院內感染的30%至40%，排名院內感染之前一、二名[4]，道出了此問題的重要性。就美國各急性治療醫院而言，院內感染之發生率為5%，而其中最常見的就是泌尿道之院內感染，約占所有院內感染的38.5%[5]。

由於近年來，院內泌尿道感染率居高不下，且平日感控人員進行住院病患的院內感染監測的資料收集所需時間大約為 40%-50%[7]，再加資料分析、處理公文、各單位感染控制相關諮詢及會議準備等事項，已常需要加班處理。若能由實驗室報告提早偵測出有院內泌尿道感染，著實有迫切必要，故如何降低院內泌尿道感染的發生，實為不可忽視之議題。

1.3 研究目的

本研究目的如下：

（一）、利用 Bayesian Theorem 算出每支菌種的後置機率來監測護理站每日院內泌尿道感染的機率。每日提供每個護理站院內泌尿道感染菌種的機率大小，由大排到小一目了然讓感染管制人員到現場調查，提早找出院內泌尿道感染以防止院內泌尿道感染的增加。

（二）、建立全院與護理站院內泌尿道感染的基準線來預測群聚感染的發生，讓感染管制人員到提早調查院內是否有泌尿道感染群聚發生，以免擴大感染而導致院內的大流行。

2、文獻探討

2.1 院內感染監視的探討

監視的定義：持續地有效追蹤疾病的發生與傳播，以做有效的控制。其步驟包括收集資料、分析資料、定期報告給負責疾病控制的人。[2]

偵測如同量體溫記的「溫度計」 如圖 1，以隨時感應疾病或狀況變化，而這個感應器可（即偵測點）可隨因人、因時、因地而制宜，尤其在鄉村與都市，離島及醫療系統均有不同的情況下需調整以合乎各地的需求。至於該何時採取何種有效的疾病控制，全賴往昔與數據所設定的指標的發生預測值來做比較。在分析的資料庫的數據後，作為做「適切」的防疫決策，訂定努力目標，迅速訴諸於防疫行動。[3]

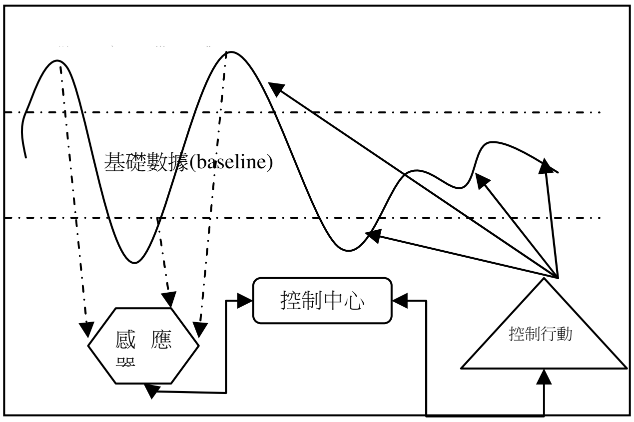

圖 1: 人體體溫 baseline data

2.2 監視模型文獻探討

自 1984 年 GROG 系統於法國開始運作蒐集流行性 A 型感冒及流行性 B 型感冒的通報資料，使用該系統資料來源有：請假不上班及其用藥、每週平均用藥查詢次數、每週平均再家的醫療行為次數、51 個一般開業醫師及 25 個小兒科醫師。有關實驗病毒的資料自 1984 到 1992 年蒐集，其中 A 型感冒有 8 個季節、B 型感冒有 5 個季節。

Philippe 等人使用 time-series analysis 偵測流行性 A 型感冒及流行性 B 型感冒的流行，同時使用 time-series analysis 著手定義流行標準，於未來的

一季來臨時，各自獨立算初期該季的流行門檻值，其算法是，將預測模式 SARIMA（Seasonal Auto-Regression integrated moving average）依據先前非流行季節的資料作預測，算出預測值，再將預測值與觀察值比較，求出兩者之間的差異，再用單尾的信賴區間方式，求出新的流行門檻值，並將通報病例數結合實驗室病毒等方面的資料加以研判，有超過流行門檻值，就對流行性型感冒及流行性 B 型感冒進行特別的偵測與監控。

開發此偵測模式至少需要有 100 個非流行的觀察值（week）的樣本，資料期間自 1984 年第 40 週至 1987 年第 39 週共 156 週，若α＝5%採用 type I error 驗證，結果為 A 型之敏感度 4%(2/49)，B 型之敏感度 17%(2/12)，此偵測模式對於辨識流行的敏感度很差。[11]

Laurent 等人使用 space-time criterion 偵測類流感，始自 1984 年法國 FCDN 通報系統開始及時通報資料，類流感於法國冬天是流行期，其資料蒐集期間為自 1986 年到 1996 年，Laurent 等人對流行值的定義為 1. 有超過 7 個行政區通報病例。 2. 且每個定點醫師每週通報個數案件超過 4.2 病例數。 滿足以上兩個條件，則其偵測值為陽性，稱之流行。該資料樣本數共來自 193 個行政區，偵測結果為 11 個是陽性，而真正流行的有行政區有 9 個，其敏感度有 0.82，特異度有 0.99，經評估後效果很好，但該研究對流行值的定義，並無提出一個合理的原理原則，只以其主觀的經驗訂出一個常數，若超過此常數即為爆發流行，並不是客觀的參考值[12]。

3. 研究材料與方法

3.1 院內泌尿道感染傳統監視流程

院內泌尿道感染傳統監視流程如圖 2，資料分析即是對收集院內感染個案之資料，資料調查與個案判斷就以院內泌尿道感染定義來分析，收案則是將院內感染定義之個案則建立資料，資料分析即是對收集院內感染個案之資料後，必須加以整理製成表格，每週分析一次院內感染資料，製作每月報表。而收集的資料有患者基本資料，檢驗報告資料，流行病學資料與臨床資料。

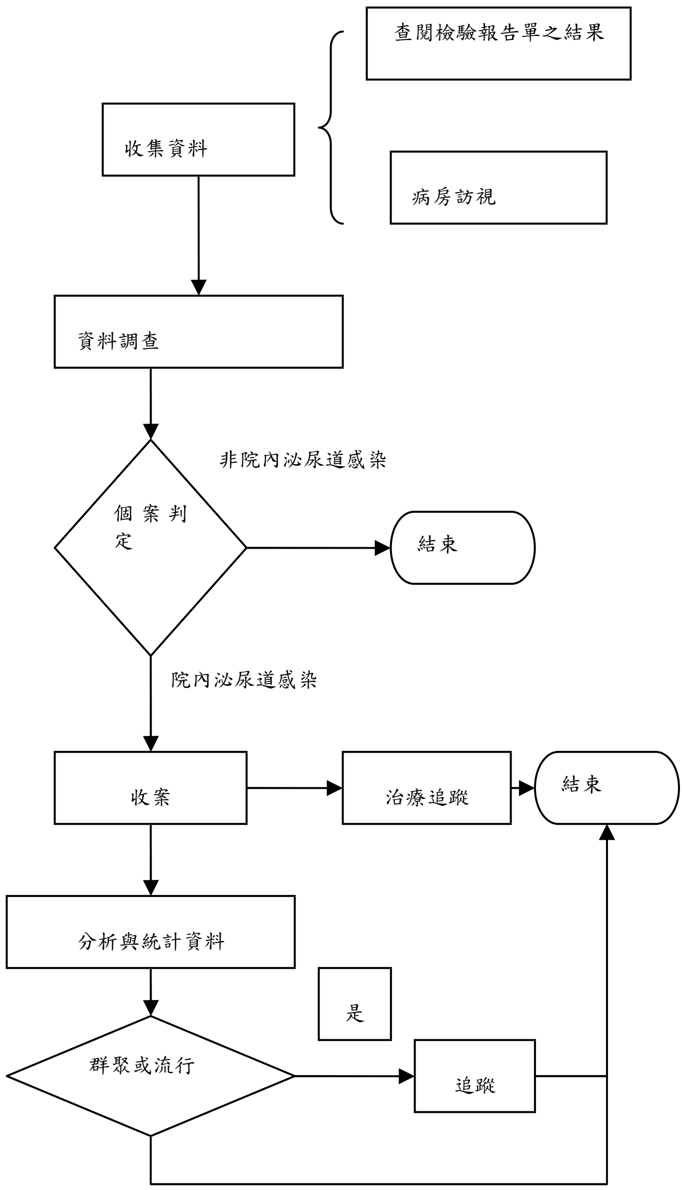

圖 2:院內泌尿道感染傳統監視流程

3.2 監測方法

監測方法有兩種，一種是利用每隻菌種的後置機率與菌株數監視院內泌尿道感染的發生機率，另一種是以全院與護理站的基準線來監視群聚的發生。而第一種是利用貝氏定理以每隻菌的 Prior Probability 算出每隻菌的後置機率，表示每隻菌可能發生院內泌尿道感染的機率。再以每隻菌的菌株數，當知道每隻菌的後置機率後若此隻菌有多隻(n)時，得到的院內泌尿道感染的機率為 $1-(1-\text{後置機率})^n$。再把每個護理站所有發生菌種的院內泌尿道機率顯示出來。第二種是利用群聚定義來找出全院與護理站發生群聚的可能來偵測群聚現象。

表 1: Sensitivity 與 Specificity 表示法

測試結果	院內感染		
	有	沒	
陽性（有長菌）	TP	FP	TP＋FP
陰性（沒長菌）	FN	TN	FN＋TN

TP：True positive:確實有院內感染，經測試陽性者。
FN: False Negative:確實有院道感染，經測試陰性者。
FP: False Positive:確實未院內感染，經測試陽性者。
TN: True Negative: 確實未院內感染，經測試陰性者。

3.3 貝氏定理(Bayesian Theorem)：

臨床醫師在對病患進行某種檢查後，以檢查的陽性反應或陰性反應的情況下，以更確定其患有原先預估某種疾病的可能機率。運用貝氏定理，臨床醫師知道某種疾病的 Prior Probability、患有該疾病經某種檢驗診斷為陽性反應機率（True Positive Rate = TPR）、未患有該疾病經某種檢驗診斷為陽性反應機率（False Positive Rate = FPR），即可算出該檢驗檢查後患有該疾病的可能機率（Posterior Probability）。 公式：

$$P(B|+) = \frac{P(B)*TPR}{P(B)*TPR + (1-P(B))*FPR}$$

3.4 偵測模型

偵測模型有二，一是、當知道每隻菌種的後置機率與菌株數後，則每日護理站院內泌尿道感染警示就把當天護理站最高有院內泌尿道感染菌種的機率以大到小排列方式顯示，讓護理人員或感染管制人員一看就知，二是利用全院菌種的基準線與病房的基準線 快速來偵測是否有群聚的發生。

表 2: 每日護理站菌種數

護理站 / 日期	護理站 1	:	護理站 3	護理站 4
第 N 天	A 菌(3) B 菌(2)	: :	B 菌(1) C 菌(3)	D 菌(4) E 菌(2)
第 N+1 天				

3.4.1 每日護理站警示

表 2 表示在第 n 天中護理站 1 出現 A 菌有三隻菌，與 B 菌有二隻菌，護理站 3 出現 C 菌有二隻菌，與 B 菌有一隻菌，護理站 4 出現 D 菌有四隻菌，與 E 菌有二隻菌等等。那在第 n 天如何警示給院內感控師，說那個護理站有發生院內感染的機率最大，步驟如下：

步驟一：找出每支菌的後置機率:

假設 A 菌的後置機率為 0.4，B 菌的後置機率為 0.6 ，C 菌的後置機率為 0.8，D 菌的後置機率為 0.2，E 菌的後置機率為 0.7。

步驟二：算出每個護理站每支菌可能發生院內感染的機率是多少:

以護理站 1 來說，三隻 A 菌，A 菌後置機率為 0.4，那可能發生的機率是 1-((1-0.4)* (1-0.4)* (1-0.4))=0.78。二隻 B 菌，B 菌後置機率為 0.6，那可能發生的機率是 1-((1-0.6)* (1-0.6))=0.84。

每支菌可能發生的機率公式： $1 - (1-p)^n$

P 為此菌後置機率，N 為此隻菌的菌株數

以護理站 3 來說，一隻 B 菌，B 菌後置機率為 0.6，那可能發生的機率是 1-((1-0.6))=0.6。三隻 C 菌，C 菌後置機率為 0.8，那可能發生的機率是 1-((1-0.8)* (1-0.8) * (1-0.8))=0.99。

以護理站 4 來說，四隻 D 菌，D 菌後置機率為 0.2，那可能發生的機率是 1-((1-0.2) * (1-0.2) * (1-0.2) * (1-0.2))=0.59。二隻 E 菌，E 菌後置機率為 0.7，那可能發生的機率是 1-((1-0.7)* (1-0.7) * (1-0.7))=0.97。整理如表 3

表 3:每日護理站院內感染機率表

護理站 / 日期	護理站 1	:	護理站 3	護理站 4
第 N 天	A 菌(0.78) B 菌(0.84)	: :	B 菌(0.6) C 菌(0.99)	D 菌(0.59) E 菌(0.97)

步驟三：找出最高的機率的護理站者，提示給感染管制人員。

結果是護理站 3，C 菌院內感染機率最高，感染管制人員在第二天上班時，就必須到護理站 3 注意 C 菌，若還有時間則必須注意第二高機率的菌種。

3.4.2 群聚偵測

群聚的定義(Cluster)：發生數特別集中在某段時間或某個地方。以泌尿道感染的臨床路徑 3 天為基準，所以以在 3 天內為一個區間。所以有兩種，一是、全院每日菌種基準線二、各護理站每日菌種基準線。

3.4.2.1 全院每日菌種基準線：

1. 資料的歷史期間：西元 2003 年一月一日到 2005 年十二月三十一日。
2. 因為顧及到泌尿道感染的臨床路徑天數為基準，所以每個分析點以三天為一期間。

表 4 當天菌株數的基線值的算法

第幾日	1	2	3	4	…	365
2006	X6v1	X6v2	X6v3	X6v4		
2006	X6a1	X6a2	X6a3	X6a4		
平均數	Xv1	Xv2	Xv3	Xv4		
2005	Xa1	Xa2	Xa3	Xa4	…	Xa365
2004	Xb1	Xb2	Xb3	Xb4	…	Xb365
2003	Xc1	Xc2	Xc3	Xc4	…	Xc365

X6a1:2006 年第一天的菌種數。

X6a2:2006 年第二天的菌種數。

X6a3:2006 年第三天的菌種數。

Xa1:2005 年第一天的菌種數。

Xa2:2005 年第二天的菌種數。

Xa3:2005 年第三天的菌種數。

Xb1:2004 年第一天的菌種數。

Xb2:2004 年第二天的菌種數。

Xb3:2004 年第三天的菌種數。

Xc1:2003 年第一天的菌種數。

Xc2:2003 年第二天的菌種數。

Xc3:2003 年第三天的菌種數。

Xv3:是 2003 年第一天加上 2003 年第二天加上 2003 年第三天加上 2004 年第一天加上 2004 年第二天加上 2004 年第三天加上 2005 年第一天加上 2005 年第二天加上 2005 年第三天的平均值。

Xv3=(Xa1+Xa2+Xa3+Xb1+Xb2+Xb3+Xc1+Xc2+Xc3)/9

Xv4 與 Xv5…以此類推。

X6v3:是 2006 年第一天第二天第三天的平均值，即是 X6a1+ X6a2+ X6a3 的菌種數平均值。

X6v4:是 2006 年第四天的平均值，即是 X6a2+ X6a3+ X6a4 的菌種數平均值。

4. 再以 2006 年一月一日到六月三十日資料，算出平均值±0.5 標準差 或 平均值±1 標準差或平均值±1.5 標準差或平均值±2 標準差或 平均值±2.5 標準差或平均值±3 標準差，看那個 Sensitivity 與 Specificity 比較好，就當基準線。

5.再比較 X6v4 是否比(Xa4± 1 標準差)大，若大則表示群聚的可能。

3.4.2.2 各護理站每日菌種基準線

算出每個護理站每日菌種基準線。方法與全院的一樣。

最後再以 2006 年七月一日月到 2006 年九月三十日資料，以全院每日菌種基準線與各護理站每日菌種基準線算出院內泌尿道感染群聚的 Sensitivity 與 Specificity。

4. 結果

4.1 系統元件

本研究系統元件共分為三，一、資料收集：把醫學中心資訊系統與微生物報告資資訊系統收集，放入本資料庫，二、報表呈現與分析（監視）：把收集到的資料經過淨化與轉換處理後呈現報表與圖表，給感染管制人員看，三、監測：用於院內泌尿道感染的監測。

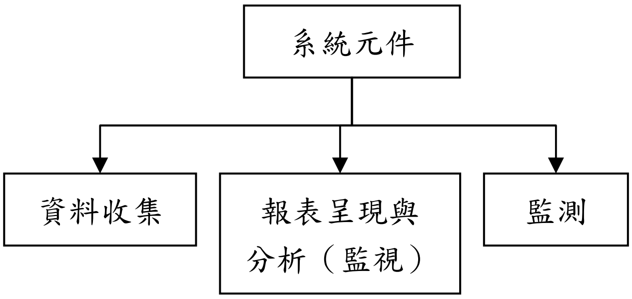

圖 3： 系統元件架構

4.2 每日護理站菌種院內感染

監測圖形以垂直長條圖形顯示，顯示每日護理站院內泌尿道感染的機率。如圖 4，以第一天來說則是 ns78 護理站的 Klebsiella pneumoniae-ESBL 菌，院感機率為 0.78 為最高，其次為 ns78 護理站的 Enterococcus 此菌，其院感機率為 0.64，感染管制人員必須以 ns78 護理站的 Klebsiella pneumoniae-ESBL 菌為優先，必先處理，其次是 ns78 護理站的 Enterococcus 菌。由大排到小可看的更清楚。最左邊是當天機率最高的，依序排下來。

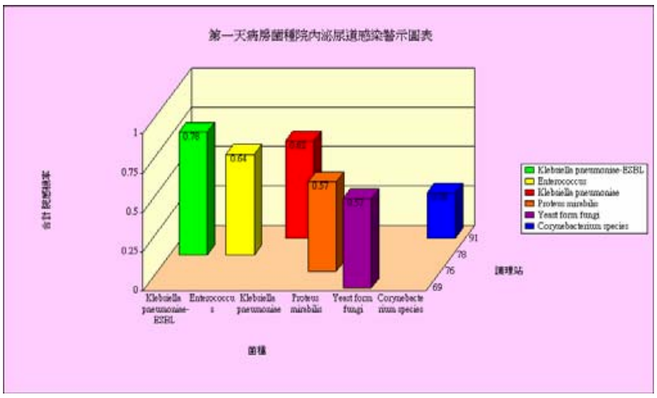

圖 4： 每日護理站菌種院內泌尿道感染圖

4.3 每日群聚

表 6:標準差的 Sensitivity 與 Specificity 總比較表

	0.5 標準差	1 標準差	1.5 標準差	2 標準差	2.5 標準差	3 標準差
Sensitivity	0.8	0.8	1	1	1	1
Specificity	0.48	0.36	0.31	0.25	0.23	0.22

由表 6 可知，當標準差越大其 Specificity 越低，所以取 1.5 個標準差，Sensitivity 與 Specificity 比較恰當。因為要抓出群聚現象比較重要，所以取 Sensitivity 為 1，且 Specificity 較高的。所以由 1.5 個標準差來測量 2006 年七月一日到九月三十日資料。

5. 院內泌尿道感染監視系統評估

5.1 以菌種的後置機率來表示院內泌尿道感染的發生機率

後置機率越高，表示院內泌尿道感染的發生機率越高，當菌株數越多，表示其院內泌尿道感染的發生機率比單隻菌院內泌尿道感染高，所以菌株數對院內感染的機率有相當大的影響，例如當一隻菌的後置機率為 0.8 時，當護理站有此隻菌一隻時，其院內泌尿道感染的機率為 0.8，若為兩隻時，其院內感染的機率為 0.96，當隻數越多時，院內感染機率越高。也就是感染管制人員必須比較優先處理，避免讓院內泌尿道感染變成有群聚的可能。

感染管制人員負責是以區域為劃分，例如 A 感染管制師負責護理站 1 到 10，B 感染管制師負責護理站 11 到 20，假使感染管制組長知道某天護理站 3 出現較高機率的菌種而 A 感染管制師沒辦法負荷時，則可叫所負責機率較低護理站的其他感染管制師，幫忙 A 感染管制師，可達到人力充分利用與最有效率運用。

5.2 偵測院內群聚：

群聚的偵測有三種一種是用全院菌種基準線來偵測另一種是用護理站菌種基準線來偵測與加上後置機率。

5.2.1 全院每日菌種:

取平均值減 1.5 個標準差來做基準線，其 Sensitivity 與 Specificity 比較恰當。，所以由 1.5 個標準差來測量 2006 年七月一日到 2006 年九月三十日資料結果如表 7。2006 年七月一日到九月三十日共九十二日，而偵測到群聚日期有 55 日，真正有群具有 3 日，有 1 日沒偵測到。算出 Sensitivity＝3/(1+3)=0.75，Specificity=36/(52+36)=0.41 ，

表 7:2006 年七月一日到九月三十日，Sensitivity 與

Specificity 表

測試結果	院內泌尿道群聚感染	
	有	沒
陽性	3	52
陰性	1	36

5.2.2 加上以護理站基準線:

若加上護理站基準線做群聚偵測時，則沒偵測到的一次群聚也偵測的了，所以 Sensitivity=1，而 Specificity=0.41。如表 8

表 8：2006 年七月一日到九月三十日全院與護理站群聚偵測 Sensitivity 與 Specificity

測試結果	院內泌尿道群聚感染	
	有	沒
陽性	4	52
陰性	0	36

Sensitivity=1，Specificity=0.41

5.2.3 群聚偵測加上後置機率:

若把後置機率也作為條件則表 9 表示，當加上後置機率為大於等於 0.60，大於等於 065，大於等於 0.70，大於等於 0.75，大於等於 0.80，大於等於 0.85，大於等於 0.90 時，Sensitivity 與 Specificity 的值。

表 9：群聚偵測加上後置機率 Sensitivity 與 Specificity 一覽表

	後置機率>=65		後置機率>=70		後置機率>=75		後置機率>=80	
Sensitivity	0.75		0.75		0.75		0.25	
Specificity	0.45		0.65		0.78		0.94	

6.結論與建議

6.1 結論

1.本研究對於院內泌尿道感染全院護理站菌種的監視，對醫院的院內感染的防護，由感染管制人員，增加了護理站的人員，那將是使院內感染的防護更為快速，對醫院與病患更佳安全。

2.本研究對於院內泌尿道感染的群聚，以全院每日平均值減 1.5 個標準差做為基準線，與以護理站平均值與加上後置機率大於等於 0.75 時來警示，則 Sensitivity 為 0.75，而 Specificity 為 0.78。

6.2 建議：

1.院內感染依部位來說除了有泌尿道感染，還有多種感染如下呼吸道感染，外科部位感染等等。若把每隻菌種對所有的院內感染的後置機率與得到院內感染的機率算出，那將是對醫院或感染管制人員的一大福音。

2.若能增加主動告知，將會使系統更加完善。

參考文獻

[1].施秀，鍾琴玲，吳劍清，羅世慧，駱惠銘.院內泌尿道感染之調查表.院內感染控制雜誌.1998;8（1）:400-409.

[2].周碧瑟，《現代流行病學》，台北：星期天， 民 76.3。

[3].邱清華，《公共衛生學》，台北：偉華出版社， 民 94.8。

[4].班仁知，游文瓊.導尿管相關泌尿道感染之預防措施. 感染控制雜誌， 2001;11（6）:p382-387。

[5].盧星華.泌尿道之院內感染.臨床醫學，2000;45(5); p305-310.

[13].院內感染經濟分析之回顧.院內感染控制雜誌. Available at: http://www.nics.org.tw/magazine/16/01/16-1-13.htm Accessed May 1 ,2007。

[6].感控人員之角色轉換～由『資料收集』到『介入措施』.院內感染控制雜誌. Available at: http://www.nics.org.tw/magazine/15/03/15-3-7.htm Accessed May 1 ,2007。

[7].某區域醫院五年院內感染資料分析. 院內感染控制雜誌. Available at: http://www.nics.org.tw/magazine/11/03/11-3-3.htm Accessed Jan 1 ,2007。

[8].Widdowson M-A, Bosman A, van Straten E, Tinga

M, Chaves S, van Eerden L, , and W. van Pelt. Automated, laboratory-based system using the Internet for disease outbreak detection, the Netherlands. Emerging Infectious Diseases Journal 2003; 9:1046-52

[9].Hutwagner LC, Maloney EK,Bean NH, Slutsker L, Martin SM. Using laboratory-based surveillance data for prevention: an algorithm for detecting Salmonella outbreaks. Emerging Infectious Diseases Journal 1997;3:395–400.

[10].Quénel P and Dab W. Influenza A and B epidemic criteria based on time-series analysis of health services surveillance data. European Journal of Epidemiology 2004;14:275-285

[11].Laurent Toubiana and Antoine Flahault : A space-time criterion for early detection of epidemics of influenza-like-illness: European Journal of Epidemiology 1998;14:465-70.