

計畫名稱：運用人工智慧類神經網路建立院內感染預測評分系統

計畫編號：DOH92-DC-1041

執行機構：高雄榮民總醫院

計畫主持人：陳 堯 生

計畫主持人服務單位：高雄榮民總醫院內科部感染科

計畫主持人職稱：主治醫師

研究報告中文摘要：

院內感染是加護病房內主要問題之一，且是住院病患重要致病及致死原因。引發院內感染的原因主要由感染源、傳染途徑及體弱的病患三個部份組成。本計畫之研究目標，是開發一個科學化的系統，將醫院病患的臨床資料、環境背景之採樣分析與院內感染傳染途徑管制之數據，運用人工智慧之類神經網路電腦程式分析，對院內感染作出一前瞻性的指標與群突發之預測分析，並發展出一套院內感染預測評分系統以預測院內感染發生之機率。最後透過電腦模式的經濟分析，提供最低成本的改善建議，主動地改善院內感染控制程序，以降低院內感染的發生，進而減少抗生素使用與抗藥性的發生。本計畫係針對醫院內經由飲用水所傳染之四種病原菌 (*Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Stenotrophomonas maltophilia*, 及 *Serratia marcescens*) 為主。研究的病人為高雄榮民總醫院加護病房之住院病人。實施方法為前瞻性蒐集加護病房體弱的病患的個別資料、記錄感染途徑中重要侵入性醫療行為之危險因子、與醫院自來水系統環境檢測水中細菌的分布與濃度和病人身上分離出之病原菌作藥物感受型以及基因分型檢定結果等資料輸入電腦，進行比對與分析；再使用類神經網路建構分類診斷模式。本研究結果發現，在四種主要水中病原菌中，*P. aeruginosa* 及 *A. baumannii* 乃是加護病房內最重要之致病菌。而水中 *P. aeruginosa* 在加護病房內的分佈區域與出現頻次，不僅明顯與相關細菌造成臨床院內感染次數增加成正向相關；而且，就藥物感受型態言，有近四成臨床感染菌株與環境菌株相同或相似。然而，在其它三種水中病原菌中，在加護病房內自來水出現的分佈情形與相關菌引起之臨床院內感染肺炎病例分佈則無相關性。另外，在類神經網路來發展院內感染預測評分系統方面，雖然可將確認資料中的正確率升高至 93%。然而，在類神經網路模組 (Neural Network Model) 的電腦訓練過程中，發現一個根本的問題，由於發生院內感染的病例數太少 (總比例的 4.65%，40/860)，而未感染的比例為 95.35%，也就是說，如果電腦模組全部預測“無感染”(“0”)，則準確度即可達 95% 以上，如此結果是不切實際的。

總結，在本研究中依初步獲得的資料分析，加護病房內環境水中 *P. aeruginosa* 的陽性率和分佈與臨床院內感染肺炎息息相關；因此，環境中自來水的定期監測與尋求有效的水消毒方法，將是未來預防 *P. aeruginosa* 院內感染肺炎最主要之研究途徑。另外，雖然本次在類神經網路來發展院內感染預測評分系統方面在有限的資料數下無法提供符合實際的預測，但是本次蒐集的資料可以作為未來醫院評鑑院內感染防治優劣之用。

中文關鍵詞(至少三個)：

加護病房、院內感染、水中病原菌、人工智慧類神經網路

Research Data Archive, Center for Disease Control, The Executive Yuan, R.O.C.  
Readme file

Project Title: Use of Artificial Neural Network in Establishing a Nosocomial Infection Control Prediction and Score System

Project Number:DOH92-DC-1041

Executing Institute:Kaohsiung Veterans General Hospital

Principal Investigator(P.I.): Yao-Shen Chen

P.I. Position Title: Attending Physician

P.I. Institute: Division of Infectious Diseases, Kaohsiung Veterans General Hospital

Abstract:

Nosocomial infection is one of the most important issues in the intensive care units and it's also the most common cause of mortality and morbidity. The three major factors contributing into nosocomial infection are sources of infection, route of transmission, and susceptible host. The aim of this study was to develop a scientific scoring system by using artificial neural network simulation to analyze data collected from patient's clinical characteristics, environmental sampling, and infection control of the route of transmission in the hospital and to give an index factor to predict the probability of nosocomial infection or outbreak in the hospital. Finally, by simulation of artificial neural network to make recommendations on cost-benefit profit, to reduce the rate of nosocomial infection by active improvement of procedures of infection control, and to reduce the use of antibiotics and to curb the emergence of antimicrobial resistance. The study was focused on the four water-borne pathogens in the hospital, which including *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Stenotrophomonas maltophilia*, and *Serratia marcescens*. The patients included in the study were those hospitalized in the ICUs. We prospectively collected the clinical characteristics of these susceptible patients in the ICUs. , risk factors made by invasive procedures, and screening the distribution of environmental water-borne pathogens in the water distribution system in the ICUs and comparing the antibiograms and genotypes by pulsed-field gel electrophoresis between environmental and clinical isolates. The data was keyed into database in the computer for comparing and analyzing. The results of this study found that *P. aeruginosa* and *A. baumannii* were the most prevailing water-borne pathogens in the ICUs. The frequency of occurrences and distribution of *P. aeruginosa* in the ICUs were correlated to the frequency of related nosocomial respiratory tract infection. In addition, the antibiogram was identical or similar in 40% of clinical and environmental isolates. However, for the other three water-borne pathogens, there was no relationship between the distribution of the bacteria in the water and the occurrence in nosocomial infection. In the training course of neural network model, we found that an impractical prediction existed because that the low infection rate (4.65%) caused by the water-borne pathogens resulted into that the accuracy of prediction of no infection would be as high as greater than 95% when the neural network models were all set as no infection "0".

In conclusion, the preliminary data obtained supports that the nosocomial respiratory tract infection caused by *P. aeruginosa* in the ICUs are related to its distribution in the water distribution system. Therefore, periodically surveillance of the distribution of *P. aeruginosa* in the water in ICUs and finding the efficient methods for disinfection of water colonized with *P. aeruginosa* will be the target in future study. In addition, the artificial neural network in the development of scoring system in prediction of nosocomial infection in the ICUs was not practical in this study; however, the data collected in this study can be used to evaluate the efficiency of infection control procedures in the hospitals.

Keyword: intensive care unit, nosocomial infection, water-borne pathogen, artificial neural network

## 目錄：

	頁碼
中文摘要 -----	4
英文摘要 -----	7
前言 -----	9
材料與方法 -----	11
結果 -----	15
討論 -----	17
結論與建議 -----	18
參考文獻 -----	19

表一. 加護病房內,各月份 *Pseudomonas aeruginosa* 院內呼吸道

感染個數、感染密度、及環境水陽性培養率分佈表。 20

表二. 加護病房內,各月份 *Acinetobacter baumannii* 院內呼吸道

感染個數、感染密度、及環境水陽性培養率分佈表。 21

表三. 加護病房內,各月份 *Stenotrophomonas maltophilia* 院內

呼吸道感染個數、感染密度、及環境水陽性培養率

分佈表。 22

表四. 加護病房內,各月份 *Serratia marcescens* 院內呼吸道感染

個數、感染密度、及環境水陽性培養率分佈表。	23
圖一. 環境水中,陽性 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> 培養在 各加護病房內之分佈圖。	24
圖二. 環境水中,陽性 <i>Acinetobacter baumannii</i> 培養在 各加護病房內之分佈圖。	25
圖三. 環境水中,陽性 <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> 培養在 各加護病房內之分佈圖。	26
圖四. 環境水中, 總合四種水中病原菌陽性培養在 各加護病房內之分佈圖。	27
圖五. 加護病房內,院內 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> 肺炎感染 之分佈圖。	28
圖六. 加護病房內,院內 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> 肺炎感染菌株 與環境菌株具相同藥物感受型態之分佈圖。	29
圖七. 加護病房內,院內 <i>Acinetobacter baumannii</i> 肺炎感染菌株 與環境菌株具相同藥物感受型態之分佈圖。	30
圖八. 加護病房內,院內 <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> 肺炎感染 菌株與環境菌株具相同藥物感受型態之分佈圖。	31
圖九. 加護病房內,院內 <i>Serratia marcescens</i> 肺炎感染菌株	

與環境菌株具相同藥物感受型態之分佈圖。 32

## 附錄

病例資料紀錄表單 33

計畫名稱：運用人工智慧類神經網路建立院內感染預測評分系統

計畫編號：DOH92-DC-1041

執行機構：高雄榮民總醫院

計畫主持人：陳堯生

### 中文摘要

(關鍵詞: 加護病房、院內感染、水中病原菌、人工智慧類神經網路)

院內感染是加護病房內主要問題之一，且是住院病患重要致病及致死原因。引發院內感染的原因主要由感染源、傳染途徑及體弱的病患三個部份組成。本計畫之研究目標，是開發一個科學化的系統，將醫院病患的臨床資料、環境背景之採樣分析與院內感染傳染途徑管制之數據，運用人工智慧之類神經網路電腦程式分析，對院內感染作出一前瞻性的指標與群突發之預測分析，並發展出一套院內感染預測評分系統以預測院內感染發生之機率。最後透過電腦模式的經濟分析，提供最低成本的改善建議，主動地改善院內感染控制程序，以降低院內感染的發生，進而減少抗生素使用與抗藥性的發生。本計畫係針對醫院內經由飲用水所傳染之四種病原菌 (*Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Stenotrophomonas maltophilia*, 及 *Serratia marcescens*) 為主。研究的病人為高雄榮民總醫院加護病房之住院病人。實施方法為前瞻性蒐集加護病房體弱的病患的個別資

料、記錄感染途徑中重要侵入性醫療行為之危險因子、與醫院自來水系統環境檢測水中細菌的分布與濃度和病人身上分離出之病原菌作藥物感受型以及基因分型檢定結果等資料輸入電腦，進行比對與分析；再使用類神經網路建構分類診斷模式。本研究結果發現，在四種主要水中病原菌中，*P. aeruginosa* 及 *A. baumannii* 乃是加護病房內最重要之致病菌。而水中 *P. aeruginosa* 在加護病房內的分佈區域與出現頻次，不僅明顯與相關細菌造成臨床院內感染次數增加成正向相關；而且，就藥物感受型態言，有近四成臨床感染菌株與環境菌株相同或相似。然而，在其它三種水中病原菌中，在加護病房內自來水出現的分佈情形與相關菌引起之臨床院內感染肺炎病例分佈則無相關性。另外，在類神經網路來發展院內感染預測評分系統方面，雖然可將確認資料中的正確率升高至 93%。然而，在類神經網路模組(Neural Network Model)的電腦訓練過程中，發現一個根本的問題，由於發生院內感染的病例數太少(總比例的 4.65%，40/860)，而未感染的比例為 95.35%，也就是說，如果電腦模組全部預測“無感染”(“0”)，則準確度即可達 95% 以上，如此結果是不切實際的。

總結，在本研究中依初步獲得的資料分析，加護病房內環境水中 *P. aeruginosa* 的陽性率和分佈與臨床院內感染肺炎息息相關；因此，環境中自來水的定期監測與尋求有效的水消毒方法，將是未來預防 *P. aeruginosa* 院



內感染肺炎最主要之研究途徑。另外，雖然本次在類神經網路來發展院內感染預測評分系統方面在有限的資料數下無法提供符合實際的預測，但是本次蒐集的資料可以作為未來醫院評鑑院內感染防治優劣之用。

## 英文摘要

(Keywords: intensive care unit, nosocomial infection, water-borne pathogen, artificial neural network)

Nosocomial infection is one of the most important issues in the intensive care units and it's also the most common cause of mortality and morbidity. The three major factors contributing into nosocomial infection are sources of infection, route of transmission, and susceptible host. The aim of this study was to develop a scientific scoring system by using artificial neural network simulation to analyze data collected from patient's clinical characteristics, environmental sampling, and infection control of the route of transmission in the hospital and to give an index factor to predict the probability of nosocomial infection or outbreak in the hospital. Finally, by simulation of artificial neural network to make recommendations on cost-benefit profit, to reduce the rate of nosocomial infection by active improvement of procedures of infection control, and to reduce the use of antibiotics and to curb the emergence of antimicrobial resistance. The study was focused on the four water-borne pathogens in the hospital, which including *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Stenotrophomonas maltophilia*, and *Serratia marcescens*. The patients included in the study were those hospitalized in the ICUs. We prospectively collected the clinical characteristics of these susceptible patients in the ICUs. , risk factors made by invasive procedures, and screening the distribution of environmental water-borne pathogens in the water distribution system in the ICUs and comparing the antibiograms and genotypes by pulsed-field gel electrophoresis between environmental and clinical isolates. The data was keyed into database

in the computer for comparing and analyzing. The results of this study found that *P. aeruginosa* and *A. baumannii* were the most prevailing water-borne pathogens in the ICUs. The frequency of occurrences and distribution of *P. aeruginosa* in the ICUs were correlated to the frequency of related nosocomial respiratory tract infection. In addition, the antibiogram was identical or similar in 40% of clinical and environmental isolates. However, for the other three water-borne pathogens, there was no relationship between the distribution of the bacteria in the water and the occurrence in nosocomial infection. In the training course of neural network model, we found that an impractical prediction existed because that the low infection rate (4.65%) caused by the water-borne pathogens resulted into that the accuracy of prediction of no infection would be as high as greater than 95% when the neural network models were all set as no infection “0”.

In conclusion, the preliminary data obtained supports that the nosocomial respiratory tract infection caused by *P. aeruginosa* in the ICUs are related to its distribution in the water distribution system. Therefore, periodically surveillance of the distribution of *P. aeruginosa* in the water in ICUs and finding the efficient methods for disinfection of water colonized with *P. aeruginosa* will be the target in future study. In addition, the artificial neural network in the development of scoring system in prediction of nosocomial infection in the ICUs was not practical in this study; however, the data collected in this study can be used to evaluate the efficiency of infection control procedures in the hospitals.

## 前言：(包括研究問題之背景與現況、研究目的等)

院內感染是加護病房內主要問題之一，且是住院病患重要致病及致死原因。住院病患得到院內感染盛行率約 6% (Haley et al. 1985)，重症住院患者院內感染率約為 20% (Turner et al. 1993)。而加護病房內病患的院內感染率更是一般病房 5 至 10 倍；而普通使用呼吸器、導尿管及血管內導管是導致加護病房病患感染率增加的主因(Widmer 1994)。引發院內感染的原因主要由三個部分組成：(1)感染源 (Source of infection)：醫院供水系統中容易孳生 opportunistic waterborne pathogens，例如 *Legionella pneumophila*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Serratia marcescens* 等水中病原菌；(2)傳染途徑 (Route of transmission)：病患在病房中所使用的醫療器材 (例如呼吸器)因為不當清潔或使用所導致的院內感染；(3)體弱的病患(Susceptible hosts)：住院的病患由於不同的潛在性疾病(Underlying diseases)導致比其他人更容易受到感染。這三個組成部分之間互有關連，而成功的院內感染控制計畫(Infection control program)，必須全盤考量各種因素，才能降低院內感染率，提高醫療品質。

目前國內院內感染系統主要仍以感染通報為主，是一種回溯性 (retrospective)的資料蒐集，各醫療院所對於感染發生率無法做出主動的降低措施，只有事後的檢討與改善。院內感染發生率因為醫療院所的不同，也無法訂定出標準(Gold Standard)，醫療院所不知道該醫院之院內感染的發生是因為預防措施不當，或是外在的不可抗力因素(如四季與氣候)，或是單純的運氣不好(simply bad luck)。而且，院內感染防治需要經費的投資，但其成本效益並不明顯，因為目前沒有一套系統能夠找出院內感染的基準點 (Baseline)，沒有基準點，醫療院所就無法評估日後經費的投資是否能夠有效降低院內感染率，這亦將會影響醫療院所投資院內感染防治的決心

(Montecalvo et al. 2001; Plowman et al. 2001)。我們必須承認，在目前醫療院所的利益(operating profit)掛帥經營模式下，院內感染控制人員必須提出一套量化的數據說服醫院管理高層投資在院內感染控制上，與其他部門共同競爭有限的資源。而本計畫所預期發展出的院內感染評分標準，就可以提供醫院改善的依據，及最小成本的分析。

本計畫之研究目標，是開發一個科學化的系統，將醫院病患的臨床資料、環境背景之採樣分析與院內感染管制之數據，運用人工智慧之類神經網路電腦程式分析，對院內感染作出一前瞻性的指標與 outbreak 預測分析，並發展出一套院內感染預測評分系統 (0 – 10 score system) 以預測院內感染發生之機率。再以電腦預測出之理論感染發生率與實際感染發生率相比較，了解醫院實際執行院內感染控制的成效。

## 材料與方法

本計畫所登錄之病人為住進 ICU 存活超過 48 小時者。資料蒐集由專職研究助理依 Report form (附件) , 前瞻性逐日、逐項記錄, 直至病人死亡或離開 ICU 48 小時。

### 一、資料蒐集

如同前述所提, 引發院內感染的原因主要由三個部分組成: (1)感染源 (Source of infection); (2)傳染途徑 (Route of transmission); (3)體弱的病患 (Susceptible hosts)。院內感染資料蒐集將以此三大分類為主:

1. 感染源: 本計畫預期研究由 *Legionella pneumophila*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Serratia marcescens* 所引起的呼吸道細菌性感染之院內感染案例為主, 並以此呼吸道感染作為日後電腦院內感染預測評分系統之指標。本計畫開始執行之後, 院內相關之細菌性感染將由感管護士建檔追蹤, 並由微生物實驗室從化驗病人之痰液標本中分離出致病細菌, 並與以保存。醫院自來水系統每兩個月進行環境檢測(environmental culturing), 以偵測醫院水中這些細菌的分布與濃度, 並將環境檢體予以保存, 與病人身上分離出之病原菌作基因檢定(PFGE), 以確定醫院自來水為引發院內感染之感染源。每次環境檢測之結果, 將整理後輸入電腦(細菌環境背景值), 作為日後之院內感染預測評分標準的計算依據。細菌之採樣、化驗、儲存, 與 PFGE 比對均依實驗室標準作業程序執行。

### 2. 感染途徑

本計畫將探討有哪些醫療處理程序將可能成為院內感染的傳導途徑。本計畫所紀錄感染途徑之項目為: 逐日評估記錄病患使用侵入性導管、呼吸

器及手術等侵入性醫療行為（如附件）。

### 3. 病人資料

體弱的病人(susceptible hosts)對於環境中的病原菌相當敏感，容易引發疾病。本計畫所收集紀錄之病人資料項目為：性別、年齡、來源、病情嚴重度（APACHE II score），潛在病因，住 ICU 主要疾病診斷（如附件）。

## 二、資料處理

本研究預期使用倒傳遞類神經網路來發展院內感染預測評分系統。其資料處理主要分為四個階段。第一個階段為資料收集及分析：本系統經過研究成員會商之後，審慎考慮出所需的各種導致院內感染的因子，根據這些因子作為類神經網路的輸入變數。以下為資料蒐集與分析的步驟：資料蒐集的過程：

1. 確認可能導致產生院內感染的危險因子或是可能發生的原因。
2. 列舉出所需的資料項目。
3. 建立資料蒐集表及建立問卷。
4. 實際進行資料蒐集的工作。

第二階段之模式選用，以類神經網路建構分類診斷模式，利用倒傳遞類神經網路模式做為系統學習機制的主要工具，並與 Logistical regression 與決策樹(Decision Tree)做比較，說明選用類神經網路建構分類診斷模式的優點。類神經網路模式的建構程序如下：

1. 依據第一階段所蒐集的資料和採用編碼整理過後的資料，來決定輸出入變數。
2. 隨機的將資料分成與「測試資料」兩部份，利用「訓練資料」來訓練網路模式及利用「測試資料」來驗證模式。

3. 決定初始的權重值。
4. 設定類神經網路的各項參數，利用比較分析的方式，調整適當的學習參數。
5. 訓練終止，並決定出一適當的模式。

本計畫類神經網路的輸出(Output)是一個 0 – 1 的數字，0 代表沒有院內感染發生，1 代表院內感染的發生，而 0 到 1 之間的數字乘上 10 就成為一個 0 到 10 的一個評分系統。

當類神經網路模式學習建構完成後，緊接著就是進行第三階段網路模式的驗證測試。本研究將利用全新的資料輸入已完成訓練的網路模式，用以驗證網路模式是否可行，採用分類「正確率」來當作驗證的前瞻性指標 (Prospective)。

第四階段網路應用模式：當系統建構完成後接著就是應用模式，當有新的受檢資料時，使用者只要將受檢者填寫的資料，輸入先前建立類神經網路模式中，就可以獲得結果。

### 三、資料收集樣本空間

本計畫之數據資料，將採集自民國九十二年一月一日至七月三十一日止之病人資料與環境檢測結果，透過問卷與實驗室檢驗的方式，將資料輸入電腦進行比對與分析，做為電腦模型之訓練用資料，其中四分之三的病歷資料為訓練組 (Sample Training Set)，四分之一為測試組 (Sample Testing Set)，並配合提出的三種編碼模式，再使用倒傳遞類神經網路建構一個 MRSA 的分類診斷模式。其中，學習的速率從 0.1 到 0.9 之間，以訓練組資料進行網路模式的訓練本研究採取 10000 至 20000 次的學習循環。

自民國九十二年九月一日至十二月三十一日止之病人資料與環境檢測資料，將作為驗證本電腦模型之測試資料(Blind Sample Test Set)，以了解本



模型對於未來發生之院內感染預測之準確率，並對臨床醫師使用本模型之意見進行評估。

本研究套裝軟體方面,採用 Wolfram 所出品 Mathematica 5.1 中的 Neural Network Toolbox 模組為類神經網路設計工具，並且搭配 Microsoft Visual C++ 及 Microsoft Visual Basic 開發相關的一些程式，及使用 Microsoft SQL2000 Analysis Services 中的工具來做決策樹 ( Decision Tree ) 的預測模式。硬體方面，則使用 Pentium IV 2G Hz 與 DDR 記憶體 512MB 以上之個人電腦，作為數據計算之伺服器。

#### 四、最小成本之 Cost-Benefit 分析法

當本計畫之院內感染預測評分系統所計算出的理論院內感染率低於實際院內感染發生率時(表示院內感染防治有進步的空間),感染管制人員就可以根據當月輸入電腦的數值，執行資料感受性檢驗(Sensitivity Check)。在環境許可的情況下，降低或排除某一項或數項危險因子時，檢驗院內感染發生率的理論值。例如當月的院內環境檢測的結果發現水中病原菌過高，我們就可以計算如果實行局部消毒，將水中的病原菌消滅，降低水中病原菌在電腦預測模式中的權重，進而導致院內感染的發生率的理論值降低，就表示如果投資此項消毒工作(X dollar)，就可以將院內感染發生率降低。感管人員可以對每一個變數與危險因子進行類似的分析，以找尋最小成本降低院內感染發生率至理論值得方法。

## 結果

本研究累計 92 年 1 月至 8 月,加護病房病患得到水中病原菌引起之院內感染肺炎共 80 人次;其病原菌分別為 *Pseudomonas aeruginosa*, 37; *Acinetobacter baumannii*, 33; *Stenotrophomonas maltophilia*, 6;及 *Serratia marcescens*, 4)[Table 1 至 4]。而加護病房環境中,水龍頭水取樣細菌培養,4 種主要水中病原菌在各加護病房分佈圖及出現頻率如 Figure 1 至 3 所示。而總合 4 種水中病原菌出現頻率在 Figure 4。出現頻次最多為 *P. aeruginosa*,主要分佈在 MSCU,SICU,及 VICU。而 *S. marcescens* 在環境水標本中則未曾被培養出來。

而 4 種主要水中病原菌在各加護病房內,環境菌株與院內感染肺炎之臨床菌株的相關性分別列於 Figure 5 至 9。在 *P. aeruginosa* 引起之院內感染肺炎,主要發生於環境 *P. aeruginosa* 陽性培養率最高的 MSCU,SICU,及 VICU(Figure 5);而 *P. aeruginosa* 環境菌株與院內感染肺炎之臨床菌株之藥物感受性結果相同者機率为 37.8%(14/37)。至於 *A.baumannii* 在加護病房內引起之院內感染肺炎,主要發生於 SICU,但此區中環境水的 *A.baumannii* 菌培養率为 0%(Figure 7)。而 *A. baumannii* 環境菌株與院內感染肺炎之臨床菌株之藥物感受性結果相同者機率为 0%(Fig.7)。至於 *S. maltophilia* 及 *S. marcescens* 則無具藥物感受性結果相同者之環境菌株與院內感染肺炎之臨床菌株。

另外,在類神經網路來發展院內感染預測評分系統方面,則將加護病房調查到八百多筆資料輸入電腦之後,開始進行資料分析,剔除掉不完整的病人資料後,共有 860 筆完整資料輸入比對。在類神經網路模組(Neural Network Model)的電腦訓練中,我們將這 860 筆資料隨機排列,並將前五百筆資料設定為訓練資料(Training Data Set),後 360 筆資料為確認資料

(Validation Data Set), 在設定有發生感染為”1”, 未發生感染為”0”, 訓練動能(Momentum)為 0.1, 目標為平均誤差小於 0.05 的目標下, 有以下的結果

- (一) 將所有 109 個變數輸入模組中進行訓練, 發現準確率達到 80%左右即無法再上升, 平均誤差無法達到小於 0.05 之目標。
- (二) 將所有實驗室血液報告之變數消除, 將總變數減少至 95 個, 重新作模組訓練, 確認資料中的正確率略升高至 82%, 但仍然無法達到平均誤差小於 0.05 之目標。
- (三) 將相關性最小的 10 個變數消除, 將總變數減少至 85 個, 重新作模組訓練, 確認資料中的正確率升高至 93.27%, 且達到平均誤差小於 0.05 之目標。

## 討論

本研究,在四種主要水中病原菌中,發現 *P. aeruginosa* 及 *A. baumannii* 乃是加護病房內最重要之致病菌。其中,水中 *P. aeruginosa* 在加護病房內分佈區域與出現頻次,不僅明顯與相關細菌造成臨床院內感染次數增加成正向相關;而且,就藥物感受型態言,有近四成臨床感染菌株與環境菌株相同或相似(少於或等於兩種不同藥物的差異);直至報告寫作時,本研究者仍在進行臨床感染菌株與環境菌株的分子分型比對(脈衝電場瓊脂電泳法,PFGE)其相似性。若兩者具相同之分子分型,則可證實水中 *P. aeruginosa* 的移生可進一步造成加護病房內嚴重病患呼吸道的移生,並再進一步造成病患的院內感染肺炎;而非傳統認知的主因於內因性感染源,或者是經醫護人員橫向傳播造成。如此,環境中自來水的定期監測與尋求有效的水消毒方法,將是未來預防 PA 院內感染肺炎最主要之途徑。至於 *A. baumannii*, *S. maltophila*, 及 *S. marcescens* 三種水生菌在加護病房內自來水出現的分佈情形與相關菌引起之臨床院內感染肺炎病例分佈則無相關性。因此,在加護病房內若有此三種細菌引起肺炎或院內感染群突發,則應尋求水以外之感染源。

另外,在類神經網路來發展院內感染預測評分系統方面,雖然可將確認資料中的正確率升高至 93%。然而,在類神經網路模組(Neural Network Model)的電腦訓練過程中,發現一個根本的問題,由於在 860 筆病患資料中,只有 40 筆是發生院內感染的病例,佔總比例的 4.65% (40/860),而未感染的比例為 95.35%,也就是說,如果電腦模組全部預測“無感染”(“0”),則準確度即可達 95%以上,如此結果是不切實際的。因此,我們需要蒐集更多的資料,或是從其他醫療院所蒐集相關的資料,來解決預測此種有感染與無感染比例相差甚大之資料。

## 結論與建議

總結,在本研究中依初步獲得的資料分析,加護病房內環境水中 *P. aeruginosa* 的陽性率和分佈與臨床院內感染肺炎息息相關;因此,環境中自來水的定期監測與尋求有效的水消毒方法,將是未來預防 *P. aeruginosa* 院內感染肺炎最主要之研究途徑。另外,雖然本次在類神經網路來發展院內感染預測評分系統方面在有限的資料數下無法提供符合實際的預測,但是本次蒐集的資料可以作為未來醫院評鑑院內感染防治優劣之用。第一步是運用現有的資料來訓練類神經網路模組電腦,將這組類神經網路權重(Weights)保存。第二步是抽樣選取代評鑑醫院之病歷資料,以類神經網路的資料型態輸入,經過類神經網路的運算,我們可以算出理論院內感染率(Theoretical Nosocomial Infection Rate),再與實際的院內感染率作比較,即可看出該醫療院所是否在院內感染防治上達到良好的成果。

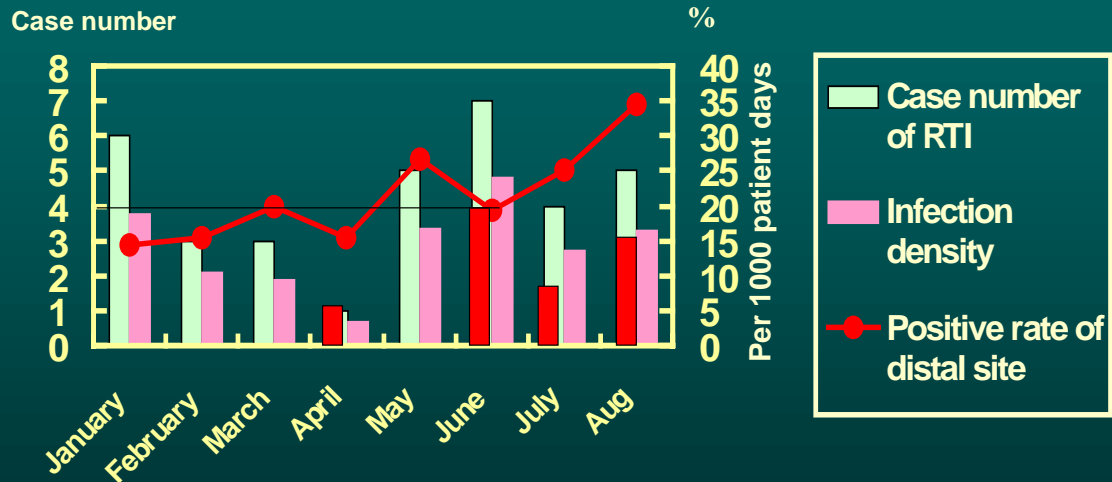
### 參考文獻：

- Haley RW, Culver 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.
- Montecalvo MA. Jarvis WR. Uman J. Shay DK. Petrullo C. Horowitz HW. Wormser GP. "Costs and savings associated with infection control measures that reduced transmission of vancomycin-resistant enterococci in an endemic setting", *Infect Cont Hosp Epidemiol* 2001;22:437-42.
- Plowman R. Graves N. Esquivel J. Roberts JA. "An economic model to assess the cost and benefits of the routine use of silver alloy coated urinary catheters to reduce the risk of urinary tract infections in catheterized patients." *J Hosp Infect* 2001;48(1):33-42.
- Turner J. Hand-washing behavior versus hand-washing guidelines in the ICU. *Heart Lung* 1993;22:275-7.
- Widmer AF. Infection control and prevention strategies in the ICU. *Intensive Care Med* 1994;20 Suppl 4:S7-11.

表一

Table 1

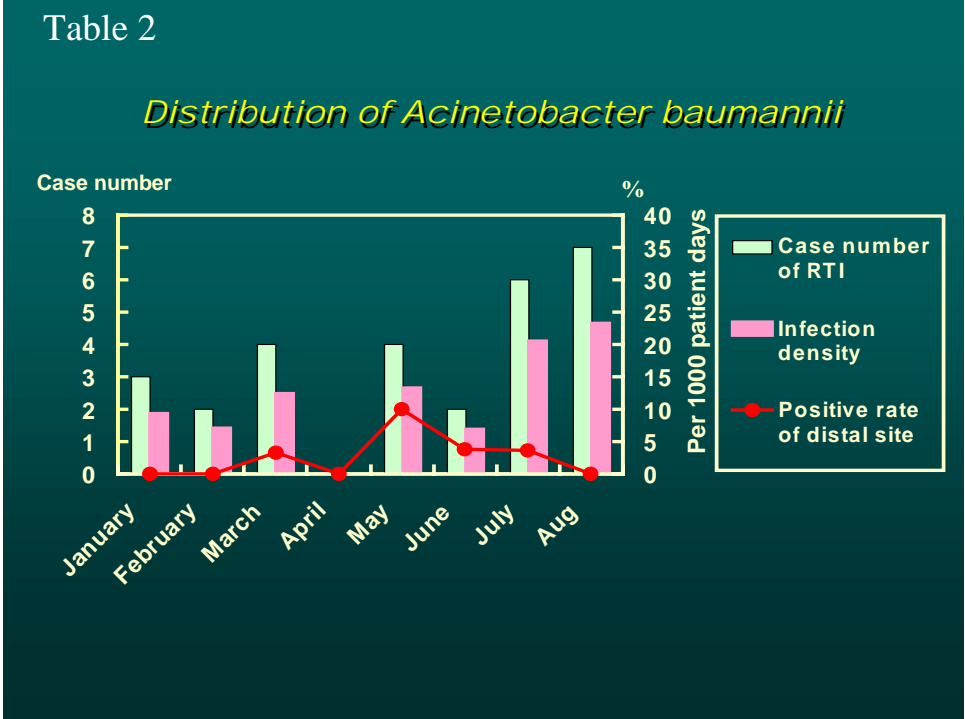
*Distribution of Pseudomonas aeruginosa*



■ The number of nosocomial Ps.aeruginosa with same ID & AST to environmental isolates .

(In species ID&AST 3 differences)

表二

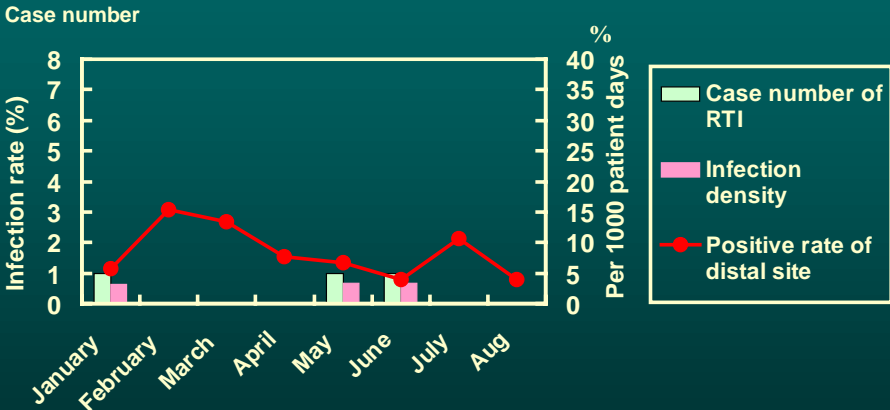




表三

Table 3

*Distribution of Stenotrophomonas maltophilia*



表四

Table 4

*Distribution of Serratia marcescens*

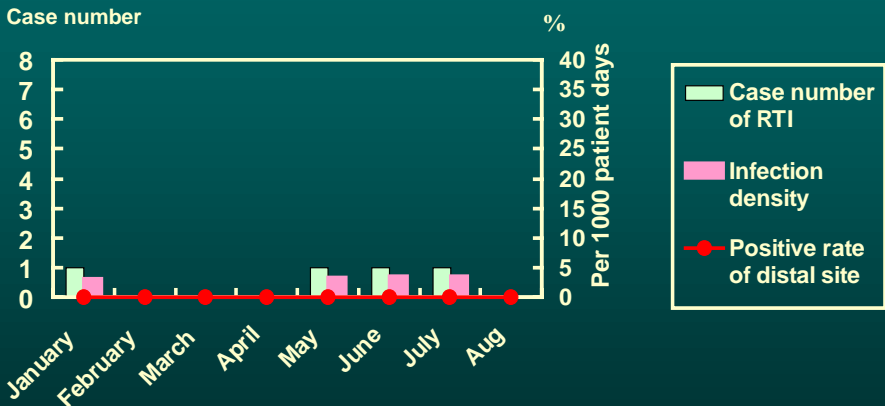
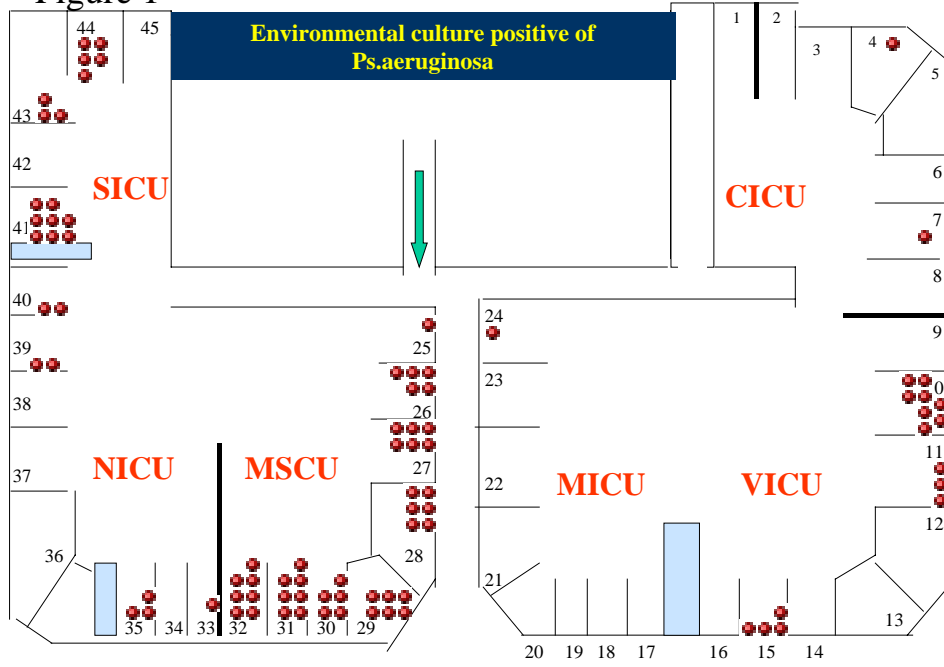
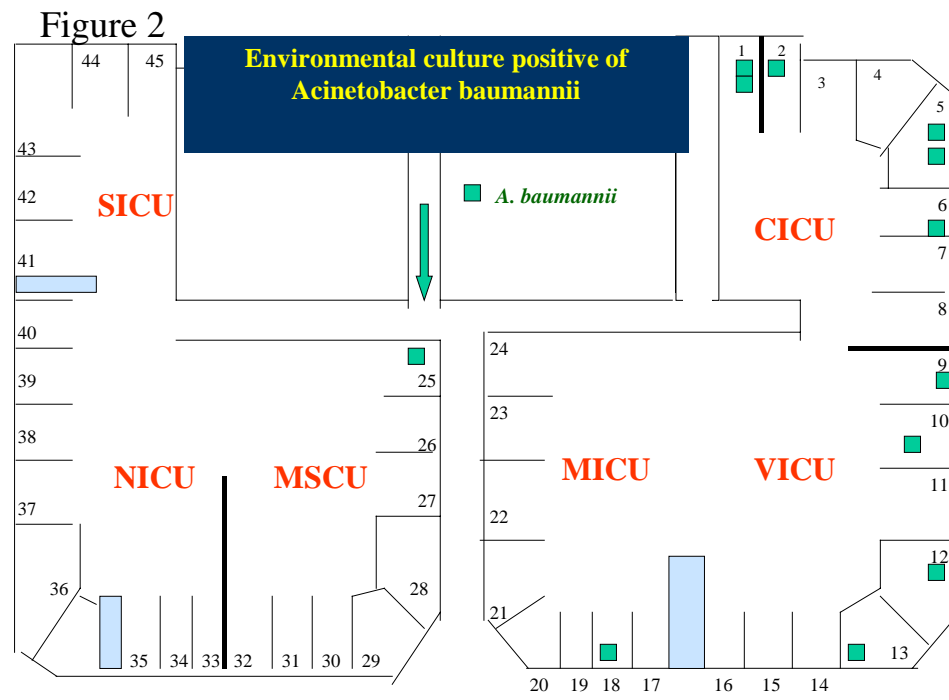


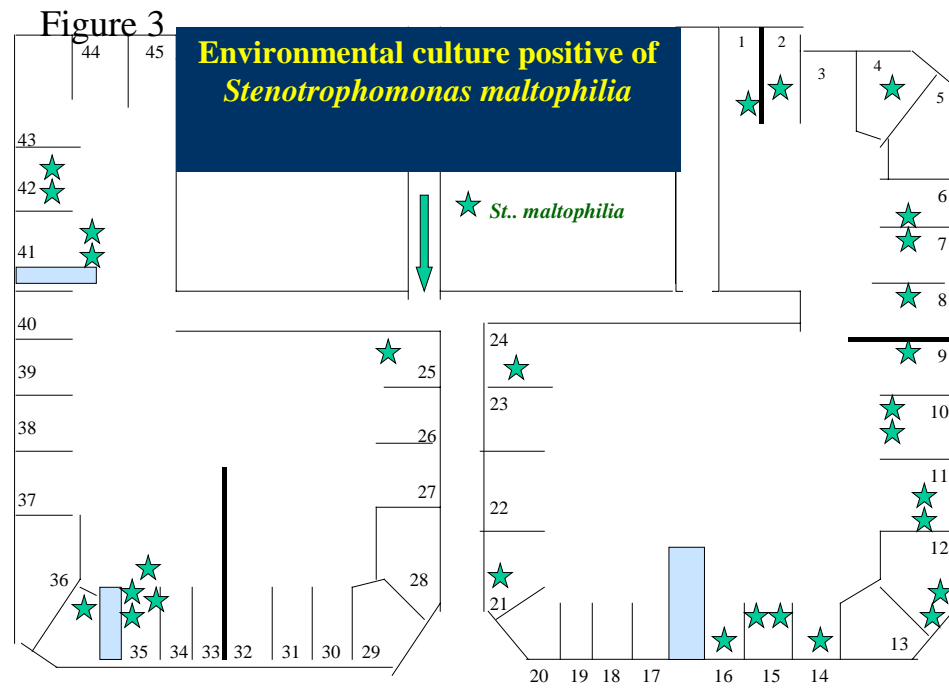
Figure 1



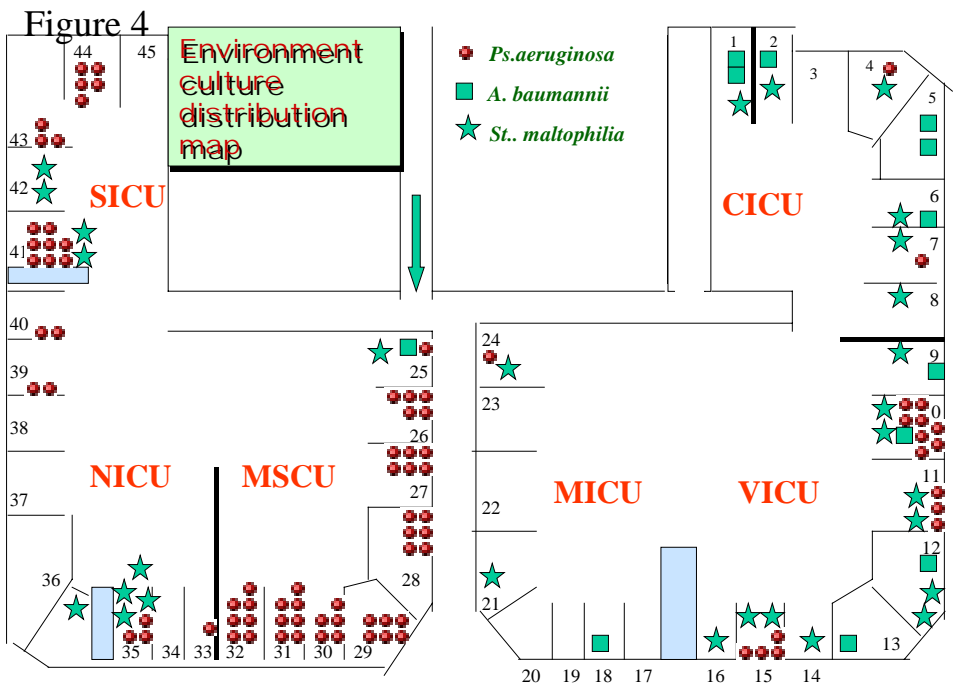
圖二



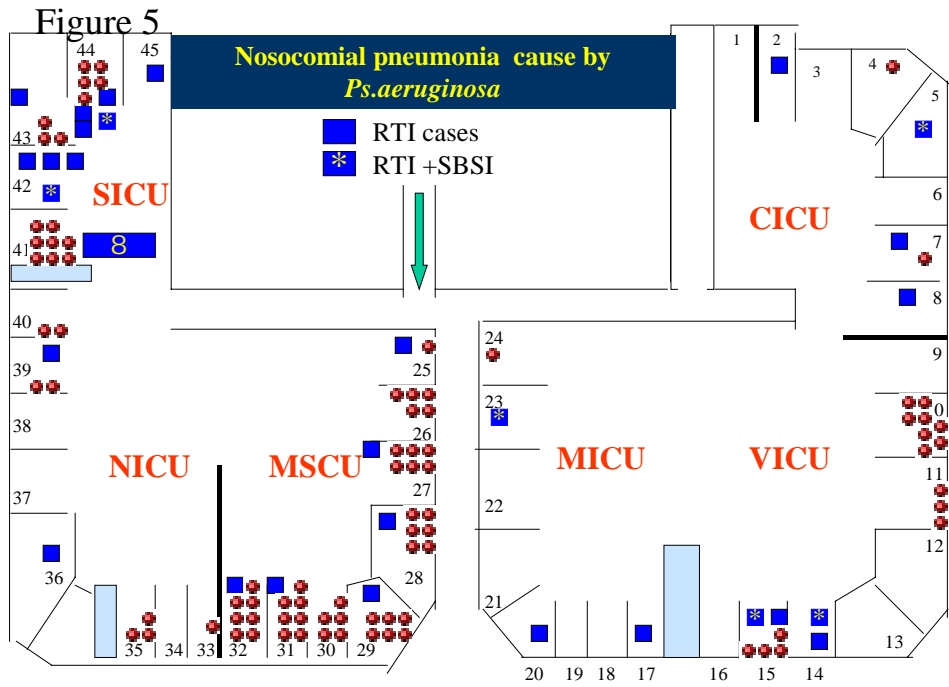
圖三



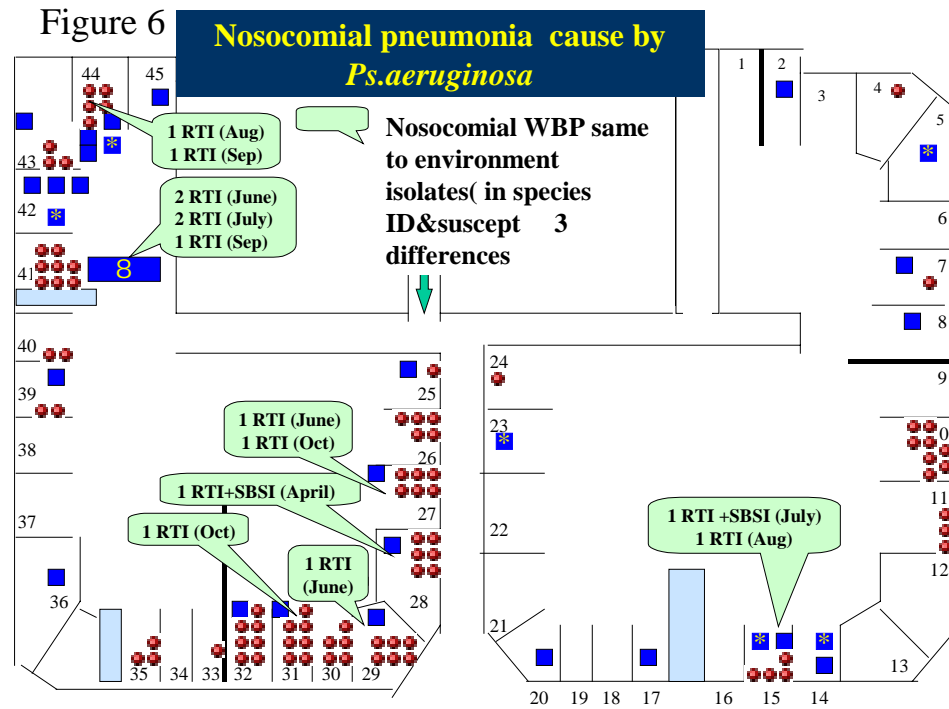
圖四



圖五

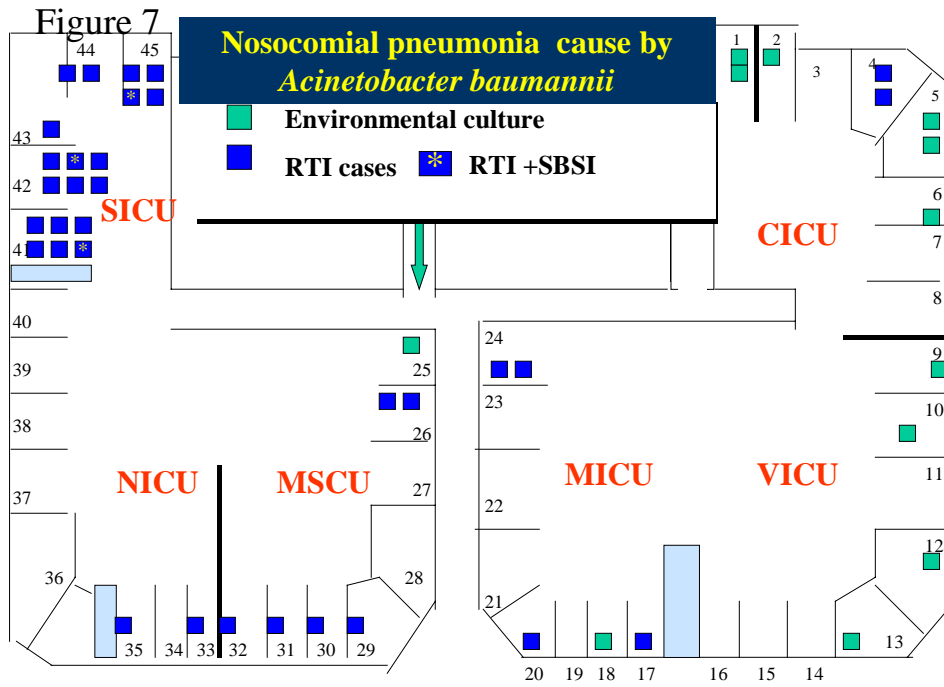


圖六

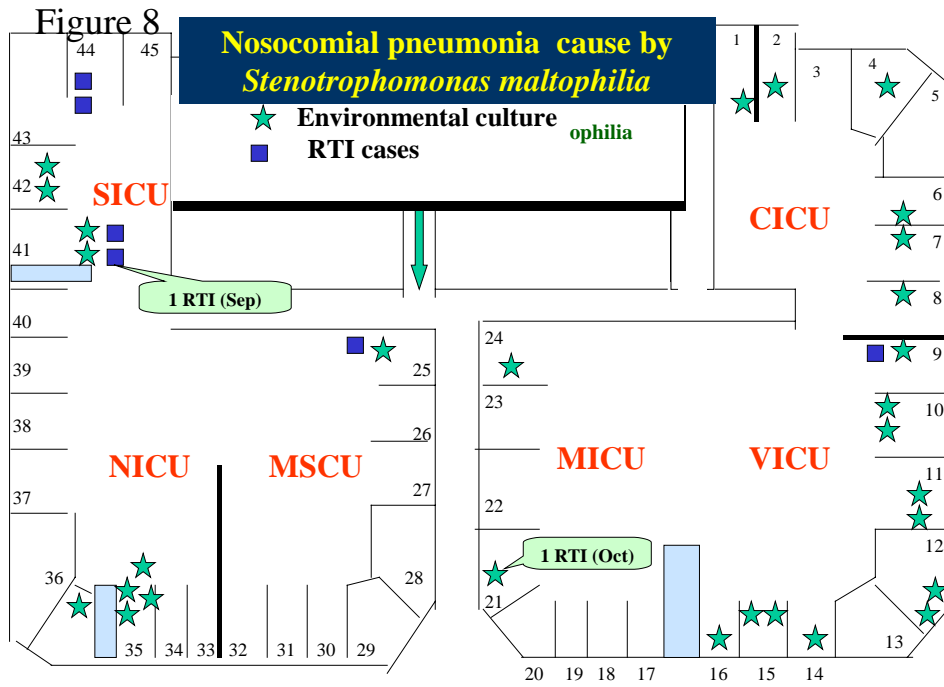




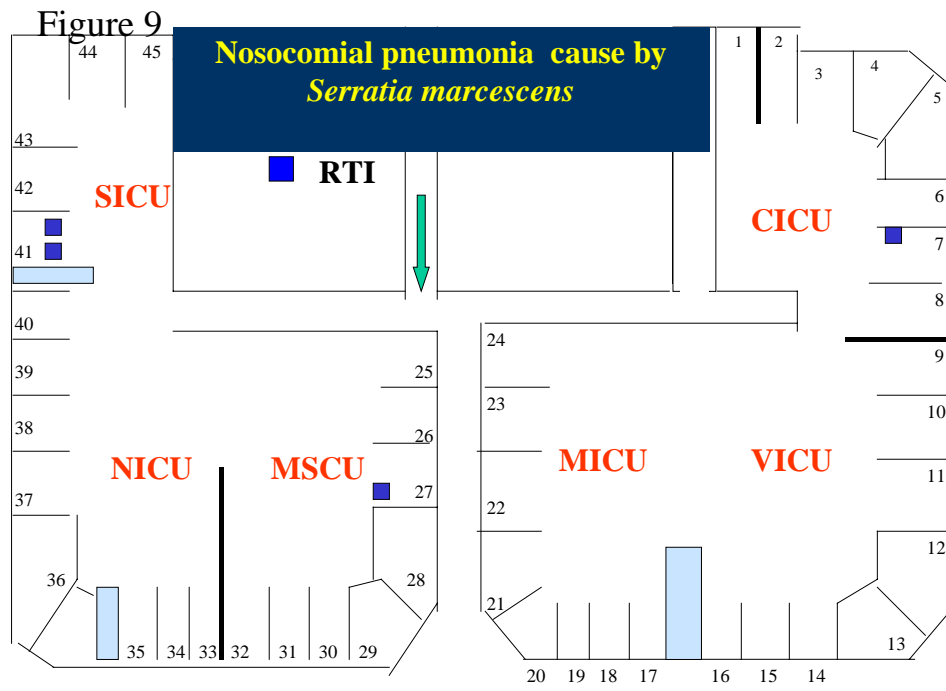
圖七



圖八



圖九



附錄：

**ICU-Nosocomial infection study Report Form (prospective)**  
**[Water-borne pathogen (WBP) related]**

**0: no, 1: Yes; \*\*: others in number**

Form completed:  1. Yes Recorder: \_\_\_\_\_

Case No:

Name :  Hx No :  Age :  y/o Sex(M/F) :

Survive  $\geq$  48 h after admission to ICU

**Admission pattern:**

\*\*Date of Ad. to ICU:  \*\*Section:  \*\*ICU-bed:

\*\*ICU type( 1. CICU, 2. VICU, 3. MICU, 4. MSICU, 5. NICU, 6. SICU, 7. BICU)

Direct Ad. via ER  Via regular ward  Post emergent OP via ER

\*\*Days of Intra-hosp. stay before Ad. to ICU (from ER)

\*\*Source: (1. Home, 2. Nursing home; 3. Other hospital(stay>48h); 4. This hospital (>48h) )

**Dx for ICU ad. (Major)**

\*\*Surgical: 1. Post-OP care; 2. Unpredicted complication post regular OP; 3. Trauma, no OP; 4. Trauma, post-OP; 5. Burn(electric, flame, chemical); 6. Others

Medical:

**Non-infection:**  Respiratory  Cardiovascular  Neurology  
 GI system.  Intoxication  Nephrology(uremia, E+ imbalance..)

Others

**Infection:**  Sepsis  CNS  Respiratory  
 Intra-abdomen  Genitourinary  Cardiovascular  Skin/soft tissue

Bone/joint

**APACH II Score:**

\*\*On Ad. to ICU  \*\*48 h after ad. to ICU

\*\*Severity of illness when at ad.( 1. Nonfatal; 2. Rapidly fatal; 3. Ultimately fatal)

\*\*GCS ( Coma scale )

**Underlying diseases:**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Alcoholism ( $\geq$ twice/week)  | <input type="checkbox"/> Current smoker (quitted < 1 wk)                      |
| <input type="checkbox"/> <b><u>DM</u></b>                 | <input type="checkbox"/> IDDM <input type="checkbox"/> NIDDM                  |
| <input type="checkbox"/> <b><u>Chr renal ds:</u></b>      | <input type="checkbox"/> Chr renal insuff (Cr > 2, not uremia)                |
| <input type="checkbox"/> Hemodialysis                     | <input type="checkbox"/> Peritoneal dialysis                                  |
| <input type="checkbox"/> <b><u>Chr lung ds.</u></b>       | <input type="checkbox"/> Asthma <input type="checkbox"/> COPD                 |
| <input type="checkbox"/> <b><u>CV disease:</u></b>        |   |
| <input type="checkbox"/> Ischemic heart ds.               | <input type="checkbox"/> Valvular ds. <input type="checkbox"/> CHF            |
| <input type="checkbox"/> Other heart ds                   |   |
| <input type="checkbox"/> <b>Old CVA</b>                   |   |
| <input type="checkbox"/> <b><u>Liver disease:</u></b>     | <input type="checkbox"/> Ch hepatitis <input type="checkbox"/> Cirrhosis      |
| <input type="checkbox"/> <b><u>Immunocompromised:</u></b> |   |
| <input type="checkbox"/> Steroids                         | <input type="checkbox"/> Asplenia <input type="checkbox"/> Neutropenia < 1000 |
| <input type="checkbox"/> Radiation/T (< 6M)               | <input type="checkbox"/> Cytotoxic drugs (< 6M)                               |
| <input type="checkbox"/> HIV                              | <input type="checkbox"/> Organ transplantation                                |
| <input type="checkbox"/> <b><u>Malignancy:</u></b>        |   |
| <input type="checkbox"/> Solid tumor                      | <input type="checkbox"/> Lymphoma <input type="checkbox"/> Leukemia           |

**Risk factor on admission to ICU:**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> <b>Prior ICU admission</b> | <input type="checkbox"/> <b>Previous antibiotics</b> |
|---|--|

**\*\*Lab :** (on admission to ICU)

CBC : WBC :  ; Hb :  Plt: ,000/cc

GOT :  , GPT :  , T. bil:  Albumin :  , Na :  , K:  ,

BUN :  , Cr :  , [If abnormal,  1. acute (if  $\uparrow$  > 1.0); 2. Chronic]

ABG : FiO<sub>2</sub> :  % , PH:  , PaO<sub>2</sub> :  , PaCO<sub>2</sub> :

**Invasive procedures in ICU:**

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Use of central catheter (CVP; Swan-ganz; IABP; Port-A, Hickman; JVC; FVC; tempory<br>pace-maker) | <input type="checkbox"/> A-line |
|---|---------------------------------|

Endotracheal intubation

Mechanical ventilation

Dx angiography

Tx angiography

**UB catheter (>24h)**

**NG (>24h)**

**Chest tube**

**PCN**

**PTCD**

**Other drains(≥ 24H)**

**Hemodialysis**

Peritoneal dialysis

**\*\*Days of ICU stay**( Before WBP infection **or** total ICU stay for non-infection)

**Use of antibiotics in ICU**(before WBP infection):

**\*\*No. of Abt**

**\*\*Duration**(from initiation of abt in ICU; Days)

Penicillins (Penicillin, Oxacillin, Piperacillin)

PCNs + B-blocker (Unasyn, Augmentin, Timentin)

Glycopeptides(Vanco,

Teico)

Cefazolin

2GC:(cefuroxime, cefoxitin)

3GC(cefotaxime, ceftizoxime, ceftriaxone, ceftazidime, cefepime)

Aminoglycosides ( GM, amikacin, isepitmycin)

Quinolones(Ciprofloxacin, Levofloxacin)

Metronidazole

Carbapenem (Imipenem, meropenem)

Macrolides(Erythro, Azithro...)

Clindamycin

Others

**PPI (omeprazole,...)**

**H2 blocker**

**Antacid**

**Sucralfate**

**Heavy sedation**

**Colonization of WBPs**

sputum

urine

drained fluid

Central line

peripheral-IV-catheter

wound

Others

**Environment factor:**

**Isolate of WBP from portable water during major period:**

*P. aeruginosa* (  CFU/ml)     *A. baumannii* (  CFU/ml)

*S. maltophilia* (  CFU/ml)     *S. marcescens* (  CFU/ml)

**ICU WBP nosocomial infection (f/u 2 days after discharge from ICU)**

RTI     UTI     PBSI     SSI     CVSI     OTHERS

Nosocomial WBP **same** to environment isolate (**species ID& Suscept  $\leq$  3 differences** )

Nosocomial WBP **same** to environment isolate (**PFGE  $\leq$  3 different bands**)

**\*\*Outcome:** 1. Death to the WBP infection; 2. Death to other cause; 3. Stabe at

harge(ICU)

**\*\*Total ICU stay** ( Ad – Discharge from ICU )

ICU Stay day (Date)--- ( 1 )

日期 (月/日)			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Yes/No	Total D	D0 *	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
CVP													
Swan-Gans catheter													
IABP													
Port-A													
Hickman													
JVC													
FVC													
A-line													
Temporpace-maker													
Peripheral IV line													
Urinary catheter													
Ventilator													
Endotracheal tube													
Tracheostomy													
Steam inhalation													
N-G tube													
Chest tube													
PCN													
PTCD													
Others drains( 24H)													
Abd. surgical drain (no.)													
TPN													
PPN													
HD													
PD													
Antibiotics prior NI													



Dx angiography		Tx angiography				
<b><u>Surgical intervention:</u></b>		Regular		Emergent		Craniotomy
ENT		Dental		Chest		Cardiovascular
Abdominal(inc. Gyn&Obs)		Orthorpedic(4 limbs)		Spine		GU
Skin & Soft tissue		Peripheral vascular		Tracheostomy		Thoracoscope
Laparoscope						
<b><u>Endoscope:</u></b>		UGI scope		Bronchoscope		Cystoscope
Colonscope						

Date of NI must be marked

Total  days ICU stay enroll

ICU Stay day (Date) --- ( 2 )

日期 (月/日)		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Sub total D	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20
CVP											
Swan-Gans catheter											
IABP											
Port-A											
Hickman											
JVC											
FVC											
A-line											
Temporpace-maker											
Peripheral IV line											
Urinary catheter											
Ventilator											
Endotracheal tube											
Tracheostomy											
Steam inhalation											
N-G tube											
Chest tube											
PCN											
PTCD											
Others drains( 24H)											
Abd. surgical drain (no.)											
TPN											
PPN											
HD											
PD											
Antibiotics prior NI											

ICU Stay day (Date) --- ( )

日期 (月/日)		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Sub total D	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 0
CVP											
Swan-Gans catheter											
IABP											
Port-A											
Hickman											
JVC											
FVC											
A-line											
Temporpace-maker											
Peripheral IV line											
Urinary catheter											
Ventilator											
Endotracheal tube											
Tracheostomy											
Steam inhalation											
N-G tube											
Chest tube											
PCN											
PTCD											
Others drains( 24H)											
Abd. surgical drain (no.)											
TPN											
PPN											
HD											
PD											
Antibiotics prior NI											

ICU Stay day (Date) --- ( )

日期 (月/日)		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Sub total D	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 0
CVP											
Swan-Gans catheter											
IABP											
Port-A											
Hickman											
JVC											
FVC											
A-line											
Temporpace-maker											
Peripheral IV line											
Urinary catheter											
Ventilator											
Endotracheal tube											
Tracheostomy											
Steam inhalation											
N-G tube											
Chest tube											
PCN											
PTCD											
Others drains( 24H)											
Abd. surgical drain (no.)											
TPN											
PPN											
HD											
PD											
Antibiotics prior NI											

\*All patients admitted to the 7 ICUs and staying in the ICUs for longer than 48 h will be enrolled, and the record form will be completed.

\*Periodically culturing of end sites of water distribution system for the 4 WBPs. (Every 1-2 months)

\*Clinical pathogenic WBPs and environmental WBPs will be stocked for further typing.