抽痰設備與亞急性呼吸照護病房醫療照護相關感染相關性初探

張蕙蘭[1]　林羽玫[1]　廖湘英[1]　賴惠雯[1]　劉元孟[2]　李育霖[1,2]

彰化基督教醫院　[1]感染預防暨控制中心　[2]內科部感染科

抽痰設備壓力表抽吸控制開關因臨床高度接觸及清消問題，常有致病菌移生的風險，在中部某醫學中心針對全院抽痰設備壓力表抽吸控制開關以腺苷三磷酸 (ATP) 及微生物培養進行調查。第一次全院 ATP 檢測合格率 46%，合格率較低的是第一及第二亞急性呼吸照護病房 (RCC1 及 RCC2)，ATP 檢測合格率分別為 28% 及 29%。發現合格率低的原因是洗手時機不正確及清潔消毒易被忽略，因此在兩個 RCC 宣導正確抽痰技術洗手時機，另外將 RCC1 的清消頻次由每日清消增加至每次使用完後清消，RCC2 仍維持每日清消。第二次採檢，ATP 檢測合格率 RCC1 為 10%、RCC2 為 40%，探究原因發現正確的抽痰技術洗手時機仍不易掌握，因此拍攝標準抽痰技術洗手時機的影片進行臨床人員的教育，並為了增加清潔消毒的方便性，導入 PDI 清潔消毒濕巾。第三次採檢，ATP 檢測合格率 RCC1 為 80%、RCC2 為 50%，RCC1 已明顯改善 (p = 0.006)。在 RCC1 的 ATP 合格率改善後，平均感染密度也由第一期的 8.8‰，下降至第三期的 2.9‰ (P trend = 0.003)。本實驗探討了抽痰設備壓力表抽吸控制開關在醫療照護相關感染所扮演的角色，感染管制策略首重正確抽痰技術洗手時機以降低移生率，其次增加環境的擦拭頻率以及使用便利的清消工具。維持醫療環境的清潔是改善醫療照護相關感染的重要議題，尤其針對許多臨床易汙染的區域更需加強管理。（**感控雜誌 2020:30:21-32**）

關鍵詞： 抽痰設備壓力表抽吸控制開關、感染密度、手部衛生

民國 108 年 4 月 13 日受理
民國 108 年 8 月 18 日修正
民國 108 年 12 月 18 日接受刊載

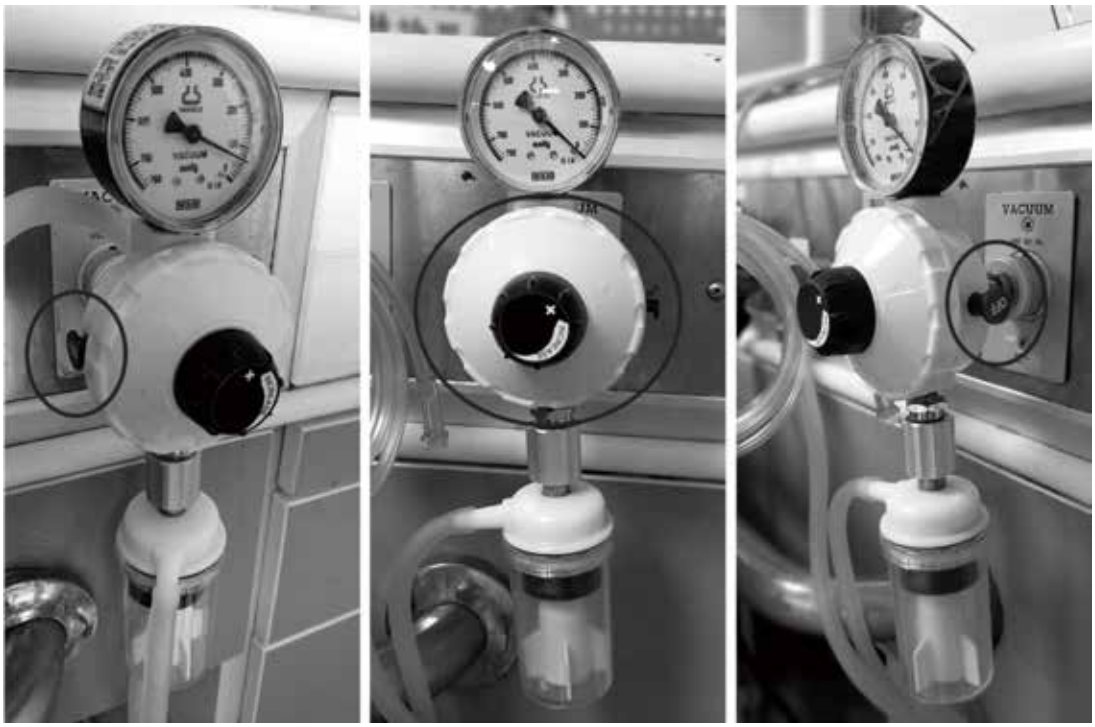
通訊作者：李育霖
通訊地址：彰化市南校街135號
連絡電話：(04) 7238595分機5975

DOI: 10.6526/ICJ.202002_30(1).0003

中華民國 109 年 2 月第三十卷一期

前　言

醫療環境中存在各式各樣的微生物，許多病原菌或多重抗藥性細菌可在醫療環境中存活長達數日或甚至數月之久[1]，而不適當的環境清潔消毒常會造成醫療照護相關感染及群突發[2]。依據 Spaulding classification 建議[3]，醫材種類及清潔層次可區分為重要醫材物品 (Critical Items)、次重要醫材物品 (Semicritical Items) 及非重要醫材物品 (Noncritical Items)。重要醫材物品如手術用器械，次重要醫材物品如軟性內視鏡，目前在醫院中已建立良好的滅菌及消毒方式，且有相關的查核 (如：醫院評鑑及醫院感染管制查核) 來確保消毒與滅菌品質，但非重要醫材物品在醫院中常被醫療相關人員所忽略。非重要醫材物品 (Noncritical Items) 指的是直接或間接接觸病人完整皮膚的病人環境設備，例如抽痰設備中壓力表抽吸控制開關 (圖一)。抽痰系統自 1950 年以來於醫院中廣泛的被使用，尤其是在加護病房 (intensive care unit, ICU) 和亞急性呼吸照護病房 (respiratory care center, RCC) 更是常見。抽痰設備結構可分為病人端的連接軟管、廢液收集袋、廢液收集硬瓶、壓力表抽吸控制開關和中央壓力系統。而抽痰設備依照 Spaulding classification 可依不同的部位歸類於次重要或非重要的醫材，本篇文章則針對非直接接觸病人端的抽痰設備壓力表的抽吸控制開關



圖一　病房單位抽痰設備壓力表的抽吸控制開關採樣區域

來作探討。

抽痰設備可能扮演著媒介醫療照護相關感染的角色，尤其在手部經常接觸的地方如壓力表的抽吸控制開關，是許多細菌的自然儲存窩(reservoir)。然而抽痰設備在環境清潔消毒是常常被忽略的一環，醫院的感染管制政策並無特別規定此設備多久清潔消毒一次，大多數的單位可能在終期消毒時才會徹底的擦拭。過去不認為抽痰設備會被污染，因為臨床人員在操作抽痰技術時會先進行手部衛生和佩戴手套，且抽痰是從病人端以壓力差將痰液由病人端往外抽，應該不會逆行至病人端。但是在2010 年的一篇研究報告中，在 470 個抽痰設備拭子培養的結果發現，有 173 (37%) 個結果為陽性，而且大多數所培養出來的細菌是醫療照護相關感染的致病菌，例如 *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *coagulase-negative staphylococci*, *Enterococcus faecium*…等。另外實驗也設置了五個模擬病人胃部的容器，在實驗的過程中發現有四個受到細菌的污染，一旦抽痰設備的培養陽性且菌量上升的時候，模擬胃液的培養也會開始有相對應的細菌增長，且細菌量成高度正相關[4]。這樣的實驗結果證實抽痰設備容易被污染，而抽痰設備的污染也可能間接由工作人員雙手造成病人的感染。

有效的環境清潔消毒是減少醫療照護相關感染及控制群突發的方法。美國疾病管制與預防中心建議醫院須訂定適當的清潔消毒[5]，台灣的衛生福利部疾病管制署則在「醫療機構環境清潔感染管制措施指引」中，依據醫療機構環境風險訂定風險區域評分表，加護病房及呼吸治療中心為高風險層級。依據指引的建議高風險層級區域每日應至少清潔 2 次，並視需要增加[6]。然而抽痰設備的清消要幾次才足夠，目前並無很好的佐證。本院在過去亞急性呼吸照護病房醫療照護相關感染趨勢增加時的環境培養調查，發現壓力表的抽吸控制開關培養出致病菌的比率偏高。經詢問後才知抽痰時洗手時機不正確，常會造成抽痰設備的汙染，加上此處的清潔消毒工作在某些單位權責界定不明，有些是環衛人員有些是護理人員，清潔消毒時常會被忽略。因此我們設計一個實驗以 ATP (Adenosine Tri-Phosphate 腺苷三磷酸) 生物螢光檢測法及微生物培養[7-9]，來監測在不同臨床單位抽痰設備的細菌移生率，另外也搭配同一時期該單位的清消頻率和感染密度來探討抽痰設備在醫療照護相關感染中所扮演的角色。

材料與方法

一、機構設置與環境採檢策略

本實驗進行的機構是中部的1,445 床的醫學中心，包括內外科加護病房 130 床及亞急性呼吸照護病房 49 床。因為以往群突發的調查，抽

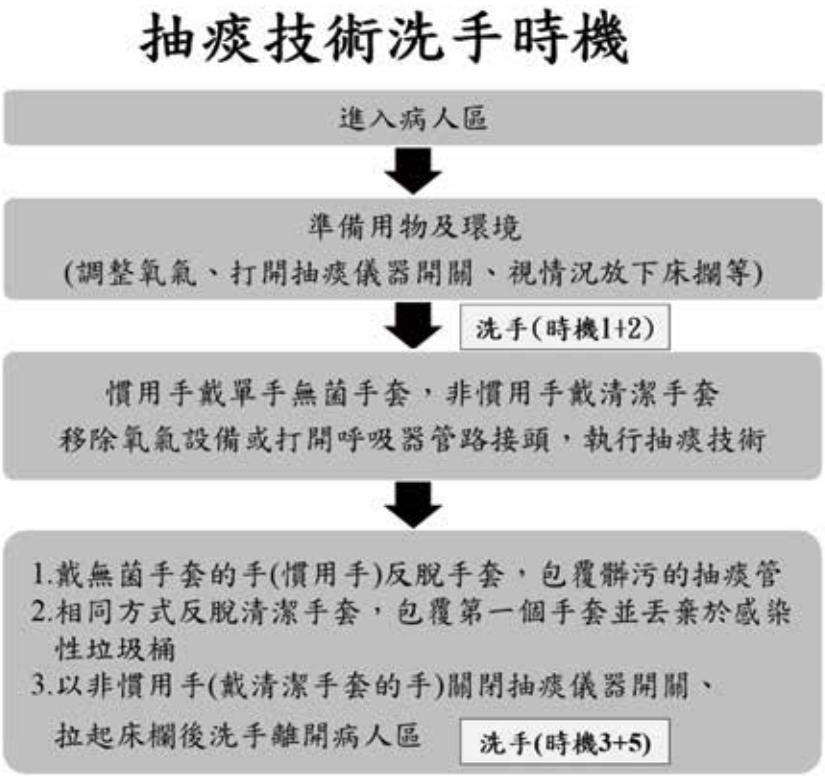
痰設備壓力表抽吸控制開關經常培養出致病菌，所以針對全院的加護病房及亞急性呼吸照護病房抽痰設備壓力表的抽吸控制開關進行 ATP 生物螢光檢測法及微生物培養採檢的調查。在 2018 年 4 月進行第一次全院的加護病房及亞急性呼吸照護病房抽痰設備壓力表的抽吸控制開關全部採樣，第二次及第三次分別於 2018 年 9月及 11 月進行，採檢的樣本抽樣抽驗頻率依 Joint Commission International Accreditation Clinical Care Program Certification Survey Process Guide 抽樣量建議，在病人數為 10~49 床的單位，每個病人單位抽 10 點，不滿 10 點則全部採檢，以亂數決定床號 [10]。

二、發現問題及介入措施

現行抽痰設備壓力表的抽吸控制開關，建議的清消方式是以酒精棉片、紗布或擦手紙噴上酒精擦拭設備表面，每日至少擦拭一次，終期消毒要擦拭。在第一次全院的加護病房及亞急性呼吸照護病房採檢，發現不合格較高的單位是第一及第二亞急性呼吸照護病房 (床位數分別為 18 床及 17 床)。在第一次採檢時，擦拭頻率在兩個病房皆為每日一次，因合格率不佳，感染預防暨控制中心介入病房宣導適當的環境清潔消毒，並加強手部衛生的遵從性、提醒正確抽痰技術等改善。因此訂定「抽痰技術洗手時機」的規定：進入病人區→準備用物及環境，調整氧氣、打開抽痰儀器開關、視情況放下床欄等→洗手 (時機：接觸病人前+執行清潔/無菌操作技術前)→慣用手戴單手無菌手套，非慣用手戴清潔手套移除氧氣設備或打開呼吸器管路接頭，執行抽痰技術→戴無菌手套的手反脫手套，包覆髒污的抽痰管；相同方式反脫清潔手套，包覆第一個手套並丟棄於感染性垃圾桶；以戴清潔手套的手，關閉抽痰儀器開關、拉起床欄後洗手離開病人區→洗手 (時機：暴露病人體液風險後+接觸病人週遭環境後) (圖二)，由以上流程落實洗手時機，並在抽痰結束後，立即以非慣用手 (戴清潔手套的手) 關閉抽痰儀器開關、拉起床欄後洗手再離開病人區，以保護病人周遭環境的清潔。第一次採檢後檢討，第一亞急性呼吸照護病房擦拭頻率由每日一次調整為每次使用完立即擦拭；而第二亞急性呼吸照護病房仍維持每天一次的擦拭頻率，在 2018 年 9 月進行第二次採檢。針對合格率還是較差的亞急性呼吸照護病房，在抽痰設備旁使用 PDI 清潔消毒濕巾 [11]，增加清消的方便性，但兩個病房都依原廠建議擦拭，未改變擦拭頻率，執行後於進行第三次採檢。

三、實驗方法

1. 微生物培養：檢體採集以無菌拭子擦拭法 (Sterile Swab Method)，用無菌棉花拭子浸入 Thioglycollate 之試管，然後擦拭抽痰設備壓力表



圖二　抽痰技術及洗手時機

的抽吸控制開關，再將拭子置回試管，混合均勻。將 Thioglycollate 置於 35℃溫箱培養 48 小時觀察是否有長菌，若混濁則次培養至 BAP (bloodagar plate) 上 35℃ 5% CO_2 培養箱隔夜培養。培養出菌株則以革蘭氏染色後進行鑑定，鑑定使用 API 系統 (BioMerieux, Marcy-L'Etoile/ France)，API 系統之操作步驟依製造商的操作手冊進行試驗。合格標準：非重要醫材物品應只允許環境細菌出現，例如：*Coagulase-negative staphylococci*、*Bacillus species*、*Corynebacterium species* [12]。

2. ATP 生物螢光檢測法 (3M™ Clean-Trace™ Surface ATP System)：持檢測管裡的無菌採樣棉棒以旋轉抹拭採檢表面，擦拭技巧以大拇指和食指握住柄端，以便旋轉，手不可碰觸到採檢端，採樣時旋轉及下壓待測物表面。擦拭抽痰設備壓力表的抽吸控制開關，立即將採樣棉棒置回檢測管，待測時下壓至下層檢測管區，搖勻 5 秒鐘使充分混合，馬上放入螢光測定定孔內進行判讀。合格標準：ATP≦250 RLU (relative light unit) 為合格[13]。

3. 採檢方式：抽痰設備壓力表的抽吸控制開關一半採微生物培養，另一半使用 ATP 生物螢光檢測。

四、統計方法

在 RCC1 和 RCC2 病房中，個別對第一次和第二次的採檢合格率和第一次和第三次合格率做卡方檢定 (chi-square test)，比較介入措施執行後採檢合格率是否有統計顯著改善。平均感染密度計算方式為感染人次除以住院人日數乘以 1,000，同時對三次的平均感染密度進行趨勢分析和呈現 P trend 代表，其中趨勢分析是以 Cochran-Armitage test for trend 做為檢定方法，用以確實介入措施之後三次的平均感染密度逐漸下降。

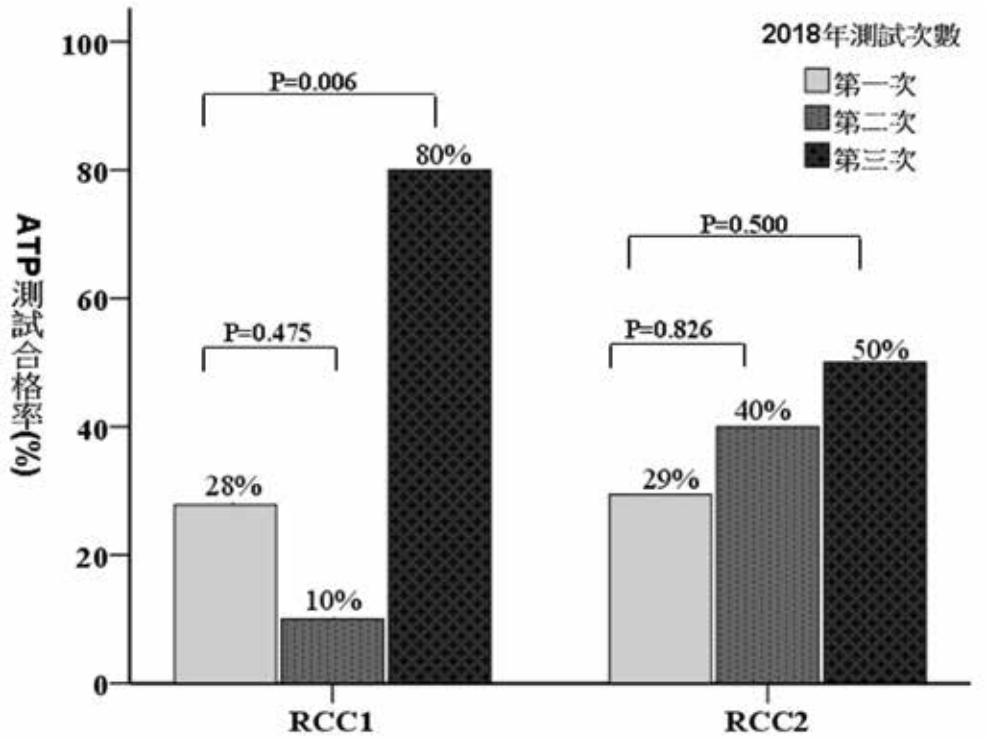
結　果

在首次對全院的加護病房及亞急性呼吸照護病房抽痰設備壓力表的抽吸控制開關進行採檢，共 219 件中全院的加護病房及亞急性呼吸照護病房 ATP 生物螢光檢測法合格率為 46% (101/219)，其中以亞急性呼吸照護病房合格率最低，包括第一亞急性呼吸照護病房的 ATP 檢測合格率 28% (5/18)，第二亞急性呼吸照護病房為 29% (5/17)。第一次採檢結果檢討，第一亞急性呼吸照護病房增加清消頻率由每日清消一次增加至每次使用完後清消，而第二亞急性呼吸照護病房仍維持每日清消。

三個月後進行第二次採檢，第一亞急性呼吸照護病房 ATP 檢測合格率為 10% (1/10)，第二亞急性呼吸照護病房為 40% (4/10)。結果與第一次結果相比並沒有改善。在觀察臨床的消毒方式後有兩個發現：第一、臨床人員在執行抽痰技術的時候，洗手的時機點掌握不佳，因此容易整個執行過程中造成設備的汙染。第二、由於酒精棉片體積較小，擦拭範圍可能不夠徹底，另外用擦手紙噴上 70% 酒精的擦拭方便性不夠。因此我們增訂了「抽痰技術洗手時機」的流程 (圖二) 落實洗手時機，特別是在抽痰結束後，立即以非慣用手 (戴清潔手套的手) 關閉抽痰儀器開關，拉起床欄後洗手離開病人區，以維持病人周遭環境的清潔，降低汙染的機會。而針對第二個問題，在抽痰設備旁準備 PDI 清潔消毒濕巾，增加清消的方便性[14-15]。

在第三次環境採檢結果顯示第一亞急性呼吸照護病房抽痰設備壓力表的抽吸控制開關 ATP 檢測合格率為 80% (8/10)，相較於前兩次的採檢有顯著改善 ($p = 0.006$)；但第二亞急性呼吸照護病房的 ATP 檢測合格率雖也成長到 50% (5/10)，但和先前的比較卻無顯著差異 ($p = 0.500$) (圖三)。

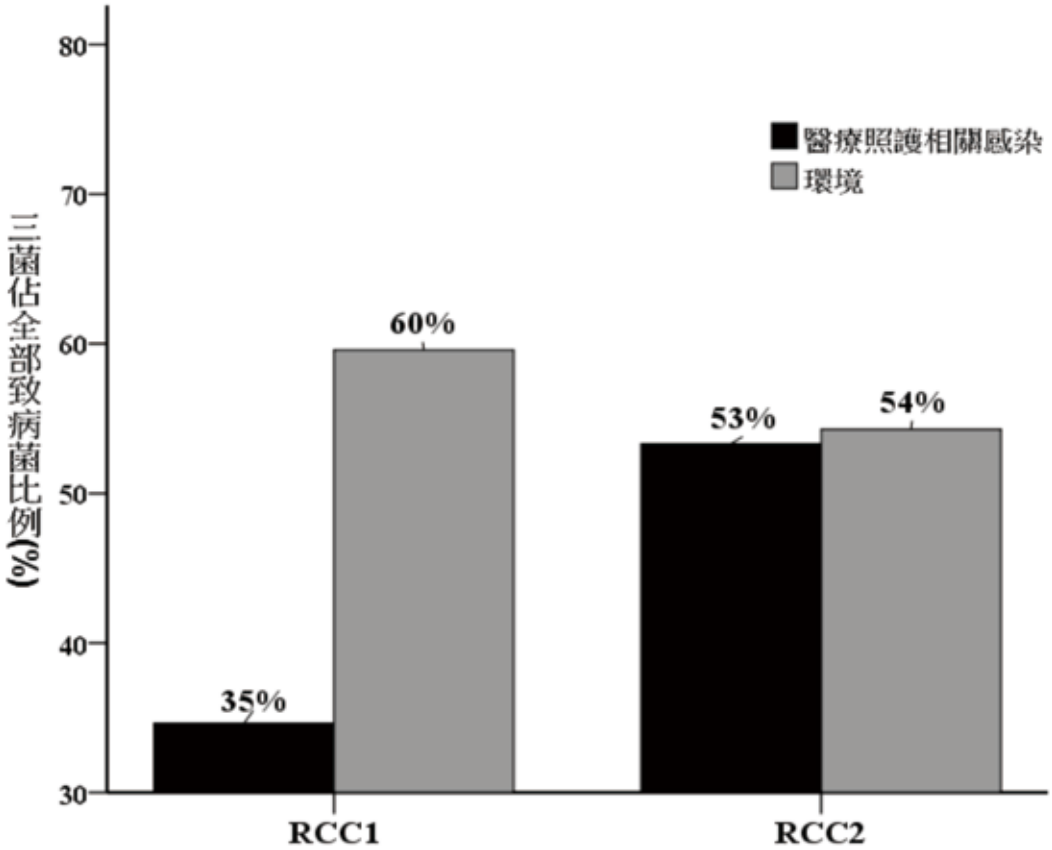
另外在實驗中發現，*Pseudomonas aeruginosa*、*Klebsiella pneumoniae*、*Enterobacter spp*. 這三株菌為抽痰設備壓力表抽吸控制開關主要檢出的致病菌。在第一及第二亞急性呼吸照護病房的比率分別佔 60% (28/47) 及 54% (19/35)。在使用 PDI 清潔消毒濕巾加強擦拭抽痰設備壓力表的抽吸控制開關之後的第三



圖三　抽痰設備壓力表抽吸控制開關採檢合格率

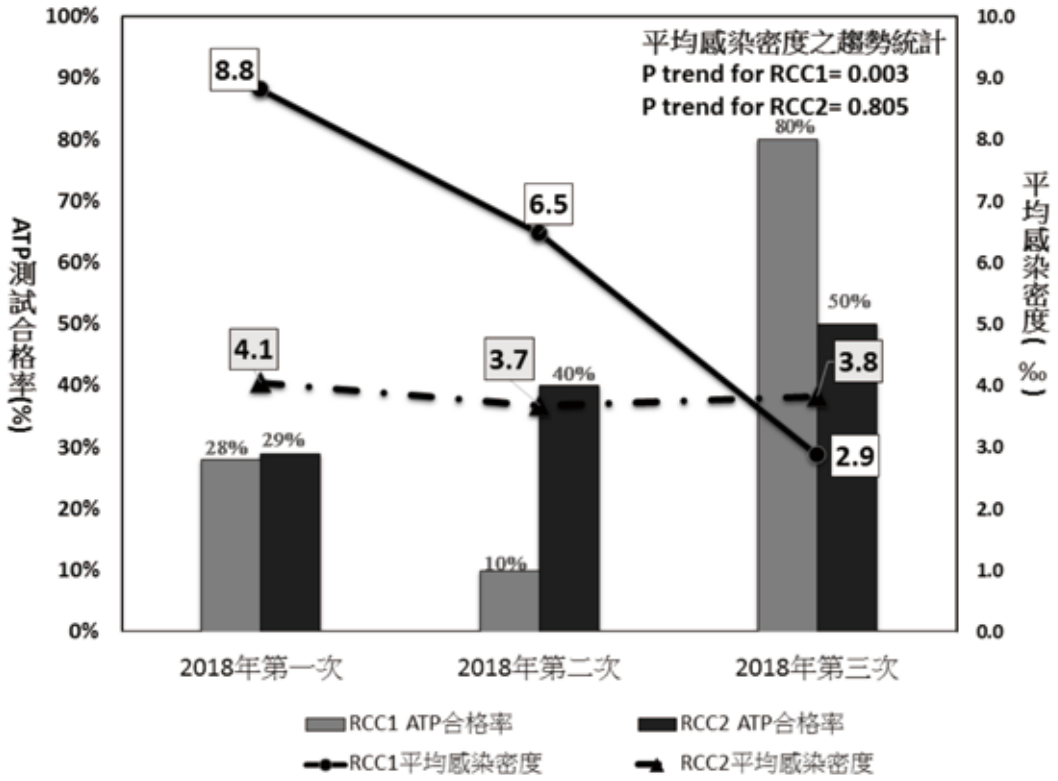
次採檢，其中第一亞急性呼吸照護病房不合格的汙染菌皆為 *Pseudomonas aeruginosa* 佔 100% (2/2)，第二亞急性呼吸照護病房不合格的汙染菌 *Pseudomonas aeruginosa* 佔 75% (3/4)，所以 *Pseudomonas aeruginosa* 應是存在病人環境中最不易清消之細菌。而比對本院亞急性呼吸照護病房病人醫療照護相關感染最常見菌的前三位亦為 *Pseudomonas aeruginosa*、*Klebsiella pneumoniae*、*Enterobacter spp.*，占率在第一及第二亞急性呼吸照護病房分別為 35% (9/35) 及 53% (9/15) (圖四)。

以三個採檢時機配合感染密度來看，亞急性呼吸照護病房的病人醫療照護相關感染，根據疾病管制署 2018 年版「醫療照護相關感染監測定義」之收案定義收案[16]，將感染密度依採檢時間區分三個時段，依序是 2018 年 1~4 月、5~10 月、11~12 月，統計呈現平均感染密度。比較同時間第一亞急性呼吸照護病房平均感染密度，第一次採檢同一時期的感染密度平均為 8.8‰，經宣導增加擦拭頻率後，雖然 ATP 合格率並未明顯上升，但同一時期的感染密度平均為 6.5‰，感染密度下降不明顯但已略有改善。除了持續宣導抽痰設備洗手時機之外，又為增加清消的方



圖四 *Pseudomonas aeruginosa*、*Klebsiella pneumoniae*、*Enterobacter cloacae* **佔全部致病菌比例**

便性，導入 PDI 清潔消毒濕巾，加強擦拭抽痰設備壓力表的抽吸控制開關後，進行了第三次採檢，同一時期的感染密度平均明顯的下降至 2.9‰。而在第二亞急性呼吸照護病房一直維持每天擦拭一次抽痰設備壓力表的抽吸控制開關，在用 PDI 清潔消毒濕巾擦拭也並未改善，第一次採檢同一時期的感染密度平均為 4.1‰，第二次同一時期的感染密度平均為 3.7‰，第三次採檢同一時期的感染密度平均為 3.8‰。在第一亞急性呼吸照護病房 ATP 檢測合格率改善後提升，感染密度第一期至第三期也有下降趨勢 (P trend = 0.003)，因此醫療環境的清潔度與醫療照護相關感染的感染密度，有著一定程度的相關性。反觀未改變擦拭頻率的第二亞急性呼吸照護病房，ATP 檢測合格率與三個時期的感染密度相比並無顯著差異 (P trend = 0.805) (圖五)。



圖五　亞急性呼吸照護病房抽痰設備壓力表的抽吸控制開關與平均感染密度之比較

討　論

維持病人周遭環境的清潔減少污染的發生，是預防醫療照護相關感染的方法之一。在抽痰過程中，不適當的操作步驟很容易會造成環境污染，所以落實人員抽痰時正確的技術及洗手時機，是重要的關鍵。病人周遭環境隨時保持清潔，減少污染就可以不用增加清消的頻率。在同期的環境採檢發現同屬性的第三亞急性呼吸照護病房合格率 100% 達設定標準，原因是該單位抽痰開關一直開著，在抽痰結束後也未動手關閉，雖然這是不正確的行為，但也代表不正確的抽痰技術洗手時機會汙染環境。所以由本實驗發現，正確的洗手是避免環境被汙染的首要因子，因此拍攝了正確抽痰步驟的影片，以及訂定抽痰技術洗手時機及穿脫手套的標準流程來降低抽痰設備被汙染的機會。而加強環境清潔消毒則是亡羊補牢的方法，如何加強環境清消，一個是清消的頻率制訂，另一個是清消工具的選擇。本實驗在兩個屬性類似但清消頻次和用品不同的單位進行觀察。增加清消頻次和使用方便的清消工具確實能有效改善環境的潔淨度，然而清消頻次是否

增減卻要憑藉著單位被汙染的機會來制定。不容易被汙染的單位可以維持較少的清消頻次，而容易汙染的單位則應是汙染的風險來增加頻次，因此持續的環境潔淨度監視，並依各單位做不同的監測，可做為檢視設備消毒的頻率是否可減少的依據。

另外本實驗亦發現隨著清潔頻率的增加，清潔度的提升，可有效降低環境的致病菌，所以醫療環境的清潔與醫療照護相關感染的感染密度有著一定程度的相關性[17]。雖然造成醫療照護相關感染的變因非常多，但病原體很可能從醫療人員及受污染的設備中獲得[18]，病人環境設備清潔消毒的不適當，也是造成醫療照護相關感染的原因之一[19-20]。在本次實驗中 PDI 清潔消毒濕巾的導入，增加了方便性，是使第一亞急性呼吸照護病房達成 80% 的合格率的其中原因之一，所以選擇方便實用的清潔消毒用品，也是在推動感染管制政策，能否達成目標的重要因素。

本實驗的結果仍有些限制，在第一亞急性呼吸照護病房的 ATP 檢測合格率，第一次為 28% 而第二次為 10% 並未提升，但是同期的感染密度已由 8.8‰ 降至 6.5‰，由於本實驗只針對致病菌作分析並未定量，在正確的抽痰技術及洗手時機後，可能減少了環境致病菌的量，使得平均感染密度下降。另外在環境菌株與醫療照護相關感染的菌株，未做分子生物學的比對，所以無法證實直接的相關性，但藉由感染管制措施的推動，依據抽痰技術洗手時機拍攝影片宣導，使人員在操作抽痰技術時更加注意洗手時機，讓感染密度有顯著下降。除此之外因為亞急性呼吸照護病房使用抽痰設備的頻率比其他加護病房相對較高，本實驗是針對醫學中心亞急性呼吸照護病房所做的實驗觀察，這些感染管制措施的介入，是否適用於其他加護病房也可降低感染率，還有待進一步的研究。

結　語

維持病人周遭環境的清潔和落實洗手時機，減少污染的發生，是預防醫療照護相關感染最重要的議題。另外病人環境設備不適當的清潔消毒，也是造成醫療照護相關感染的原因之一，因此在較易污染的區域，加強清潔消毒病人週遭環境 (例如抽痰設備壓力表抽吸控制開關)，也可有效的改善醫療照護相關感染。因此正確的洗手時機減少環境污染發生，增加清潔消毒的頻率，並使用方便的清潔消毒方式，皆是降低醫療照護相關感染的重要關鍵。

參考文獻

1. Kramer A, Schwebke I, Kampf G: How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. BMC Infectious Diseases 2006;6:130.
2. John A, Alhmidi H, Cadnum JL, et al:

Contaminated portable equipment is a potential vector for dissemination of pathogens in the intensive care unit. Infect Control Hosp Epidemiol 2017;38:1247-9.

3. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities (2008) 摘自 https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/rational-approach.html
4. Kaye KS, Marchaim D, Smialowicz C, et al: Suction regulators: a potential vector for hospital-acquired pathogens. Infect Control Hosp Epidemiol 2010;31:772.
5. Alice Guh, Philip Carling, Environmental Evaluation Workgroup (2010 December): Options for Evaluating Environmental Cleaning. Centers for Disease Control and Prevention. https://www.cdc.gov/hai/toolkits/evaluating-environmental-cleaning.htm
6. 衛生福利部疾病管制署 (2015 年 11 月 2 日). 醫療機構環境清潔感染管制措施指引.https://wd.vghtpe.gov.tw/crcl/files/Biosafe/infection.pdf
7. 陳瀅淳、黃佩萱、黃惠美等：ATP 生物冷光反應法和傳統微生物採檢法在醫院環境清潔確效之比較。感控雜誌 2017;27:45-52。
8. 洪儀珍、陳美伶、田貴蓮等：運用不同檢測方式評估某醫學中心環境清潔成效。感控雜誌 2016;26:97-106。
9. 洪儀珍、陳安琪：醫療院所環境清潔管理實務。衛生福利部疾病管制署 (2017 年 11 月)。摘自 https://www.cdc.gov.tw/File/Get/zEUuCzdDd4HucQc-vspVLQ
10. JCIA CCPC survey guide 2nd edition. July 2010. p84.
11. Kanamori H, Rutala WA, Gergen MF, et al: Germicidal Activity against Carbapenem/Colistin-Resistant Enterobacteriaceae Using a Quantitative Carrier Test Method. Antimicrob Agents Chemother 2018;62:e00318-18.
12. Clinical microbiology procedures hand book. Second edition. 3.4.1 General detection and interpretation.
13. Lewis T, Griffith C, Gallo M: A modified ATP benchmark for evaluating the cleaning of some hospital environmental surfaces. J Hosp Infect 2008;69;156-63.
14. Rutala WA, Weber DJ: Selection of the ideal disinfectant. Infect Control Hosp Epidemiol 2014;35:855-65.
15. Dancer SJ: The role of environmental cleaning in the control of hospital-acquired infection. J Hosp Infect 2009;73:378-85.
16. 衛生福利部疾病管制署 (2018 年)。新版醫療照護相關感染監測定義。摘自 https://www.cdc.gov.tw/File/Get/vaCzISfjhsSg_7siqy44CQ
17. Donskey CJ: Does improving surface cleaning and disinfection reduce health are-associated infections. Am J Infect Control 2013;41:S12-19.
18. Craven DE, Steger KA, Barat LM, et al: Nosocomial pneumonia: epidemiology and infection control. Intensive Care Med 1992;18:S3-9.
19. Dancer SJ: How do we assess hospital cleaning A proposal for microbiological standards for surface hygiene in hospitals. J Hosp Infect 2004;56:10-15.
20. Rutala WA, Weber DJ: Monitoring and improving the effectiveness of surface cleaning and disinfection. Am J Infect Control 2016;44:e69-76.

Analysis of the association between suction equipment disinfection and healthcare-associated infection in respiratory care units: An experience from a medical center in central Taiwan

Hui-Lan Chang[1], Yu-Mei Lin[1], Hsiang-Ying Liao[1], Huei-Wen Lai[1], Yuan-Meng Liu[2], Yu-lin Lee[1,2]

[1]Center for Infection Prevention and Control,
[2]Section of Infectious Diseases, Department of Internal Medicine

Life-threatening pathogens are frequently isolated from switches of suction facilities. We used an adenosine triphosphate (ATP) bacterial detection meter to analyze samples obtained from surfaces of switches to evaluate the efficacy of cleaning. The baseline qualification rate of cleaning was 46%. We observed lower qualification rates for respiratory care centers RCC1 and RCC2 (28% and 29%, respectively). The promotion of environmental cleaning, hand hygiene, improved suction techniques, and higher frequency of environmental cleaning (cleaning after each suction in RCC1; daily cleaning in RCC2) resulted in the qualification rate of 10% and 40% in RCC1 and RCC2, respectively. Hence, we introduced PDI to increase the convenience of cleaning. The frequency of cleaning remained the same for these two wards. Consequently, the qualification rate of cleaning in RCC1 significantly improved to 80% ($p = 0.006$), whereas that in RCC2 improved to 50%. The infection density in RCC1 decreased from 8.8 in period 1 to 2.9 in period 3 ($p = 0.003$ for trend test). Thus, nosocomial infection density may positively correlate with the extent of environmental disinfection. To maintain clean environment around patients, it is imperative to enforce correct suction techniques, increase the frequency of environmental disinfection, use convenient cleaning methods, and follow proper hand hygiene. It is critical to clean hospital environment to decrease the incidence of nosocomial infections.

Key words: Continuous vacuum regulator, infection density, hand hygiene