

奈米技術應用於環境清潔消毒的效果

喻慶祥¹ 沈政瑩¹ 李育霖² 賴健文³ 李國維⁴
許志仁⁵ 賴惠雯⁶ 張蕙蘭⁶ 黃芳裕⁵ 廖恩慈¹

¹馬偕醫學院 醫學系
²彰化基督教醫院 感染科 ³院長室 ⁵工務部 ⁶感染預防暨控制中心
⁴員林基督教醫院 員基院長室

醫院發生醫療照護相關感染 (healthcare-associated infections, HAIs) 是國家醫療體系重大的經濟負擔。醫院的清潔度會影響到醫護人員與病人是否暴露在致病菌的危險環境之中。因此本研究與台灣中部某醫學中心合作，使用結合奈米微粒分子、四級銨 (3-(trimethoxysilyl)-propyloctadecyldimethyl ammonium chloride)、與觸媒科技的物理防疫系統 (Bio-Kil system)，探討其在手術室的抑菌殺菌效果，以及對於院內空氣品質與水質的改善程度。經近一年的研究結果顯示：一、手術室 30 個取樣點，經由霧化處理後之平均總菌落數由 49 CFU/cm² 降為 21.5 CFU/cm²，更甚於之前紫外燈殺菌的效果。二、呼吸照護中心的平均總菌數經自超過 500 CFU/m³ 降至低於 50 CFU/m³。三、八個加護中心暨病房共計 44 取樣點在介入放流後，水質不合格率幾乎都有顯著的降低改善，且其中 28 個出水口的退伍軍人菌數也不再不合格。四、於實驗室中證實，使用本奈米防疫系統霧化後，金黃色葡萄球菌與大腸桿菌都有顯著的抑制生長的能力。整體而言，使用本奈米防疫系統可使得空氣、水質及手術室的細菌獲得顯著的抑制，達到減少病原菌蔓延及 HAI 的機率，進而減輕醫療體系的負荷。（**感控雜誌 2020;30:153-166**）

關鍵詞：奈米防疫系統、醫院醫療照護感染、退伍軍人菌、金黃色葡萄球菌、大腸桿菌

民國 108 年 4 月 1 日受理
民國 108 年 12 月 4 日修正
民國 109 年 4 月 15 日接受刊載

通訊作者：廖恩慈
通訊地址：新北市三芝區中正路三段46號
連絡電話：(02) 26360303轉1244

DOI: 10.6526/ICJ.202006_30(3).0001

中華民國 109 年 6 月第三十卷三期

前言

醫院環境的乾淨與否會影響到病人是否會被潛在的致病菌所傳染，進而造成一連串的醫療相關群聚。而於醫院發生的醫療照護相關感染 (healthcare-associated infection, HAI) 將帶給國家健康體系重大的負擔。隨著近年來抗生素高度使用及菌種抗藥性衍生的問題日趨嚴重，HAI 已是影響全球病人住院時健康安全的主要議題，根據世界衛生組織的統計。

手術室是醫院內對無菌操作要求甚高的場所，而術中醫療器械設備的使用、醫護手部污染、工作人員及空調換氣與清潔皆是影響手術室空氣中微生物之因素[3]。在手術過程中，不論是灰塵粒子、衣服脫落的紡織纖維、醫護人員與病人皮膚所掉落的皮屑毛髮均有機會在手術室裡的空氣內飄盪，空氣中活著的微生物亦然，而這些防不勝防的微生物，受到地心引力的吸引，可能附著在手術器械或傷口，進而增加手術部位感染風險、乃至於引發併發症，根據統計術後發生手術部位感染的病人死亡率約為 3%，其風險係未發生感染者的 2~11 倍[4,5]，而目前國內手術室之消毒方式，仍普遍採取紫外線燈消毒法做為例行性消毒程序。

物理防疫 (Bio-Kil) 係 1996 年開發出的產品，結合四級鉍 (3-(trimethoxysilyl)-propyloctadecyldimethyl ammonium

chloride)、觸媒科技與奈米製程技術，為具有多國認證專利之物理抗菌殺菌技術，其四級鉍與奈米成分已被研究證實對人體毒性極低[6]。因 Bio-Kil 奈米微粒分子帶正電荷，對細菌細胞壁具有高親和力，故能以物理性方式破壞細胞膜，導致細菌死亡。經此防疫技術處理後之目標表面，將形成一層無毒性且長效性的抗菌層。此技術可以處理諸如塑膠、塗料、空氣濾網、紡織品 (如病人服、口罩、床單)、牆面…等各種材料組成之表面。台灣已有多個醫療院所曾與之合作研究，發現於 ICU 裡使用此技術後，可以有效降低細菌的滋生與 HAI 發生率[7]。

本研究與台灣中部某醫學中心合作，主要目的是探討新技術奈米防疫系統 (Bio-Kil) 可否於手術室取代紫外線燈消毒法。以此整體評估奈米防疫系統 (Bio-Kil) 是否可以有效降低細菌的滋生。

材料與方法

一、手術室的取樣與實驗進行流程

本研究期間為 2016 年 4 月至 2017 年 3 月，原先醫學中心之手術室是採用以紫外線燈消毒 30 分鐘。本實驗之實驗組乃是以奈米防疫系統 (Bio-Kil) 取代原先使用紫外線燈消毒之程序，而其餘手術室日常清潔，包括以 500 ppm 漂白水擦拭消毒桌子、儀器等表面，並以 75% 酒精擦拭手

術燈等工作仍照常進行。自該醫學中心 22 間手術室中選定 30 個取樣點，於奈米防疫系統消毒方式介入前後分別進行採樣，比較總菌落數之差異。採樣方式係使用環境表面採樣法，每個採樣範圍為 10×10 平方公分，先備好含 5 毫升無菌生理食鹽水之試管，以無菌棉棒沾濕無菌生理食鹽水，於採樣範圍內均勻塗抹取樣後，將棉棒放入試管內。樣本經震盪均勻後，取 $100 \mu\text{l}$ 置於 Tryptone Soy Agar (TSA) 培養皿上，再用 L 型玻璃棒均勻塗抹，接著於 35°C 培養 48 小時後觀察總菌落數。

二、手術室使用奈米防疫系統 (Bio-Kil) 動態殺菌流程

人員穿著隔離衣/帽/鞋/口罩後進入手術管制區內，先將手術室內之麻醉機、手術照明檯燈、顯微鏡、牆壁上監視攝影鏡頭、以及火警煙霧警報器用保護罩覆蓋，而門縫與冷氣出風口則用大塑膠布或紙膠帶密封，再將 Bio-Kil 動態殺菌機置於中間並啟動，以氣霧化方式使之均勻散布，進行空氣中的動態式消毒 (本文將此種消毒簡稱動態殺菌)，維持 5~8 分鐘 (依各手術室環境而定) 後即結束消毒，將覆蓋布移除且將手術室回復成原狀。因為奈米防疫系統 (Bio-Kil) 動態殺菌技術是將奈米微粒分子以氣霧化方式均勻散布，故需將精密儀器與火警煙霧警報器覆蓋，待結束消毒後，再將覆蓋布移除且將手術室回復

成原狀。如同上述採樣方法取樣及培養後觀察紀錄，評估使用後效果。

三、醫院室內空氣暨空調出風口 Bio-Kil 空氣濾網建置

為測試導入 Bio-Kil 防疫系統是否能有效改善醫院各處空氣中細菌含量，甚至達到環保署建議之 $1,500 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 以下[8]，我們將 Bio-Kil 防疫系統建置於呼吸照護中心及候診區的空調系統上，含空調箱、風管管道、出風口等空調流經區域，且供應 Bio-Kil 濾材定時替換，Bio-Kil 空氣濾網約 6 個月替換一次；並提供數台 Bio-Kil 落地式及吸頂式空氣清淨機於指定擺放位置。採樣期間為 2016 年 8 月至 2017 年 4 月。至少每個月使用空氣衝擊採樣器 (QuickTake 30 No. 228-9530, SKC, USA) 採樣出風口與室內空氣中細菌含量，以 TSA 培養皿採集樣本，並於 30°C 培養 48 小時後觀察總菌落數。

四、水質改善裝置建置、水質檢驗與退伍軍人菌檢測方法

為探討 Bio-Kil 淨化水質之成效，我們將奈米觸媒塗佈至水管線末端及設備的管壁上，並於醫院水源上游端建置 Bio-Kil 抑菌淨水器，接著於五個加護病房共計 28 個出水口，採取放流前後來比較。放流前的詳細採樣步驟，係先將無菌棉棒深入水龍頭鵝頸部位，以螺旋方式沿著管壁旋轉而出，再放置於 5 ml 無

菌生理食鹽水中，以取得其出水口末端環境表面之樣本。至於放流後的樣本則為水樣，乃是在放流 2 分鐘後，以無菌水袋採樣 300 ml 以上。樣本帶回實驗室除計算其中之總菌數外，接著經濃縮及酸處理後，塗抹於活性碳酵母萃取物選擇性培養基 (buffered charcoal yeast extract agar with selective supplements, BCYE with selective supplements)，在二氧化碳培養箱，以 $36 \pm 1^\circ\text{C}$ ，培養 5 ± 2 天，若觀察到疑似退伍軍人菌 (*Legionella* spp.) 的菌落，則需進行半胱氨酸需求試驗 (l-cysteine requirement test)、革蘭氏染色 (gram stain)，再經乳膠凝集試驗 (latex agglutination test) 確認。凡生長於含半胱氨酸之活性碳酵母萃取物培養基 (BCYE)，革蘭氏染色下為無莢膜、不產孢子、短胖型或長絲型，再經乳膠凝集試驗呈陽性反應的革蘭氏陰性桿菌，即判定為退伍軍人菌。只要放流前與放流後任一樣本檢驗顯示為退伍軍人菌陽性結果，即將該出水口定義為不合格 (本研究之計算方式較我國現行標準更為嚴苛)。

五、實驗室抑菌效果評估

前面幾點之研究，除水質檢測有針對退伍軍人菌，其餘皆僅有進行總菌落數的分析，無法得知減少的菌落中，究竟致病菌佔了多少，因此，為探討奈米防疫系統針對致病菌的殺菌與抑菌功效，本研究尚建構一封閉

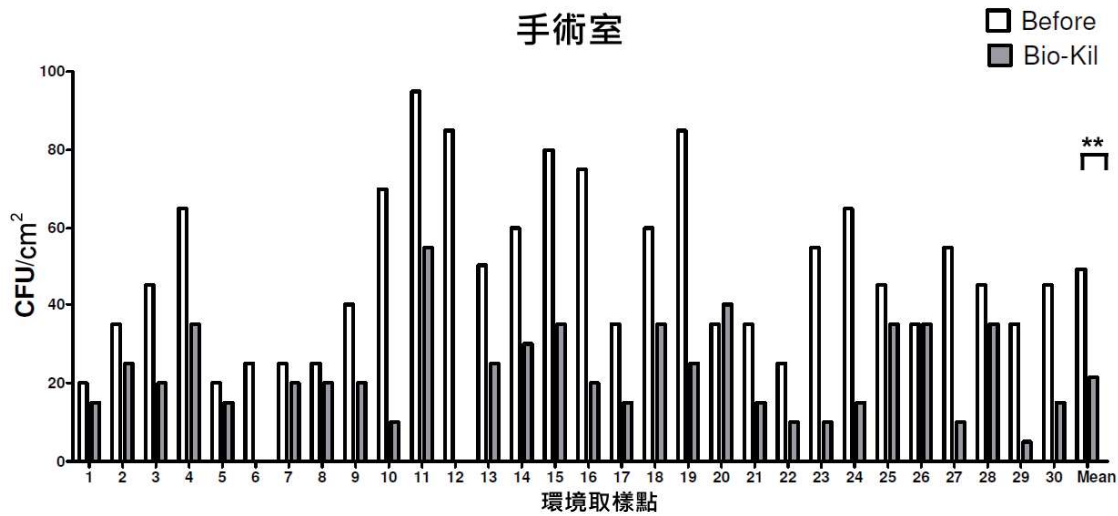
式的微環境系統進行測試：首先，除測試奈米防疫系統 Bio-Kil 外，本實驗以漂白水 (已知會殺菌抑菌) 做為正向控制組 (positive control)，並以磷酸鹽緩衝溶液 (已知不會殺菌抑菌) 做為負向控制組 (negative control)，接著將三種溶液分次霧化，以管路導入一密閉封箱，內部置有塗滿細菌的培養皿，本實驗分別各選了革蘭氏陽性的金黃色葡萄球菌及革蘭氏陰性的大腸桿菌進行評估。待奈米防疫系統消毒完畢，會將培養皿再放入培養箱中 48 小時再取出觀察菌種之生長情形。

結 果

一、奈米防疫系統於手術室之適用性評估

隨機於手術室中選定 30 個取樣點，做使用奈米防疫系統前後之環境表面採樣法細菌數量評估後發現，雖各個採樣點的菌落數差異極大 (圖一)，然而在使用奈米防疫系統殺菌後，各取樣點之菌落數皆有顯著下降之趨勢 (使用前之平均總菌落數為 49 CFU/cm^2 ，使用後之平均總菌落數為 21.5 CFU/cm^2 ，兩者 $p < 0.001$ ，具統計學上之顯著差異)，甚至如取樣點 6 與 12 者，可以達到近乎完全殺菌與抑菌的效果。

二、醫院呼吸照護中心空氣暨空調出風口菌落數之變化



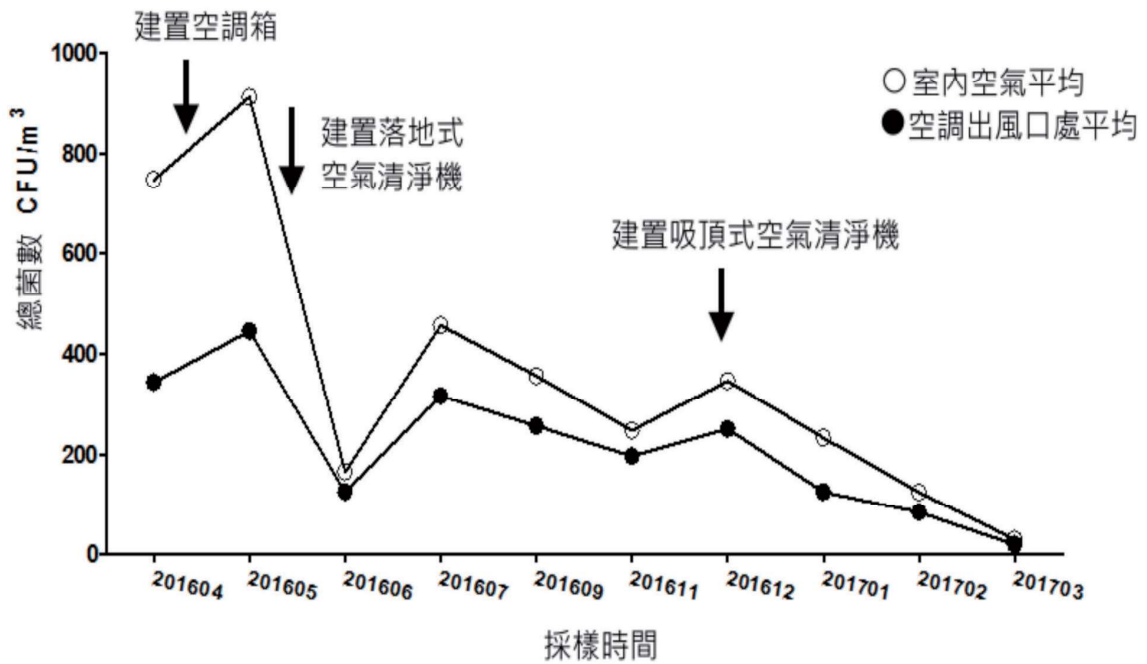
圖一 手術室中不同取樣點於使用 Bio-Kil 前後之細菌數量比較

分別針對呼吸照護中心空調出風口與室內空氣進行採樣，並做為期一年的觀察。從圖二中可知，起先呼吸照護中心的室內空氣平均總菌落數 700 CFU/m³ 以上；隔月導入奈米防疫系統到空調箱及其風管等原始環境後，其總菌落數有上升趨勢，但於 2016 年 5 月開始啟動含有 Bio-Kil 濾材之裝置後，總菌落數開始明顯下降；為尋求總菌落數之穩定，設置 Bio-Kil 落地式空氣清淨機數台，並維持 24 小時的運作。2016 年 6 月顯示，不論是室內空氣、抑或空調出風口的平均總菌落數，皆得以控制在 500 CFU/m³ 以下，有顯著下降。雖然隔月數據又回彈，但可以看出接連幾個月的數據皆有下降之趨勢，表示奈米防疫系統的導入有明顯效果。為測試是否能夠改善的更好，於 2016

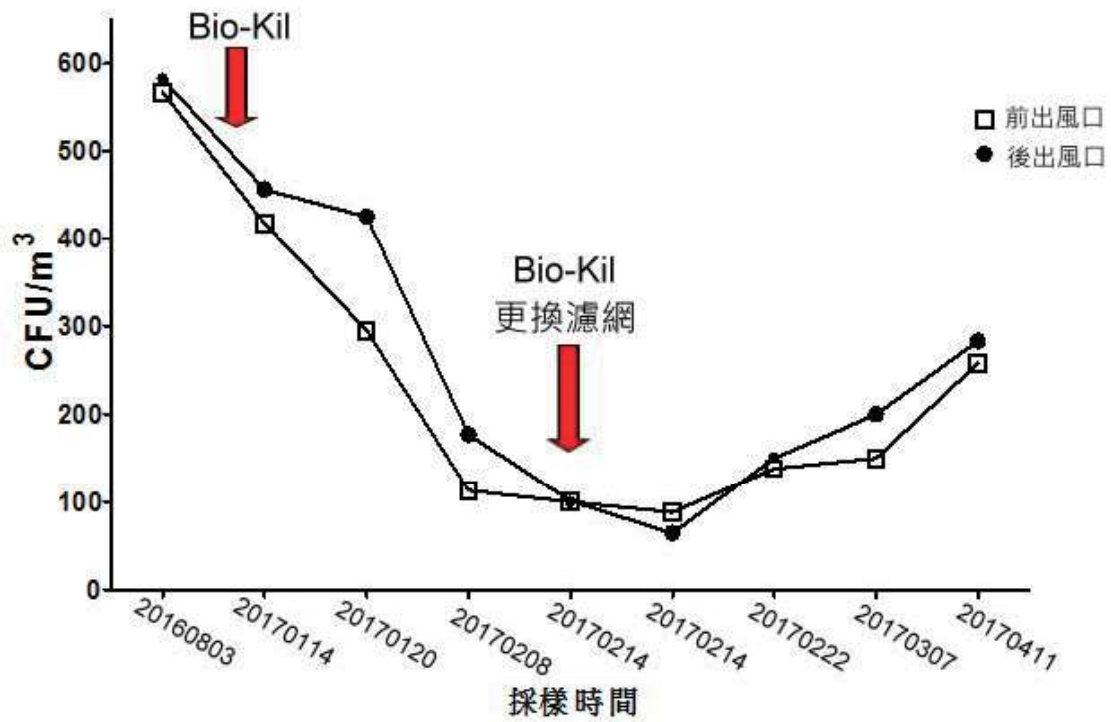
年 12 月再設置 Bio-Kil 吸頂式空氣清淨機，達到「雙管齊下」之效果，使最終總菌落數可低於 50 CFU/m³。

三、醫院候診室導入奈米防疫系統後總菌數之變化

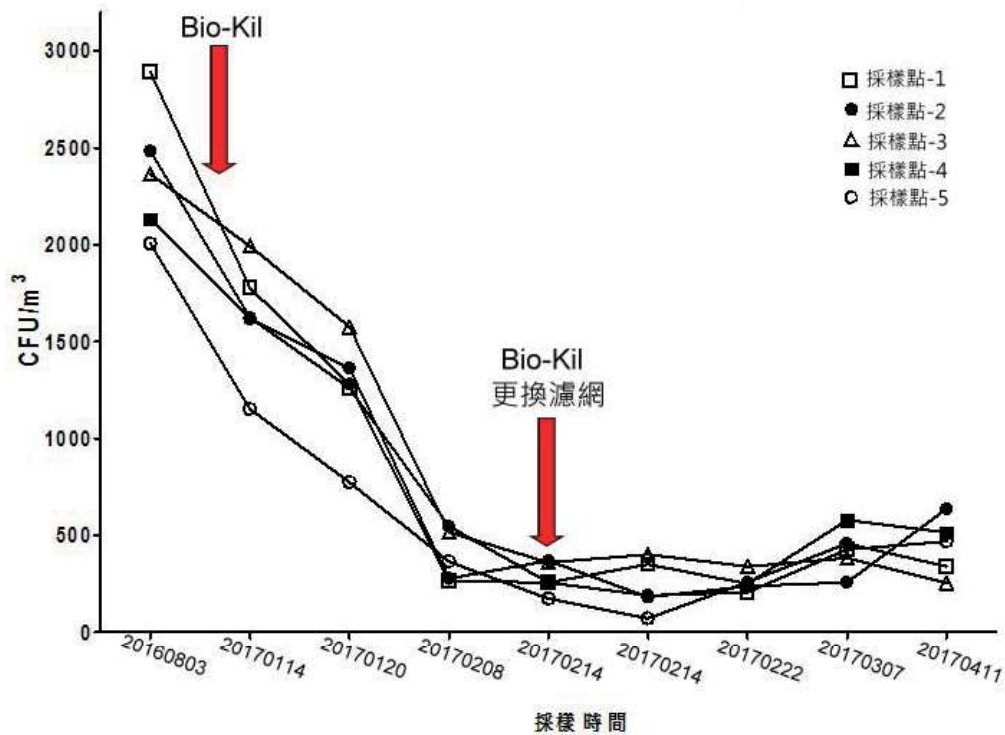
以下則分別是針對候診室之「冷氣出風口」與「室內空氣」進行為期八個月的微生物採樣監測，先看到折線圖之變化，由圖三及圖四可知菌落數變化趨勢大致相符，但「室內空氣」之總菌落數皆高於「空調出風口」，與圖二之呼吸照護中心的情形一致。不論是從圖三還是圖四都可以發現，導入奈米防疫系統到空調箱及其風管等環境並設置 Bio-Kil 落地式空氣清淨機數台後，可使菌量快速下降。而再次的濾網汰換後，更呈推波助瀾之勢，讓菌量更少，如圖三與圖



圖二 呼吸照護中心之室內空氣與空調出風口的各月份平均總菌落數變化情形



圖三 候診室之空調出風口的各月份平均總菌落數變化情形



圖四 婦產科與神經內科候診室之室內空氣的各月份平均總菌落數變化情形

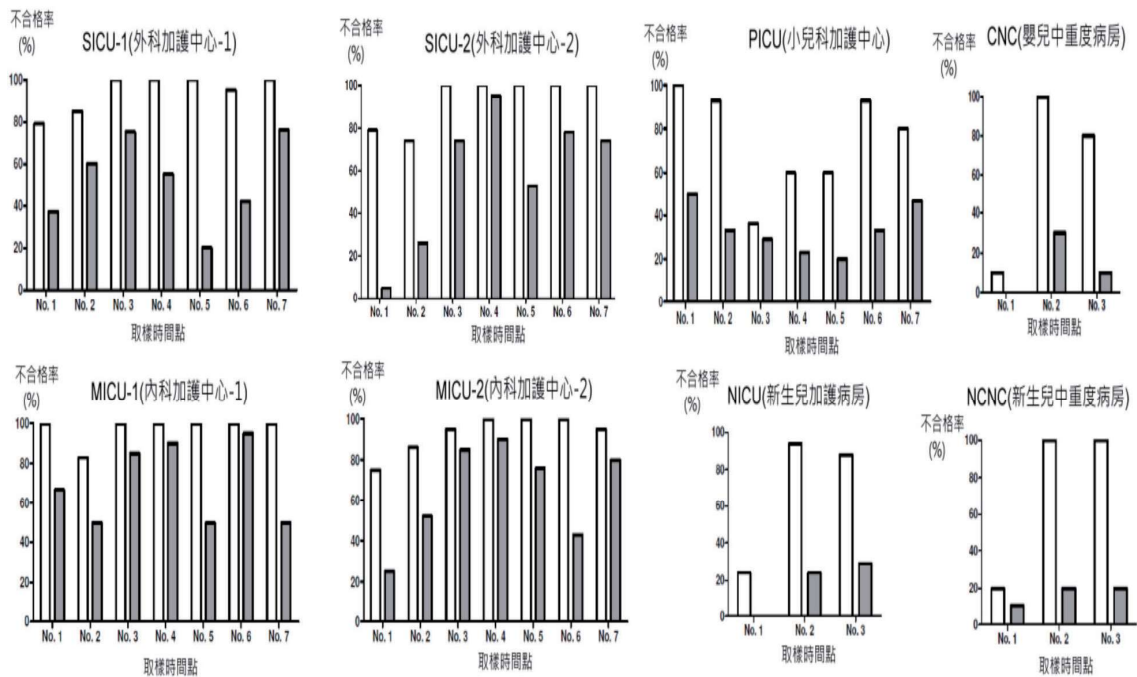
四所示，從 2017 年 2 月 14 日起，兩組樣本的平均總菌量皆遠低於環保署建議之 1,500 CFU/m³。然而，在濾網更換後一個月，菌落數又開始有上升的趨勢，尤其在「室內空氣」組，3 月 7 日時已有幾組超過的 1,500 CFU/m³ 標準，代表該濾網的滅菌抑菌功效已達極限，需進行更換，方能確保候診室常保於低菌量的狀態。

四、醫院院內出水口微生物總菌數與退伍軍人菌之變化

本研究除了探討奈米防疫系統應用於空氣的功效外，亦評估將之用於水質淨化，因此在奈米防疫系統已導

入水系統的狀態下，取得放流前後的樣本，並探討各處總菌數之變化。放流前總菌落數之判定標準為大於 2.1 CFU/ml 為不合格，放流後總菌落數之判定標準為大於 100 CFU/ml 為不合格。為了使結果更易判讀，圖五與圖六皆以不合格率為縱座標，而不呈現總菌落數。

圖五是評估中部某醫學中心中，各加護中心水質總菌落數不合格率。因 CNC (嬰兒中重度病房)、NICU (新生兒加護病房)、NCNC (新生兒中重度病房) 為研究後期加入，因此僅採樣三個時間點。其餘五處加護中心皆採樣了 7 個時間點進行採樣與分



圖五 中部某醫學中心各科加護中心出水口採樣之比較

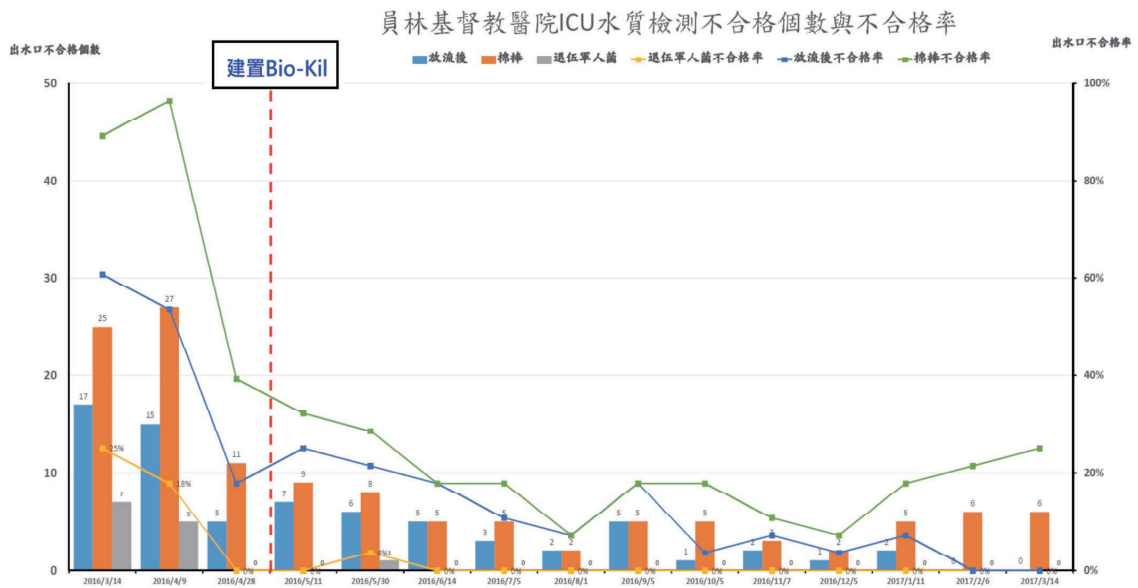
析，每張圖中白色與灰色的長條，則代表放流前（棉棒採集）與放流後（水樣）兩種方式所得之結果。從圖五中可以獲得兩樣訊息：其一，放流前的不合格率皆高於放流後者。推測因水系統中，出水口是直接接觸外部空氣的出入口，又因為水龍頭鵝頸在使用後會有水殘存於管路中，供應細菌孳生之各種條件。待水閥開啟，則順勢從管壁上被沖刷進入流水中，汙染水源。其二，加護病房以外科與內科加護中心的不合格率較為嚴重，相較之下，兒科、新生兒加護中心則較輕微。

圖六以不合格個數（長條圖，左方縱座標）與不合格率（折線圖，右

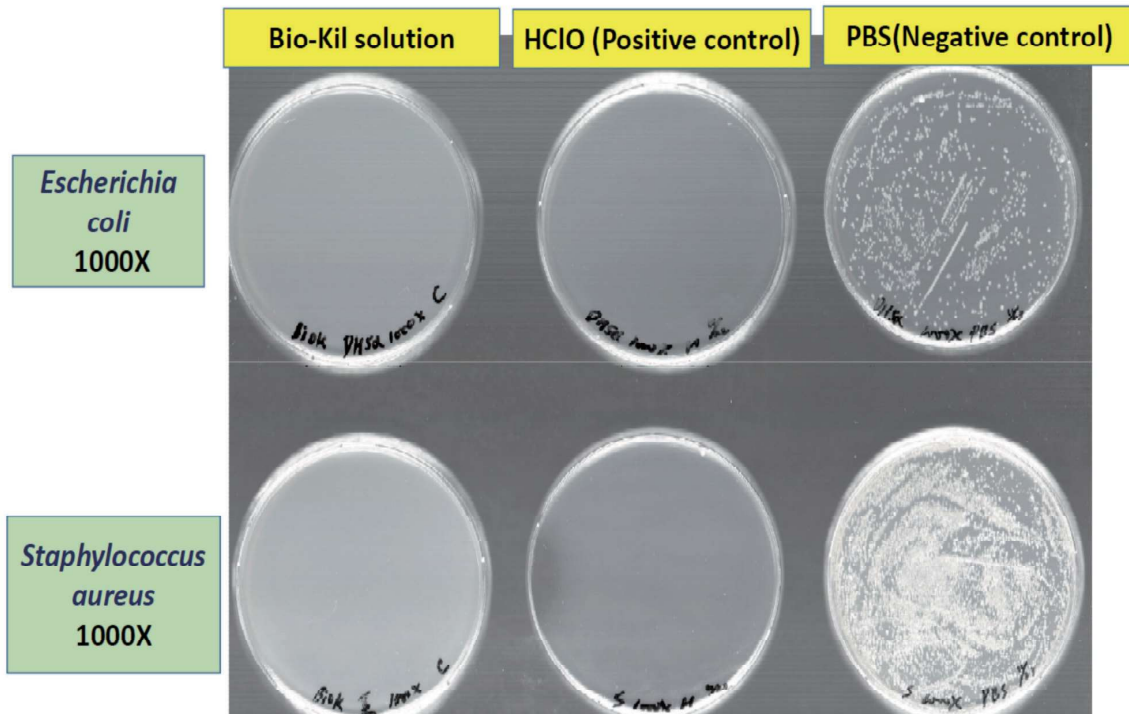
方縱坐標）加以呈現，從中可知，自2016年4月中旬建置奈米防疫系統後，不論是三條折線圖還是三種顏色之長條圖都明顯下降，自2017年2月6日起，放流後與退伍軍人菌這兩項指標，都不再有不合格之情形，代表奈米防疫系統對於致命的退伍軍人菌，能達到妥善之控制。

五、實驗室抑菌效果評估

如圖七所示，可以看到在負向對照組（磷酸鹽緩衝溶液）中，不論是大腸桿菌還是金黃色葡萄球菌，確認該培養皿之菌落數均多到不可計數；但測試組別奈米防疫系統與正向控制組（漂白水）的結果則是完全一致，培養



圖六 中部某地區醫院加護病房水質檢測不合格個數與不及格率



圖七 Bio-Kil 對金黃葡萄球菌與大腸桿菌的抑制殺菌效果

皿上並未發現菌落。此結果顯示，奈米防疫系統的抑菌能力與此實驗使用之漂白水效果相似。

討 論

反觀本研究之成果，手術室中引入 Bio-Kil 可以有效降低菌落數，便有機會降低感染風險，因此，雖說消毒的過程中要將精密儀器與鏡頭謹慎覆蓋頗為大費周章，但在手術室內應用 Bio-Kil，搭配既有的標準清潔品管與監測，包含環境微生物負荷殘留監測法 (residual bioburden)、環境標示監測法 (environmental marking) 加以把關[9]，仍不失為一項感控的有效選擇。

空調系統對於醫院而言，可謂氣媒式病原菌的溫床[10]。Bio-Kil 防疫系統使現行之空調系統具備殺菌功能。根據本研究顯示，僅裝置落地式空氣清淨機即可有顯著的殺菌抑菌功效，可使總菌落數銳減至原來的一半，然而，若再加裝吸頂式的空氣清淨機，可以使菌量降至 50 CFU/m^3 以下，是故，同時裝置並運轉落地式與吸頂式的空氣清淨機，對於呼吸照護中心中，無疑是降低呼吸器相關肺炎 (ventilator associated pneumonia) 的可行方法。

本研究數據顯示，在初期建置此套防疫系統於各地時，採集菌落後已經開始進行，因此建置時所導致的揚塵，可能是造成第一次總菌落上升的

因素，但是在開啟落地式空氣清淨機即有顯著的殺菌抑菌功效，可使總菌落數銳減至原來的一半之後。導入後落地式空氣清淨機的菌落增加，也因此才又建置吸頂式空氣清淨機來進一步測試防疫效能。導入奈米防疫系統 (Bio-Kil) 後可使環境中的空氣菌量迅速降低四倍，但現實環境中之限制，若要長治久安，則必須定期更換 Bio-Kil 濾材及監控總菌落數，如此方能將總菌量壓制於 500 CFU/m^3 以下。雖環保署建議室內空氣中總菌數數值為 $1,500 \text{ CFU/m}^3$ 以下，但參考他國標準得知[8]，不同室內環境的標準可以 500 CFU/m^3 做為高標準，而過去台灣也曾經採用相同的分級標準。因此，針對醫院中具特殊管制的環境，若於設計能承載該環境菌落數負荷的空調系統時，亦導入奈米防疫系統 Bio-Kil 的設計，可成為未來發展與改良之方向。

至於水質監測方面，本研究有以下發現及其相對應之建議，其一，所有數據皆顯示，放流前之高菌量的出水口數大於放流後之高菌量出水口數，表示出水口管徑內之細菌量會被累積，且有較大機會形成生物膜。放流後菌量相對性低，是由於放流過程中，若細菌只累積於較平坦之環境表面上，容易被洗手台剛啟動之強力水柱沖刷掉；另一個可能性為，洗手台使用率不高，細菌累積之下形成黏稠度較高的生物膜，藏匿於凹凸不平的環境表面中，無法因為沖刷而

完全去除細菌。圖五顯示放流前的不合格率皆高於放流後者。推測因水系統中，出水口是直接接觸外部空氣的出入口，又因為水龍頭鵝頸在使用後會有水殘存於管路中，供應細菌孳生之各種條件。待水閥開啟，則順勢從管壁上被沖刷進入水中，汙染水源。其二，加護病房以外科與內科加護中心的不合格率較為嚴重，相較之下，兒科、新生兒加護中心則好些，針對內科與外科加護中心的出水口不合格率，高於兒科與新生兒科者，可能是因為內科與外科加護中心收治之病人多為成人，探訪之家屬與進出之人員，也較小兒科複雜許多，使內科加護中心之菌量與菌種歧異度，較兒科來得高，造成水汙染較嚴重之情形；其三，在中部某地區醫院加護中心的結果顯示，Bio-Kil 能有效殺死與抑制細菌滋生，尤其是水汙染最令人聞之色變的退伍軍人菌，更是能達到趨近於零的結果，使放流後的自來水，不再是安全上的隱憂，如此之控制，亦能達到減少暴露於退伍軍人症而導致 HAI 的風險。針對 Bio-Kil 四級銨成分是否會釋入水中導致毒性的疑慮，已有研究指出其中位數致死劑量為 12.27 ± 0.116 g/kg [12]，而本研究僅將之塗抹於水管末端及 Bio-Kil 淨水器的管壁上，相較於整個醫院供水系統之管道長度，與每日龐大之用水量，要使人體吸收到有害劑量的機會可說是微乎其微，當然，若能搭配定期採樣檢測水中四級銨濃度，可以讓

醫院人員更加安心地享受 Bio-Kil 殺菌抑菌的可觀福祉。

最後，本研究還在實驗室中，透過建置微環境行霧化實驗的方式，模擬奈米防疫系統 (Bio-Kil) 實際運作於抑菌與殺菌的過程，透過六個培養皿的呈現，得以令觀者眼見為憑，清楚觀察到奈米防疫系統 (Bio-Kil) 的抑菌與殺菌的能力，可讓金黃色葡萄球菌與大腸桿菌即便經過 48 小時的培養下，依舊是無從孳生，顯現出在實務面上，奈米防疫系統 (Bio-Kil) 確實具有對致病菌一定的抑菌與殺菌效果。

致 謝

本研究承蒙彰化基督教醫院總院及員林基督教醫院各參與單位 (工務部、感染科、感管部及護理部等)，以及凱記科技股份有限公司提供奈米防疫系統 Bio-Kil 技術之使用建議，使得研究得以順利進行完成，謹此感謝。本研究部分經費來自凱記科技股份有限公司與馬偕醫學院產學研究計畫 (No. 1061D02) 及馬偕醫學院校外研究計畫獎助款 (No. 1061B26)。

參考文獻

1. Pittet, D., J.M. Boyce, and B. Allegranzi, Hand hygiene: a handbook for medical professionals. 2017: Wiley Online Library.
2. 顧祐瑞：圖解衛生行政與法規。2016。台北市：五南出版社。

3. 吳惠馨，陳傅玲：影響手術室空氣中微生物之因素與控制。感控雜誌 2016;26:195-202。
4. Carter EB, et al: Evidence-Based Bundles and Cesarean Delivery Surgical Site Infections: A Systematic Review and Meta-analysis. *Obstet Gynecol* 2017;130:735-46.
5. 黃淑如，吳，陳郁慧，劉有增，莊銀清，薛博仁，盧敏吉：預防手術部位感染：應用組合式照護措施的本土挑戰與執行策略。感控雜誌 2018;28:17-26。
6. Li, L., Y. Fu, and H. Liu, Development of effective and safe compound disinfectant for space cabins. *Acta Astronautica* 2019;159:480-5.
7. Lee WS, Hsieh TC, Shiau JC, et al: Bio-Kil, a nano-based disinfectant, reduces environmental bacterial burden and multidrug-resistant organisms in intensive care units. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection* 2017;50:737-46.
8. Chang CY, Tseng L, Yang LS: Microbial air contamination in an intensive care unit. *International Journal of Public Health Science* 2015;4:145-51.
9. 行政院衛生福利部疾病管制署 (2015, 11 月 2 日)。醫療機構環境清潔感染管制措施指引。台灣衛生網路。摘自 https://www.cdc.gov.tw/File/Get/We55y3OvHbRITKF4_8aewQ
10. Ghosh, B., H. Lal, and A. Srivastava, Review of bioaerosols in indoor environment with special reference to sampling, analysis and control mechanisms. *Environment international* 2015;85:254-72.
11. Mathai, A.S., A. Phillips, and R. Isaac, Ventilator-associated pneumonia: A persistent healthcare problem in Indian Intensive Care Units! *Lung India: official organ of Indian Chest Society* 2016;33:512.
12. Ren, X. and J. Liang, Smart anti-microbial composite coatings for textiles and plastics, in *Smart Composite Coatings and Membranes* 2016:235-59.

Evaluation of the antibacterial and antiepidemic of Bio-Kil nanotechnology at a medical center in central Taiwan

Ching-Hsiang Yu¹, Cheng-Ying Shen¹, Yu-Lin Lee², Chien-Wen Lai³, Kwo-Wei Lee⁴,
Chih-Jen Hsu⁵, Huei-Wen Lai⁶, Hui-Lan Chang⁶, Fang-Yu Huang⁵, En-Chih Liao¹

¹Department of Medicine, Mackay Medical College, New Taipei City, Taiwan, ROC

²Division of Infectious Diseases,

³Superintendent's Office,

⁴Superintendent's Office, Yulin Christian Hospital, Taiwan, ROC,

⁵Department of Engineering,

⁶Center For Infection Prevention And Control, Changhua Christian Hospital, Taiwan, ROC

Healthcare-associated infections (HAIs) are a huge burden on individual hospitals and the healthcare system of a country. The cleanliness of the hospital environment determines healthcare professionals and patients' risk of exposure to microorganisms. The nano-epidemic prevention system (Bio-Kil) is an antimicrobial agent comprising inorganic metal components and organic quaternary ammonium compounds (QACs) that can effectively attract and kill pathogens. We cooperated with a medical center located in Central Taiwan for addressing and evaluating the application of the Bio-Kil system for the sterilization of an operating room and improvement in air and water quality. The number of bacteria significantly decreased from 49 CFU/cm² to 21.5 CFU/cm² in the operating room after atomized treatment, and this was better than the number resulting from UV light treatment. By constructing ceiling and floor-standing air purifiers in the respiratory care center, the number of bacteria in the air decreased from 500 CFU/m³ to 50 CFU/m³. Both the rate of substandard samples and the number of *Legionella* species in water decreased. These results showed that the Bio-Kil system can effectively inhibit the growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. In summary, setting up the Bio-Kil system in the hospital can help significantly reduce the number of bacteria in the air, water, and operating room. This can help protect medical professionals

and prevent HAIs from exposure, decrease the generation of antimicrobial resistance, and, finally, significantly reduce the burden on the national healthcare system.

Key words: Nano-epidemic prevention system (Bio-Kil), Healthcare-associated infections (HAIs), *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, antimicrobial