南部某醫學中心環境退伍軍人菌消毒作業執行與成效

王梨容[1] 陳柏齡[1,2] 李南瑤[1,2] 劉清泉[1,3] 柯文謙[1,2] 李明吉[1,2]

國立成功大學醫學院附設醫院 [1]感染管制中心 [2]內科部感染科 [3]小兒感染科

醫療機構環境水系統中退伍軍人菌 (*Legionella* species) 的移生具有造成易感病人發生嚴重肺炎的風險，而採取適當的環境消毒方法可避免醫療照護相關感染的產生。本研究目標是為確認兼顧成本與減少退伍軍人病醫療照護相關感染的有效清毒辦法。以環境水系統退伍軍人菌的定期檢測，作為驗證「熱水流放消毒」與「銅銀離子消毒」效果與風險評估的依據，後續以高、低樓層間歇性消毒及以環境水檢測陽性率結果機動調整消毒輪序。以尿液抗原檢測及痰液培養檢測進行退伍軍人病臨床個案評估。消毒成效顯示，銅銀離子法消毒效果良好 (2011年消毒前後期間平均陽性率分別為 20.0% 與 0%，p = 0.002) ，持續性銅銀離子消毒優於間歇性 (各作業期間平均陽性率分別為 30.5% 與 51.2%，p = 0.016)。自執行銅銀離子消毒法後即無退伍軍人病醫療照護相關感染個案出現。銅銀消毒停機對陽性率並無影響 (有無停機陽性率分別為 5.9%、5%，p = 0.83)。整體結果顯示，應用間歇性銅銀離子消毒，並依檢測結果評估消毒成效，機動性的進行修正、改善，是可同時兼顧成本、消毒成效及醫療照護感染個案控管之方法。（**感控雜誌 2022:32:65-75**）

關鍵詞： 銅銀離子消毒、退伍軍人桿菌、醫療照護相關感染

前　言

退伍軍人菌 (*Legionella pneumophila*) 是造成退伍軍人菌病 (Legionellosis) 的病原體。退伍軍人菌病包含了退伍軍人病 (Legionnaires' disease) 與龐蒂亞克熱 (Pontiac fever) 兩種疾病形式，其中

民國 110 年 12 月 28 日受理
民國 111 年 1 月 14 日修正
民國 111 年 2 月 22 日接受刊載

通訊作者：李明吉
通訊地址：704台南市勝利路138號
連絡電話：06-2353535#3596

DOI: 10.6526/ICJ.202204_32(2).0001

中華民國 111 年 4 月第三十二卷二期

退伍軍人病的平均死亡率為 10%；在醫療機構的死亡率可能高達 25% [1]。退伍軍人病傳播途徑為因吸入(或嗆入) 受汙染的水所產生之氣霧或飛沫微粒[2]，但臨床病徵表現不具專一性[3]，甚至醫療照護相關感染 (health-care associated infection, HAI) 退伍軍人病臨床表現可能比社區感染更不明顯[4]，故不易早期診斷。

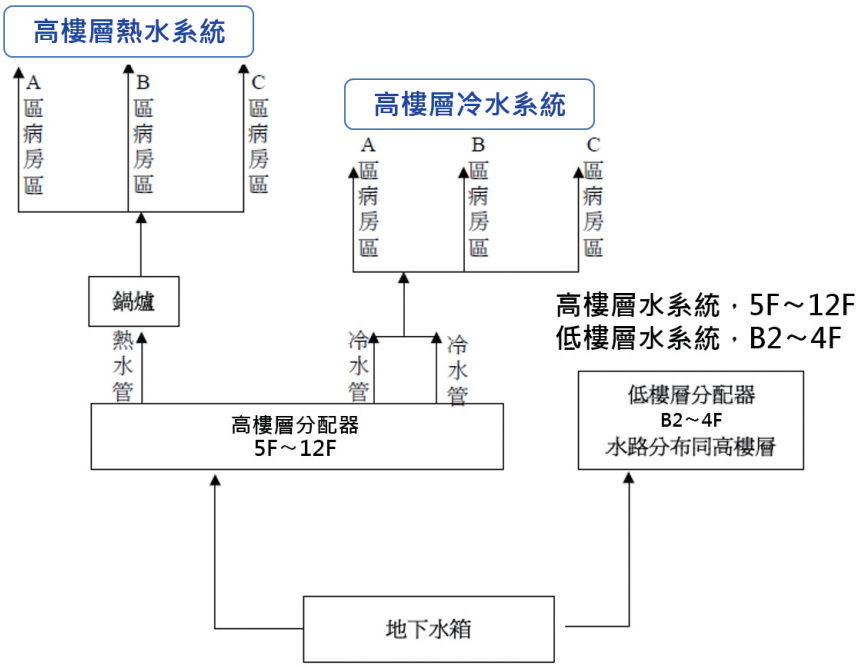
退伍軍人菌在環境水系統中可與微生物、阿米巴共生，並形成生物膜而增殖[5]；目前已知有超過 60 種以上菌種，超過 70 種以上血清型。退伍軍人病有 90% 以上是由嗜肺性退伍軍人菌 (*L. pneumophila*) 所致，*L. pneumophila* 至少有 15 種血清型，其中以血清型第 1 型最常見，約佔 80%，它也是從環境檢體中最常培養出的血清型[1]。供水系統被認為是退伍軍人菌的主要來源，研究顯示供水管道系統比與冷卻水塔更具有相關性[1]。義大利一份多家醫院長達 9 年的監測報告指出 79% 醫院環境水檢體可培養出退伍軍人菌[4]，顯示出醫院環境水消毒的重要性。而美國賓州費城 Allegheny County 健康部建議，當醫院環境調查結果顯示供水系統末端退伍軍人菌培養陽性率達 30% 以上，表示環境污染情形嚴重、可能會造成住院易感病患的感染，必須採取適當的環境水系統消毒方法，以避免醫院內感染群突發的產生[6]。

環境水系統的消毒方法有許多種，如氯 (chlorine) 消毒法或二氧化氯 (chlorine dioxide) 消毒法、臭氧 (ozone) 消毒法、將細菌的酶促系統 (enzymatic system) 氧化的過氧化氫 (hydrogen peroxide) 消毒法、紫外線消毒法、出水口加裝過濾膜的使用點過濾法 (point-of-use filtration)、利用 55~60℃以上之水溫於管路終端出口持續流放 30 分鐘來達到菌株移除及消毒之加熱—沖洗法 (heat-flush method)。另外，也有利用銅離子破壞細胞壁的通透力，再以銀離子干擾蛋白質與酵素的合成，達到使細菌去活化的銅銀離子消毒法[5,7-10]。

由於醫院水系統中的退伍軍人菌所帶來的潛在威脅，本院自 2005 年起開始進行環境水系統退伍軍人菌檢測，並先後運用了「熱水流放消毒」與「銅銀離子消毒」，配合檢測結果機動性調整作業流程，最終目的為改善環境水系統退伍軍人菌檢測陽性率，及避免醫療照護相關感染 (healthcare association infection, HAI) 的發生。由於國內相關經驗仍屬有限[11]，本文藉由長期針對退伍軍人菌在臨床與環境處理經驗的分享，提供國內相關機構參考。

材料與方法

本院為南台灣 1,342 床之醫學中心，供水系統分為高樓層 (供應五樓到十二樓) 與低樓層 (供應地下一樓到四樓)，高、低樓層又各自區分熱水系統與冷水系統 (圖一)。本研究消



圖一　供水系統簡圖

毒作業以高、低樓層的熱水系統為主。

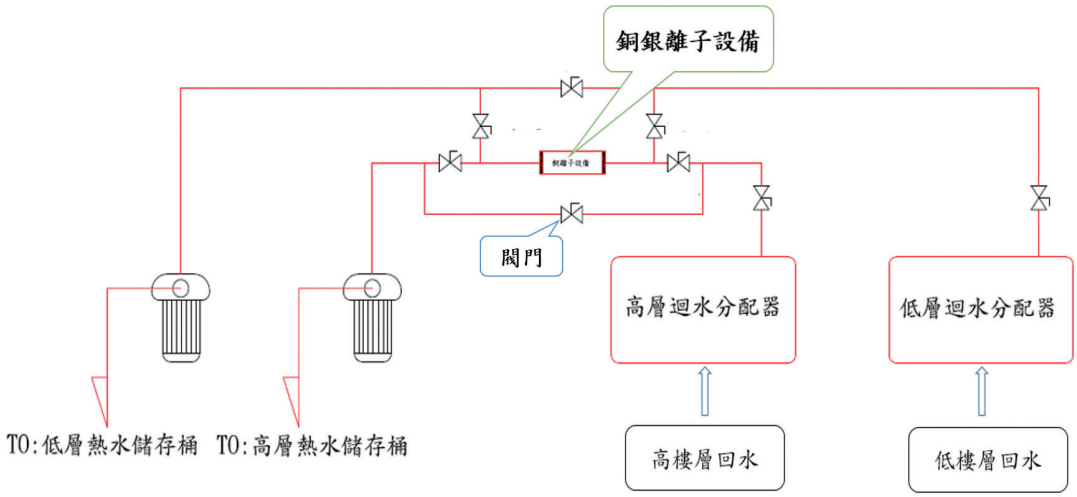
銅銀離子消毒的建置

於 2011 年 2 月進行供水系統改裝規劃，將銅銀離子 (LIQUITECH®) 機組建置於「高樓層熱水迴水分配器」與「熱水儲水槽」之間執行循環消毒；設定的銅離子為 0.2~0.4 mg/L、銀離子濃度為 0.02~0.04 mg/L。讓病房的回水進入「高樓層熱水迴水分配器」，經銅銀離子消毒處理，再流出進入「熱水儲水槽」輸送到各病房。建置網路系統提供廠商遠端監控銅銀離子濃度的穩定性。低樓層管路系統將非醫療用水區隔出，並於醫療用水處加裝「分水管路系統及轉換閥門」。利用轉換閥門讓進入「銅銀離子消毒器」的回水可在「低樓層熱水迴水分配器」與「高樓層熱水迴水分配器」之間進行轉換 (圖二)，來達到高樓層與低樓層間歇性消毒的目的。

機組維護保養則以兩套電解槽於每一開機月交換使用，進行保養與電解槽電擊棒清潔除垢；以手提式監測儀 (LaMotte®) 檢測遠端水中銅離子濃度。

消毒方法的執行與轉換時程

消毒方法規畫與轉換時程，詳



圖二　銅銀離子機組建置說明

述如下 (表一)：(1)：2007 年 01 月至 2011 年 04 月：改善全院 66.7% 環境水檢體陽性率，以熱水流放消毒法處理。熱水槽溫度設定為 65~70℃，每次流放 30 分鐘。流放期間以紅外線偵測儀確認出水口水溫達 60~65℃；配合機動支援人員，即時處理流放時之異常狀況。2007 年每 3 個月一次，2008 年每 4 個月一次，2009 年每 6 個月一次；(2)：2011 年 05 月至 2012 年 07 月：因採熱水流放消毒法時，細菌有回復移生情形，顯示消毒成效不穩定，故執行高樓層持續性銅銀離子消毒法。同時熱水槽溫度調降至 55℃，並基於感染途徑與淋浴行為風險的考量，將病房浴室的蓮蓬頭固定架高度調降至 150 公分，以避免直接從高處沖淋面部，而吸入退伍軍人菌[12]；(3)：2012 年 08 月至 2014 年 06 月：依文獻建議研擬節

表一　消毒方法執行與轉換時程表

作業 (起) 期	作業 (迄) 期	時程 (月數)	消毒方法	執行方式
2007 年 1 月	2011 年 4 月	40	熱水流放	-
2011 年 5 月	2012 年 7 月	15	銅銀離子	高樓層 持續性
2012 年 8 月	2014 年 6 月	23	銅銀離子	高樓層/停機 間歇性
2014 年 6 月	2014 年 10 月	5	銅銀離子	高樓層 持續性
2014 年 11 月	2015 年 7 月	9	銅銀離子	高樓層/低樓層 間歇性
2015 年 8 月	2019 年 12 月	41	銅銀離子	高樓層/低樓層/停機 間歇性
2020 年 1 月	迄今		銅銀離子	高樓層/低樓層 間歇性

省成本方式[13]。執行高樓層消毒一個月、停機 2 個月的間歇性銅銀離子消毒法，於 2014 年 07 月至 2014 年 10 月為了改善陽性率短暫改為持續性消毒；(4)：2014 年 11 月至 2015 年 07 月：為改善低樓層系統環境水陽性率，執行高樓層與低樓層切換之間歇性消毒法；(5)：2015 年 08 月至 2019 年 12 月：調整為每季頻率「高樓層—低樓層—停機」之間歇性消毒，評估停機成效；(6)：2020 年 01 月起：執行每季頻率為「高樓層 2 個月—低樓層 1 個月」之間歇性消毒法，評估成效的穩定性。

以環境水退伍軍人菌檢測陽性率評估消毒成效

依疾管署針對醫院供水系統最低採檢數量建議規範[13,14]執行，如有發現陽性檢測點，則調整消毒頻次與時序來加強陽性點樓層消毒，並複驗至陰性。每半年採檢高、低樓層病房遠端出水口水檢體各 8 件 (高樓層為每樓層採檢 1 點，低樓層為每一加護單位及骨髓移植室各採 1 點)。採檢時先將浴室水龍頭出水口過濾器卸下，放流至少 10 秒，以含足量中和劑 (3% 硫代硫酸鈉) 之水瓶收集約 300 ml 水檢體，維持於 2~8℃低溫送檢。若退伍軍人菌培養結果 > 100 CFU/L 判定為陽性，並針對菌株進行鑑定與血清型分型。以尿液抗原檢測與痰液培養檢測來評估消毒成效。臨床陽性個案以「退伍軍人症疫調表」，依照個案出入院紀錄、潛在疾病風險、旅遊史、相關風險行為來評估 HAI 的可能性。成本以熱水流放消毒法使用時與停用後同期能量耗費，以及銅銀離子消毒法的年度耗費作分析。

統計方法

研究資料以卡方檢定 (Chi Square) 分析，p 值 < 0.05 視為具統計意義差別。

結　果

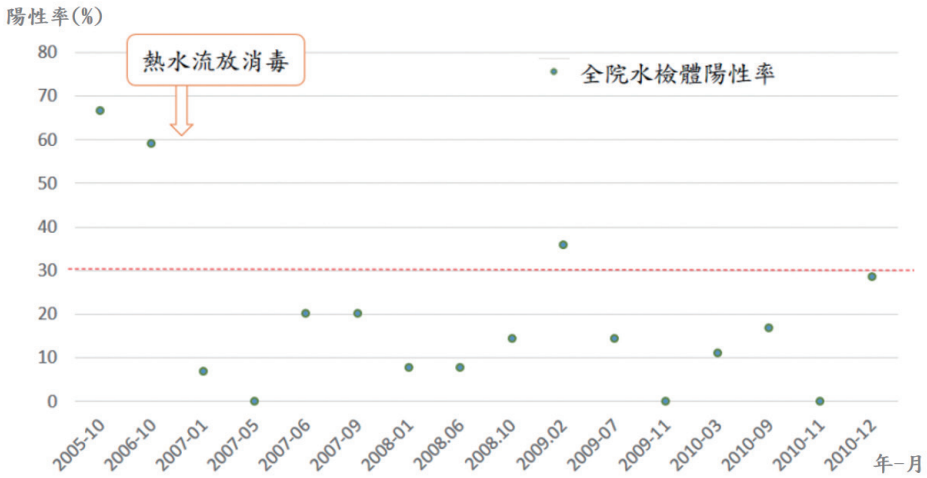
不同作業階段消毒法水檢體陽性率

1. 熱水流放消毒法：年平均由 2005 年 66.7% 降低為 2007 年 8.3%，以卡方判定 $p < 0.05$ 具統計意義 (圖三)。

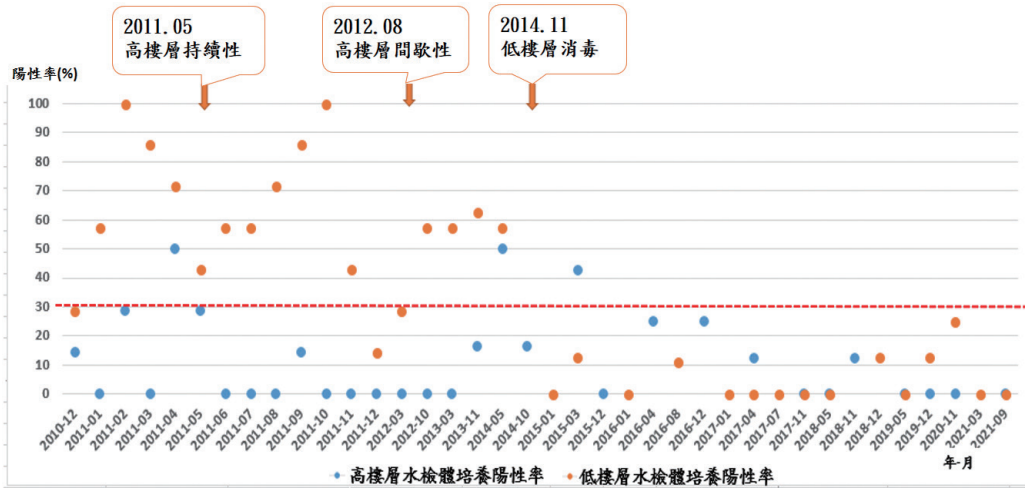
2. 2011 年 05 月至 2012 年 07 月高樓層持續性銅銀離子消毒，由消毒前 42.8% (4 月)下降為 0% (6 月)，於 2011 年消毒前後期間平均陽性率分別為 20.0%、0% ($p = 0.002$) (圖四)。

3. 2012 年 08 月至 2014 年 06 月採高樓層與停機輪換的間歇性消毒，比較持續性與間歇性期間平均陽性率分別為 30.5%、51.2% ($p = 0.016$)。

4. 2014 年 11 月低樓層消毒，消毒前後期間平均陽性率 2014 年為 57.1% 與 2015 年為 6.7% ($p = 0.009$)。



圖三　熱水流放消毒法期間水體檢測月份執行成效



圖四　銅銀離子消毒法作業說明與期間水體檢測月份執行成效

5. 2015 年 08 月至 2019 年 12 月採高、低樓層與停機輪換消毒，期間高、低樓層總平均陽性率 5.9%，低於無停機間歇性消毒 17.4% ($p = 0.049$)。

6. 2020 年 1 月起「2 個月高樓層-1 個月低樓層」消毒作業，至 2021 年 12 月平均陽性率 5%，接近「高樓層—低樓層—停機」陽性率 5.9% ($p = 0.83$)。

7. 消毒成效分析結果，銅銀離子消毒優於熱水流放消毒，持續性銅銀離子消毒優於間歇性；搭配停機的間歇性消毒對陽性率並無影響。每週持續性銅銀離子濃度監測結果顯示在高、低樓層開機月濃度調控在 0.3~0.4 ppm 之間；樓層切換後非消毒樓層銅離子殘存濃度在高、低樓層分別為 0.08~0.16 ppm 及 0.09~0.24 ppm。

臨床個案監測：從 2011 年 5 月起，每年持續依臨床檢測結果進行個案通報 (表二)，其中均無 HAI 個案。

成本評估：

熱水流放消毒法需提升並維持熱水槽溫度，耗費瓦斯費用平均約 252,000元/月；每次流放需額外增加 2,100 元。銅銀離子消毒法建置時，高、低樓層管路改裝費約 450,000 元；機組以 2 年合約方式租賃，每年總耗費項目包括：每月租賃費、開機月保養費、銅銀離子電解槽耗材費 (大約 7~8 個月/2 組)。整體消毒作業每年總耗費約 1,350,000 元。比較 2010 年與 2011 年同期 (6 月到 10 月)，熱水流放消毒與銅銀離子消毒期間的瓦斯耗用度，總計 5 個月瓦斯度數差異約 49,499 度，費用約 1,118,042 元。依此推估改為銅銀離子消毒每年可節省約 1,333,300元。

討　論

本研究發現，熱水流放消毒法雖可因應即時處理，與避免高濃度化學性氯液處理的風險與味道可能造成的不適，但執行時須考量調控供水系統溫度、水管材質的高溫耐受度、流放時及流放後的安全維護等。結果雖可達即時性改善的目標，但耗能、耗水、耗人力、管路死角無法完善消毒、熱水流放時有病人安全之疑慮，消毒成效也不穩定，有回復移生可能，因此並不適用於長期使用。本研究發現改用間歇性銅銀離子消毒法，消毒成效穩定、環境水檢測陽性率明顯降低改善且無上述缺點。

文獻研究在系統停機後 6~8 周，水中退伍軍人菌檢測仍為陰性[15]，體外實驗顯示銅、銀離子在 0.04 ppm 及 0.02~0.04 ppm 仍具殺菌的協同作用[16]，生物膜中銅離子濃

表二　2012 年至 2021 年退伍軍人病本院與台灣南區本土案例數分布

年		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
月		05~12										
本院	通報個案	0	2	2	2	2	5	6	4	4	4	2
	HAI 個案	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
全國南區通報數*		6	5	14	9	22	16	28	26	34	34	39

* 資料來源：衛福部疾病管制署網站-統計資料查詢

度高於水中濃度，具統計學意義，認為是殘存濃度能預防早期移生原因 [15]。本研究引用以執行間歇性消毒，結果呈現具有效性；惟監測結果發現低樓層在停機時銅離子殘存濃度與開機期間銅離子濃度均略高，原因可能是病房區與加護病房區用水量的差異所致。每週離子濃度的監測可在監測到過高或過低則及時調整，以避免因濃度不足影響消毒成效或濃度過高導致離子不必要的損耗。

文獻建議針對供水系統退伍菌人菌的環境管理層面，包括細菌生存調控、消毒方法、監測方法及風險評估[5,17]。本研究以間歇性消毒法完成高、低樓層供水系統的消毒；並以調整消毒輪序，配合更換陽性點水龍頭、加強流放沖刷處理，直到陽性點複測至陰性為止。在一套銅銀離子系統約可處理 300 噸水量下，估算相當於本院高樓層的用水量，顯示消毒量能足夠。以一台機組處理 2 個不同熱水系統，優點為節省額外耗能與費用、不影響水系統管路結構與使用期限、離子濃度符合國家環保署飲用水水質標準 (銅離子 < 1.3 mg/L；銀離子 < 0.1 mg/L)，無人員安全疑慮。持續性消毒法雖有較好的成效，但間歇性消毒可以達到整棟住院大樓供水系統處理的目標，且消毒成效穩定；在全國南區退伍軍人病通報率逐年上升的情況下 (表二)，本院作用迄今無退伍軍人病醫療照護相關感染個案之出現。

以「病人安全」為最高宗旨下，醫院應以積極態度，進行醫療照護機構退伍軍人病診斷與檢測、環境水系統退伍軍人菌陽性率評估，執行有效環境水系統消毒，可達到醫療照護相關感染退伍軍人病零發生率目標。不過需要醫院行政層面強力後盾，加上全院各單位配合，方能讓所有政策順利推動且長期執行。

總之，針對醫院水系統消毒，應用間歇性銅銀離子消毒法，依檢測結果評估消毒成效，機動性進行修正，是可同時兼顧成本與減少退伍軍人病醫療照護相關感染有效辦法。

參考文獻

1. Legionella 2019: A Position Statement and Guidance Document. Association of Water Technologies, 2019:1-31.
2. 衛生福利部疾病管制署：退伍軍人病防治工作手冊。1050125 改。
3. Cunha BA, Syed U: Legionella pneumophila community acquired pneumonia (CAP) presenting with myoclonus. J Infect 2010;61:505-7.
4. Lin YE, Stout JE, Yu VL: Prevention of hospital-acquired legionellosis. Curr Opin Infect Dis 2011;24:350-6.
5. Emanuele LS, Pasqualina Laganà, Maria AC, et al: Environmental management of Legionella in domestic water systems: consolidated and innovative approaches for disinfection methods and risk assessment. Microorganisms 2021;9:577.
6. Squier CL, Stout JE, Yu VL, et al: A proactive approach to prevention of health care–acquired Legionnaires' disease: The Allegheny County (Pittsburgh) experience. Am J Infect Control 2005;33:360-7.
7. 衛生福利部疾病管制署：退伍軍人菌控制作業建議指引。2007 年 8 月出版。

8. Lin YE, Vidic RD, Yu VL, et al: Legionella in water distribution system. J Am Water Works Assoc 1998;90:112-21.
9. Sheffer P, Stout J, Wagener M, et al: Efficacy of new point-of-use water filter for preventing exposure to Legionella and waterborne bacteria. Am J Infect Control 2005;33:S20-5.
10. Stout JE, Yu VL: Experience of the first 16 hospitals using copper-silver ionization for Legionella control: implications for the evaluation of other disinfection modalities. Infect Control Hosp Epidemiol 2003;24:563-8.
11. Chen YS, Lin YE, Chang CL, et al: Efficacy of point-of-entry copper-silver ionisation system in eradicating Legionella pneumophila in a tropical tertiary care hospital: implications for hospitals contaminated with Legionella in both hot and cold water. J Hosp Infect 2010;68:152-8.
12. 李明吉，柯文謙：退伍軍人症與淋浴。感控雜誌 2011;21:294-8.
13. 衛生福利部疾病管制署：退伍軍人病環境檢體採樣注意事項。2011 年 10 月訂定。
14. 衛生福利部疾病管制署：醫院退伍軍人菌環境檢測作業及其相關因應措施指引。2013/07/23 訂定。
15. Liu Z, Stout JE, Yu VL, et al: Intermittent Use of copper-silver ionization for Legionella control in water distribution systems: a potential option in buildings housing individuals at low risk of infection. Clin Infect Dis 1998;26:138-40.
16. Lin YE, Vidic RD, Yu VL: Individual and combined effects of copper and silver ions on inactivation of Legionella pneumophila. Water Research 1996;30:1905-13.
17. Muhammad AN, Kirstin ER, Harriet Whiley, et al: Water stagnation and flow obstruction reduces the quality of potable water and increases the risk of Legionelloses. Front Environ Sci 2020;8:1-13.

Implementation and Effect of Environmental Disinfection for *Legionella* species at A Medical Center in Southern Taiwan

Li-Rong Wang[1], Po-Lin Chen[1,2], Nan-Yao Lee[1,2], Ching-Chuan Liu[1,3], Wen-Chien Ko[1,2], Ming-Chi Lee[1,2]

National Cheng Kung University Hospital, College of Medicine, National Cheng Kung University
[1]Department of Infection Control Center, [2]Department of Internal Medicine,
[3]Department of Pediatrics, Tainan, Taiwan

Legionella species in the water environments of healthcare facilities carry a risk of severe pneumonia for susceptible patients. Appropriate environmental disinfection can prevent the occurrence of healthcare-associated legionellosis. The aim of the study was to confirm the effective disinfection method to reduce healthcare-associated legionellosis at a balanced cost. Regular monitoring for *Legionella* species in water was adopted in this study to further verify the effects of the heat-flush method and copper-silver ionization. After copper-silver ionization was utilized, the disinfection protocol was adjusted based on the results of *Legionella* positivity in water specimens and the effects of intermittent disinfection for high-floor and low-floor water systems. Urine antigen test and sputum culture test were used to detect clinical cases of Legionnaires' disease. The disinfection effect of copper-silver ionization was excellent, and the *Legionella* positivity rates of the water samples were 20% and 0% in 2001, before and after the method implementation, respectively ($p = 0.002$). In terms of copper-silver ionization, the average *Legionella* positivity rates during its continuous implementation was lower than that during its intermittent use, at 30.5% and 51.2%, respectively ($p = 0.016$). There was no healthcare-associated case of Legionnaires' disease after the implementation of copper-silver ionization. Moreover, the temporary shutdown of copper-silver ionization disinfection had no effect on the *Legionella* positivity

rate (5.9% vs. 5 %, p = 0.83). The overall results showed that the application of intermittent copper-silver ionization disinfection, with flexible disinfection protocols based on the results of examinations, is a useful method even after taking the cost, the effectiveness, and the control for healthcare-associated infection into consideration.

Key words: Copper-silver ionization disinfection, *Legionella*, healthcare-associated infection