

# 醫院環境清潔確效方法之介紹與運用

洪儀珍<sup>1</sup> 陳安琪<sup>1</sup> 丁菱<sup>1</sup> 陳宜君<sup>1,2</sup> 盛望徽<sup>2,3</sup>

國立台灣大學醫學院附設醫院 <sup>1</sup>感染管制中心 <sup>2</sup>內科部 <sup>3</sup>教學部

醫療院所是一個具有多樣性微生物菌叢且充滿各種多重抗藥性菌的複雜環境，落實環境清潔是預防醫療照護相關感染，和減少抗藥性菌傳播的重要關鍵。醫療院所有必要進行醫療環境的清潔管理和適當監測，以維護良好的醫療品質。本文介紹 3 類共 5 種環境清潔確效方法及選用建議，透過客觀量化清潔成果及回饋清潔人員，可望看到醫院環境清潔品質的提昇，並對於建立醫院環境清潔認證制度政策提出建言。（**感控雜誌 2018:28:264-273**）

**關鍵詞：**環境清潔、螢光標示檢測法、ATP 生物螢光反應檢測法、總菌落數法

## 前 言

醫療環境可存在各式各樣的微生物，如抗藥性菌，案例研究證實受到抗藥性菌株汙染的醫療環境會導致群突發，而環境消毒是有效控制群突發的重要措施之一[1]。群突發的導因也與環境清潔的不良程序有關[2]。然而，少有研究去真實驗證汙染的環境表面和增加感染風險之間的關連性。在一個針對二個加護病房長達 14 個月的研究[3]中，發現當入住上一床病友有耐萬古黴素腸球

菌 (vancomycin-resistant enterococci, VRE) 時，該病人後續得到 VRE 的機率會增加 4.4 倍，且「上一床病友帶有 VRE 菌株」也是病人得到 VRE 的獨立預測因子 (hazard ratio, 3.8)。另一篇研究探討當暴露於鄰床和上一床病友有致病菌時，該床位之病人隨後得到相同致病菌感染的關連性[4]，該研究中使用病例對照研究法進行長達 7 年，共 4 家醫院的病歷調查。在 10,289 人次的醫療照護相關感染個案分析中，有暴露於上一床病友有感染或移生致病菌之病人較控制組多 5.83

民國 107 年 9 月 1 日受理  
民國 107 年 11 月 7 日接受刊載

通訊作者：盛望徽  
通訊地址：台北市中正區中山南路7號  
連絡電話：02-23123456-62104

DOI: 10.6526/ICJ.201812\_28(6).0002

倍會得到相同致病菌之醫療照護相關感染。有暴露於鄰床病友有感染或移生致病菌之病人較控制組多 4.82 倍會得到相同致病菌之醫療照護相關感染[4]。因此，落實病床的終期清潔為預防醫療照護相關感染的重要方法之一。各醫療院所有必要進行醫療環境的清潔管理，以維護良好的醫療品質。

環境清潔品質不良的原因有環境因素、清潔人員因素、清潔工具、政策因素與稽核方法[5]，本文就稽核方法的部份，介紹不同清潔確效的方法及選用，以改善清潔品質。

## 環境清潔確效方法的介紹

環境清潔確效的目的是為了提升

清潔品質，因此確效方法必須要能正向和量化稽核結果，並能正向回饋清潔人員，以明確改善清潔實務[6]。目前國內外指引及文獻提供的清潔確效方法主要分為三類，共五種(表一)[6,7]，以下即分別介紹這些方法：

### 一、目視觀察評量法 (visual assessment)

目視觀察法應是最常被使用的稽核方式。視覺上的環境乾淨應包含沒有可見髒汙、汙漬、灰塵或毛髮等。然而，這樣的清潔標準，僅符合疾病管制署制訂的「醫療機構環境清潔感染管制措施指引」[8]中，建議運用於一般環境清潔的標準，例如醫療機構內的所有區域。雖然目視觀察法因有檢查人員的主觀標準差異，

表一 各種環境清潔確效方法[7]

分類	檢視目的	確效方法	優點	缺點
觀察評量	目視乾淨度	目視觀察評量法	檢視範圍大	主觀
		滿意度調查 觀察清潔過程	快速、成本低	無法評估微生物負荷或擦拭遵從度
螢光標示	擦拭完整度	用螢光粉末/膠標示	快速、成本較低 即時回饋	需於清潔前標示 無法評估微生物負荷 敏感度和特異性中至低度
微生物負荷殘留 (residual bioburden)	微生物殘留度	ATP 生物螢光反應法	快速 客觀量化 即時回饋	成本較高 敏感度和特異性中至低度
		總菌落數法  拭子培養、病毒診斷聚合酶連鎖反應	客觀量化 敏感度和特異性高  客觀明確 敏感度和特異性高	成本較高 需實驗室設備 結果回饋費時  成本較高 需實驗室設備 結果回饋費時

可能存在著很多的變異因素，且無法反應是否有微生物的存在，但在檢視環境的清潔品質，仍是一項重要的方法，是讓病人、訪客和工作人員感到滿意或安心的最基本要求。目視觀察法也可透過滿意度調查來間接獲得清潔結果確效，可向病人/家屬、訪客或醫院工作人員進行滿意度調查，間接評核不同區域之環境清潔品質。當使用滿意度調查做為清潔成果分析時，其原則有二，一是問卷的回覆要是可量化的，例如回答「滿意」代表正向給分，可運用李克特量表 (Likert scale)，讓受評者能回答不同程度的滿意度；二是問卷結果要能與過去調查結果作比較，才能知道清潔品質是變好或變差[6]。

另一種目視觀察法是觀察清潔人員的工作過程，這種方式可以瞭解個別清潔人員的表現，在認知與行為之間是否一致，而給予個別化的回饋。可運用於新進清潔人員的查核，或在進行清潔流程優化的設計前進行資料收集。同樣的，為能量化這種管理方式的結果，確保觀察及評量的一致性，觀察員及查檢表都必須先行取得共識。

## 二、螢光標示檢測法 (fluorescent marker)

原理是在清潔前先在環境設備表面，標示一般燈光不可見的螢光產品，待清潔人員進行清潔擦拭後，使用 UVA 紫外線燈 (Ultraviolet A light)

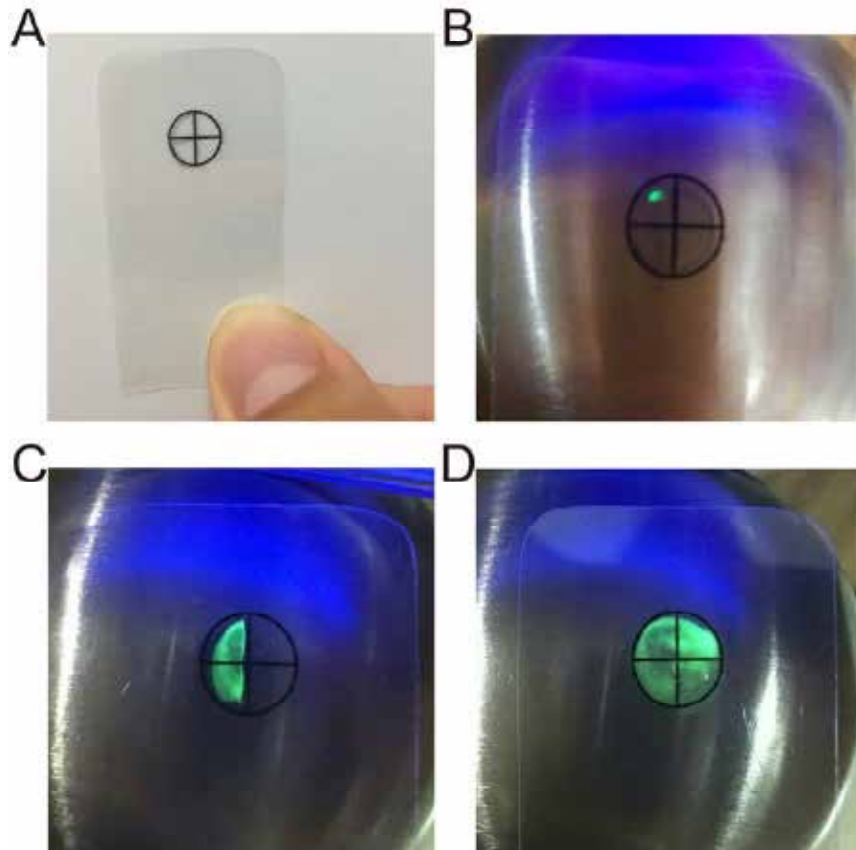
檢查螢光標示是否被擦掉，用以間接瞭解環境是否有被擦拭[9]。此方法主要是監測清潔人員是否有適當的力道進行環境設備的完整無縫隙擦拭 (物理性清潔)，而非檢測環境設備在清潔後是否有殘留微生物。

螢光產品的選擇應該具備微黏性以固定在環境表面、快乾不留痕跡、不易在乾燥環境被磨損或被吸收、易被濕擦移除、在一般燈光下不可見但使用其他光源則清晰可見等特性[10-12]。Munoz-Price 等人[13]比較螢光粉劑和螢光凝膠運用於環境清潔檢測的差異，發現白色螢光粉劑標示於背景偏暗色的設備上，即使 48 小時後仍較螢光凝膠容易被一般光源下目視看見。後續的清潔檢測結果發現，過去曾接受螢光標示檢測經驗較多的清潔人員，在螢光粉劑和螢光凝膠的同步檢測結果不一致比率 (粉劑標示有擦掉但螢光凝膠標示沒擦到) 顯著較沒有經驗的清潔人員高。所以，為避免霍桑效應，清潔人員只專注在去除螢光標示，建議可頻繁變換標示點，例如同為床欄開關，但標示位置點不同[7]。另一研究則是使用三種不同廠牌的螢光產品 (乳液狀或透明液狀)，發現用不同螢光產品檢測的合格率之間並沒有差異[14]。然而，螢光標示檢測仍應標示在易擦拭及光滑的部位，不適合標示在死角、粗糙或有孔洞的表面，例如布織品，否則可能因為難以擦拭清除而低估清潔率。

關於判定螢光標示檢測之標準，

Luick 等人之研究[15]僅視螢光劑完全被擦掉為乾淨，Carling 等人之研究[9]定義為少許螢光劑殘留視同乾淨，Boyce 等人的研究[14]定義為完全被擦掉或部分被擦掉均視同乾淨。由於螢光劑的殘留也是在 UVA 燈輔助下目測判讀，故如何判讀螢光殘留結果在各研究間仍存有變異性，可能受到周圍光源明暗、個別評核者解讀殘留多寡情形而訂。國內 Hung 等人的研究[16]，單一螢光標示的面積為約 0.8 公分直徑的圓點，螢光殘留判讀使用標有 4 個 1/4 圓組成的 0.8

公分直徑圓的透明塑膠片輔助判讀一致性。螢光殘留判讀為 1/4 圓以下的螢光殘留面積視為乾淨無殘留、1/4 至 3/4 圓的殘留面積視為部分殘留、超過 3/4 圓的殘留面積視為全殘留(圖一)。結果 830 個手常碰觸的檢測點，只有約 10% 為部分殘留，其餘約 90% 的檢測點是容易判讀為乾淨無殘留或全殘留。且螢光殘留判讀為乾淨的檢測點，同時有顯著較低的 ATP 生物螢光檢測值和總菌落數值。故當使用螢光標示檢測法進行環境確效時，可採用輔助工具協助評核者間



圖一 螢光標示檢測的判讀 A. 判讀輔助工具；B. 1/4 圓以下的螢光殘留面積判為乾淨；C. 1/4 至 3/4 圓的殘留面積視為部分殘留；D. 超過 3/4 圓的殘留面積視為全殘留[16]。

的判讀一致性。雖然螢光標示檢測法不是提供數值結果，嚴格來說不是完全客觀的清潔確效方法，僅管如此，當運用不同乾淨定義的螢光標示檢測法進行清潔確效及教育回饋，都可看到清潔合格率有顯著的進步[9-11,17-19]。

### 三、ATP 生物螢光反應檢測法 (adenosine triphosphate [ATP] bioluminescence assay)

由於環境表面殘留的髒汙、血體液、糞便等，均帶有一種細胞內能量物質，稱之為三磷酸腺苷 (ATP)。此方法原理是用專用的採檢拭子完整塗抹要檢測的表面，再利用光度計測量，將拭子上含有 ATP 的髒汙轉換成相對光單位 (RLU)，量化髒汙殘留程度[20]。ATP 生物螢光反應操作簡單，只要有專用拭子及手持光度計，即可方便即時獲得數據，不須實驗室相關設備。因此可做為環境清潔確效和清潔人員實作教育及回饋成效的工具。

RLU 值的多寡會包含活的微生物、死的微生物或非微生物的有機碎屑 (organic debris) [20-22]，三種 ATP 來源的比例是多變的，故現行採檢合格標準是訂在一個閾值以下，且該閾值可能會依 ATP 拭子廠牌不同而異。舉例而言，在三個以 ATP 生物螢光反應檢測閾值的研究，其中兩個以總菌落數小於 2.5 CFU/cm<sup>2</sup> 當黃金標準比較分析顯示，在一研究計算 A

廠牌系統以閾值訂小於 100 RLU 的敏感度為 57%，特異性為 57% [23]，相同的總菌落數標準在另一研究計算 B 廠牌系統以閾值訂小於 250 RLU 的敏感度為 78%，特異性為 38% [24]；另一個相似的研究以總菌落數小於 1 CFU/cm<sup>2</sup> 當標準比較分析顯示，C 廠牌系統以閾值訂小於 250 RLU/500 RLU 的敏感度分別為 48.7%/68.5%，特異性分別為 76.1%/50.7% [16]，然而無論是哪個廠牌，其陽性預測值 (positive predictive value) 都高達 90% 以上。這些研究顯示當 RLU 值越高時，才和菌落數的存在呈現正相關，然而尚未有明確的各物品採檢範圍和驗證的閾值可作為是否增加感染風險的參考。建議醫療院所可以依據病房屬性及病人特性選擇適當的閾值進行清潔確效，並定期檢討設定的閾值是否可看出清潔改善措施導入後的成效。例如加護病房的標準訂為小於 250 RLU，而一般的普通病房標準可以訂為小於 500 RLU 視為乾淨[22]，是較可達成清潔目標的閾值。

除此之外，也需考量醫院內的設備是否會系統性地影響檢測結果。例如高濃度漂白水會減少 ATP 生物螢光反應，須等採檢表面乾燥再採樣，以免沾有漂白水的採檢樣本之 RLU 值假性偏低；設備表面如有微纖維產品 (microfiber products) 或清潔劑殘留，可能導致 RLU 值增加[25]；表面濕潤的採檢拭子，其採樣效能 (pickup efficiency) 較佳[20]，但檢測

環境過濕或在積水會減少採檢固定面積的 ATP 量。這些都是要注意的。

#### 四、總菌落數法 (Aerobic colony count, ACC)

在醫療照護區，環境不只需目視乾淨，清潔確效應該還需要確認微生物殘留情形在可接受的程度以下，可有效避免病菌傳播的機會[26]。總菌落數法是用無菌水棉棒進行環境表面的採樣，後續需在實驗室處理，將樣本塗抹至胰蛋白大豆瓊脂培養基 (Tryptic soy agar)，於 35°C 溫箱培養 48 小時後計算所有的菌落數，再依據採檢的面積換算成每平方公分的菌落數量[7]。有些總菌落數法的檢測是直接將 10~16 cm<sup>2</sup> 小面積的平板培養皿 (dipslide) 壓在平整表面上採樣，平板培養法的清潔合格標準多數研究訂為總菌落數小於 2.5 CFU/cm<sup>2</sup> [21,22,24]，然而上述標準因為很容易達成，導致較無鑑別度，故有研究建議採用較嚴格的標準，即總菌落數小於 1 cfu/cm<sup>2</sup> [27]。

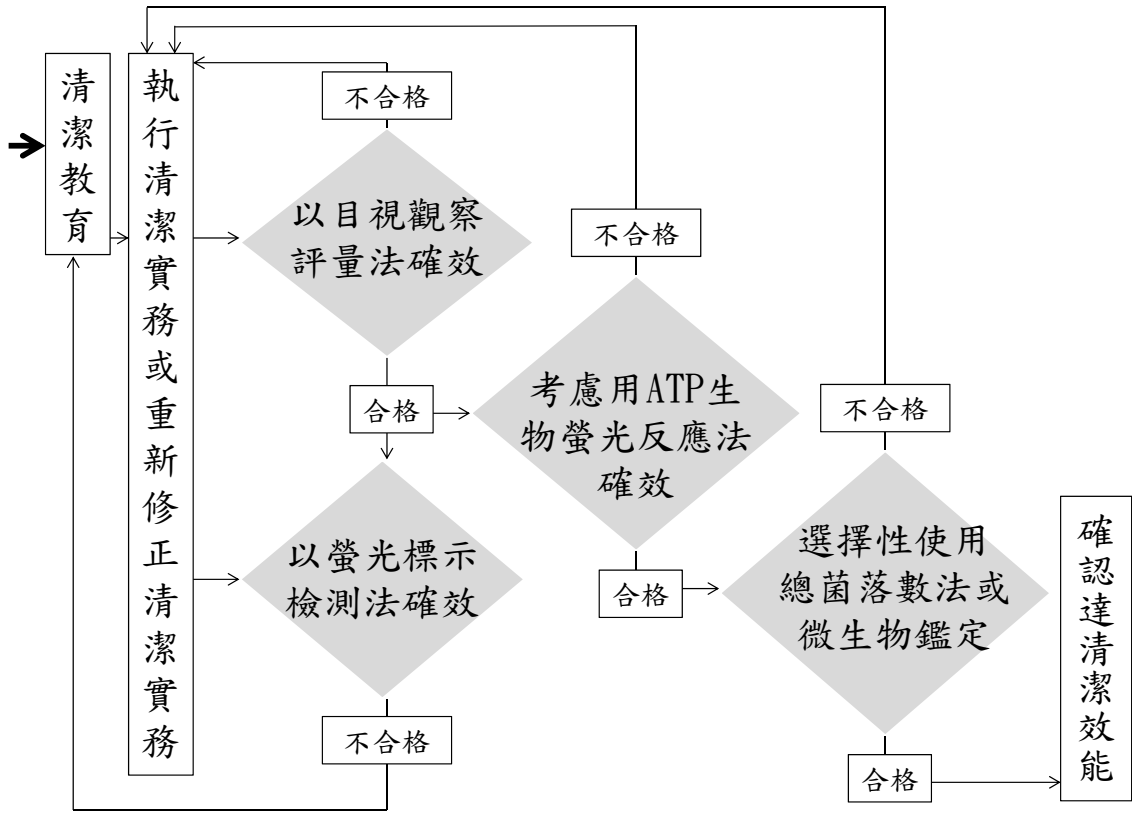
#### 五、環境微生物鑑定 (environmental culture)

此種環境清潔確效法可明確定性和定量環境微生物殘留情形，常用的鑑定法包含用拭子培養 (swab culture) 和病毒診斷聚合酶連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR)。微生物的鑑定都需由有基礎微生物實驗操作訓練之生物或醫事技術人員進行

環境採檢後的操作及判讀[7]，加上後續需等待細菌生長和鑑定的時間、實驗材料成本等，如列為常規的環境確效方法，並不符合成本效益。故建議使用在流行病學調查，例如群突發調查某一特定微生物在環境中的殘留狀況，而非無目標性的進行空氣、水質或環境表面的微生物採檢監測 [6,28]。

#### 環境清潔確效方法的選用建議

由以上介紹可知，各種環境清潔確效方法都有其優缺點。Whiteley 等人[28]運用失效模式與影響分析 (failure mode and effects analysis, FMEA) 檢視各清潔確效法的失效風險，提出用其一確效法的強項去補強另一確效法的弱點，運用流程圖 (圖二) 合併使用不同檢測法建立環境清潔確效模式，去克服不同確效方法間的失效狀況。目視觀察評量是最基本的方法且可大範圍環境檢視。建議將有限的資源用在高風險之手頻繁碰觸區域的清潔確效，螢光標示檢測法適用第一線清潔管理人員進行頻繁的稽核與立即回饋 (例如每週、每月、每 3 個月)；ATP 生物螢光反應法亦可快速回饋清淨度，但相對的直接成本較高，建議延長頻率或針對高風險感染單位之定期稽核 (例如每半年或每年)；總菌落數法和環境微生物鑑定因耗時和高成本，建議用在流行病學調查需要時。然而，確效所需的成本



圖二 合併使用不同檢測法之環境清潔確效模式[28]

也是需考量的，未來的研究需要進一步探討如何讓清潔確效成本與效益達到最佳化。

如目前有照顧服務員認證和居家清潔認證等，透過認證制度讓全國醫療院所清潔委外產業專業化，共同維護乾淨且品質好的醫療環境。

### 總 結

醫療院所和環境清潔工作委外公司皆能運用客觀評量方式，長期進行環境清潔品質監測，以提升安全有品質的醫療環境。建議相關政府單位建立醫院環境清潔認證制度，可包括職業訓練、技能檢定、技能競賽等，例

### 參考文獻

1. Weber DJ, Rutala WA, Miller MB, et al: Role of hospital surfaces in the transmission of emerging health care associated pathogens: Norovirus, Clostridium difficile, and Acinetobacter species. Am J Infect Control 2010;38:S25-33.
2. Hayden MK, Bonten MJ, Blom DW, et al: Reduction in acquisition of vancomycin-resistant

- Enterococcus after enforcement of routine environmental cleaning measures. *Clin Infect Dis* 2006;42:1552-60.
3. Drees M, Snyderman DR, Schmid CH, et al: Prior environmental contamination increases the risk of acquisition of vancomycin resistant enterococci. *Clin Infect Dis* 2008;46:678-85.
  4. Cohen B, Liu JF, Cohen AR, et al: Association between healthcare-associated infection and exposure to hospital roommates and previous bed occupants with the same organism. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2018;39:541-6.
  5. 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。
  6. Best practices for environmental cleaning for prevention and control of infections in all health care settings. 2nd edition, May 2012, PIDAC. Available [http://www.publichealthontario.ca/en/eRepository/Best\\_Practices\\_Environmental\\_Cleaning\\_2012.pdf](http://www.publichealthontario.ca/en/eRepository/Best_Practices_Environmental_Cleaning_2012.pdf)
  7. 洪儀珍、陳安琪 (2017) · 醫療院所環境清潔管理實務 · 新北市：零極限文化。
  8. 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。摘自 <http://www.cdc.gov.tw/list.aspx?treeid=BEAC9C103DF952C4&nowtreeid=52E2FAAB2576D7B1>
  9. Carling PC, Parry MF, Von Beheren SM, et al: Identifying opportunities to enhance environmental cleaning in 23 acute care hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008;29:1-7.
  10. Carling PC, Parry MF, Bruno-Murtha LA, et al: Improving environmental hygiene in 27 intensive care units to decrease multidrug-resistant bacterial transmission. *Crit Care Med* 2010;38:1054-9.
  11. Ragan K, Khan A, Zeynalova N, et al: Use of audit and feedback with fluorescent targeting to achieve rapid improvements in room cleaning in the intensive care unit and ward settings. *Am J Infect Control* 2012;40:284-6.
  12. Gillespie E: Standard for using a fluorescent marker. *Am J Infect Control* 2012;40:85-6.
  13. Munoz-Price LS, Fajardo-Aquino Y, Arheart KL: Ultraviolet powder versus ultraviolet gel for assessing environmental cleaning. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2012;33:192-5.
  14. Boyce JM, Havill NL, Havill HL, et al: Comparison of fluorescent marker systems with 2 quantitative methods of assessing terminal cleaning practices. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2011;32:1187-93.
  15. Luick L, Thompson PA, Looock MH, et al: Diagnostic assessment of different environmental cleaning monitoring methods. *Am J Infect Control* 2013;41:751-2.
  16. Hung IC, Chang HY, Aristine Cheng, et al: Application of a fluorescent marker with quantitative bioburden methods for cleanliness assessment. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2018;39:1296-300.
  17. Ragan K, Khan A, Zeynalova N, et al: Use of audit and feedback with fluorescent targeting to achieve rapid improvements in room cleaning in the intensive care unit and ward settings. *Am J Infect Control* 2012;40:284-6.
  18. Short K, Bixler K, Teska P, et al: Removal of fluorescent marker is an excellent surrogate for the measurement of proper cleaning and disinfection of environmental surfaces. *Am J Infect Control* 2013;41:31-2.
  19. Gillespie E, Wright PL, Snook K, et al: The role of ultraviolet marker assessments in demonstrating. *Am J Infect Control* 2015;43:1347-9.
  20. Shama G, Malik DJ: The uses and abuses of rapid bioluminescence-based ATP assays. *Int J Hyg Environ Health* 2013; 216:115-25.
  21. Lewis T, Griffith C, Gallo M, et al: A modified ATP benchmark for evaluating the cleaning of some hospital environment surfaces. *J Hosp Infect* 2008;69:156-63.
  22. Sherlock O, O'Connell N, Creamer E, et al: Is it really clean? An evaluation of the efficacy of four methods for determining hospital cleanliness. *J Hosp Infect* 2009;72:140-6.
  23. Mulvey D, Redding P, Robertson C, et al: Finding a benchmark for monitoring hospital cleanliness. *J Hosp Infect* 2011;77:25-30.
  24. Luick L, Thompson PA, Looock MH, et al: Diagnostic assessment of different environmental cleaning monitoring methods. *Am J Infect Control* 2013;41:751-2.
  25. Brown E, Eder AR, Thompson KM: Do surface and cleaning chemistries interfere with ATP measurement systems for monitoring patient room hygiene? *J Hosp infect* 2010;74:193-5.



26. Carling PC, Huang SS: Improving healthcare environmental cleaning and disinfection: current and evolving issues. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2013;34:507-13.
27. Rutala WA, Weber DJ: Monitoring and improving the effectiveness of surface cleaning and disinfection. *Am J Infect Control* 2016;44:e69-e76.
28. Whiteley GS, Derry C, Glasbey T: Failure analysis in the identification of synergies between cleaning monitoring methods. *Am J Infect Control* 2015;43:147-53.

# Assessment of Environmental Cleaning in Healthcare Settings

I-Chen Hung<sup>1</sup>, An-Chi Chen<sup>1</sup>, Ling Ting<sup>1</sup>, Yee-Chun Chen<sup>1,2</sup>, Wang-Huei Sheng<sup>2,3</sup>

National Taiwan University Hospital <sup>1</sup>Center for Infection Control, <sup>2</sup>Department of Internal Medicine, <sup>3</sup>Department of Medical Education, Taipei, Taiwan

Medical environments contain several types of pathogenic microorganisms. The link between environmental contamination and patient acquisition has been demonstrated. Therefore, improving hospital cleanliness is effective for reducing healthcare-associated infections in medical institutions. This review article discusses several objective methods that have been developed for assessing environmental cleanliness, including visual inspection, fluorescent markers, adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence assays, aerobic colony counts (ACCs), and microbial swabs. We suggest that using combinations of different environmental cleaning monitoring methods and repeated performance feedback to environmental services staff may improve the thoroughness of environmental hygiene and also provide the government for policy making.

**Key words:** Environmental cleaning, fluorescent marker, ATP bioluminescence assay, Aerobic colony count (ACC)