

# 評估高效能紫消燈裝置 應用於環境終期清消之成效

黃佩萱<sup>1</sup> 戴君惜<sup>1</sup> 洪心怡<sup>1</sup> 陳裕芬<sup>1</sup> 林佩儀<sup>2</sup>  
陳滢淳<sup>1</sup> 黃惠美<sup>1</sup> 施智源<sup>1</sup> 陳培君<sup>3</sup>

臺中榮民總醫院<sup>1</sup> 感染管制中心<sup>2</sup> 護理部<sup>3</sup> 中國醫藥大學

評估高效能紫消燈裝置 (ultraviolet-C 254nm, 以下簡稱高效紫消或 UV-C 紫消) 應用於環境終期消毒後, 對環境表面及空氣消毒的有效性, 以減少多重抗藥性菌株的散佈。醫院內的醫療器械和環境很容易受到多重抗藥菌的污染, 而醫院的環境清潔過程很複雜, 因此清潔實踐的效果通常並不理想。它取決於人為因素、環境的物理和化學特性以及微生物的生存能力。2018 年 4 月至 2018 年 6 月期間, 於中部某醫學中心內科加護病房陸續收集病人轉出/ 出院之病室環境表面、空氣樣本。於紫消前、紫消後及紫消後加入漂白水程序等三階段的高接觸環境表面, 進行同檢測點重複採檢, 並以 ATP 生物冷光檢測法、菌落數計數及菌種種類數目進行分析, 及紫消前後空氣菌落數計數及菌種種類數目的評估。

共收集 2,110 份環境表面樣本, 發現紫消前、紫消後及紫消後加入漂白水程序等三階段, 在 10 個高接觸表面採檢點的 ATP 值檢測、菌落數計數及菌種種類數目分析結果均呈顯著下降。收集 144 份空氣樣本 (含紫消前、後樣本), 分析結果皆呈顯著下降: 菌落數計數 ( $p < 0.001$ ) 及菌種種類數目 ( $p = 0.0039$ )。多重抗藥性菌株清除率為 93.8% (15/16)。高效能紫消燈裝置應用於病室終期環境消毒, 可有效改善環境表面及空氣清潔, 減少總菌落量及菌種種類, 可做為醫院環境清消的方法, 尤其對多重抗藥性菌環境的消毒更具優勢。(感控雜誌 2024:34:17-33)

**關鍵詞：**UV-C、醫療環境清消、多重抗藥性菌

民國 111 年 9 月 29 日受理  
民國 111 年 11 月 10 日修正  
民國 113 年 1 月 3 日接受刊載

通訊作者：陳培君  
通訊地址：台中市北區學士路 91 號  
通訊電話：04-22053366

DOI: 10.6526/ICJ.202402\_34(1).0002

中華民國 113 年 2 月第三十四卷一期

## 前言

研究顯示污染的環境表面可能是造成醫療照護相關感染 (healthcare-associated infections, HAIs) 的主要來源之一 [1]，若感染多重抗藥性細菌 (multiple drug resistant organism, MDRO)，則會增加病人的住院天數、死亡風險，及導致其他病室病人發生相同病原體移生或感染情形 [2]。醫院的環境清潔很複雜，因此清潔措施的效果往往不盡如人意 [3, 4]。它取決於人為因素、環境的物理和化學特性以及微生物的生存能力。近來醫院普遍施行疾病臨床路徑，住院天數縮短、病床周轉率提高，導致清潔人員的工作量增加，然而目前醫療院所的環境清潔，多數由合約外包公司承攬，常規的環境清潔雖有既定規範，但在繁忙的臨床實務現況、人力侷限下，很難落實所有的清潔程序。國外研究發現，對於病室終期消毒，無論是使用四級銨鹽消毒劑或是漂白水消毒劑，當再加入紫消燈 (ultraviolet-C, UV-C) 消毒程序後，都能夠提高病室環境的清潔效果，顯著降低多重抗藥性菌的移生 [5]。目前的研究多針對預定之多重抗藥性菌病原體進行評估，少有全面性含非抗藥性菌種的消毒效果，以及對抗藥性碳青黴烯類腸道菌 (carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, CRE) 的有效性評估。

醫院空氣中存在的微生物，是

否造成病人感染，一直是個令人質疑的問題，已知某些法定傳染病（如：水痘、麻疹及肺結核…等）可透過空氣傳播或直接吸入真菌孢子造成呼吸道、器官或皮膚過敏等疾病 [6]。Hoseinzadeh 等人 (2013) 的研究證實了醫療院所內空氣中微生物的多樣性，且與病人、訪客、通風系統的設計及環境的消毒劑有關 [7]。微生物可能透過空氣傳播或以接觸的方式傳播到物體表面，進而對工作人員造成威脅，甚至造成術後病人的感染 [8]。近期的研究聚焦在 UV-C 消毒對空氣及環境表面的改善，因此本研究的目的是評估 UV-C 設備應用於病室終期消毒後，以三磷酸腺苷 (adenosine triphosphate, ATP) 生物冷光檢測、移生菌株及相對應的菌落計數進行評估，以提供臨床環境清消之參考。

## 材料及方法

### 一、研究設計

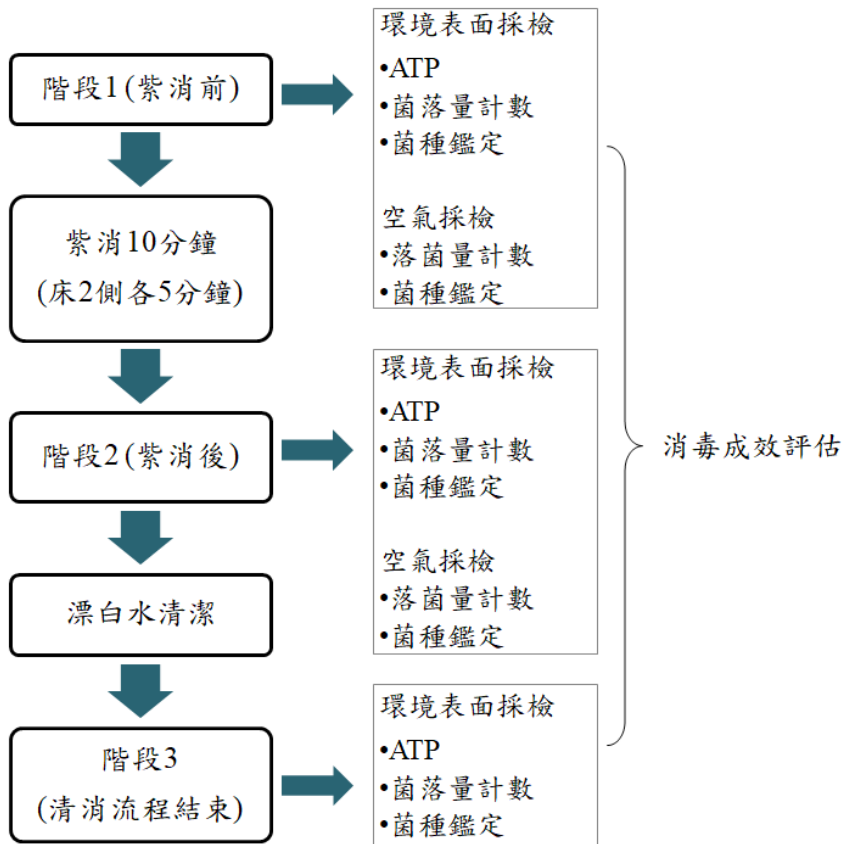
本研究於 2018 年 4 月至 2018 年 6 月期間，於中部某醫學中心一個內科加護病房內進行資料收集，於病人轉出 / 出院後之病室，分三階段進行取樣，階段 1 在消毒前先收集環境表面及空氣樣本；接著階段 2 再依廠商建議及產品使用指南進行操作超紫光滅菌機器人 (hyper light disinfection robot, 波長 UV-C 254nm)，於病床床尾兩側各消毒 5 分鐘後，進行環境表面及空氣取樣。階段 3 於第 2 階段取

樣完成後，以漂白水 (500ppm) 消毒環境表面，等候 10 分鐘，再次於環境表面取樣。環境表面樣本進行 ATP 生物冷光檢測、菌落計數及菌種鑑定；空氣樣本進行菌落計數及菌種鑑定。(圖一)

有關環境表面採檢點的選擇，主要考量接觸頻率、清潔流程是否容易疏忽或容易擦拭、是否為每床固定品項及參考文獻 [9]，選出病室 10 處手部高頻繁接觸點做為環境表面採檢點，包括兩側床欄、床頭板、床尾板、叫人鈴、床旁桌、監視器、抽痰

器開關、氧氣流量表、幫浦機 (點滴或灌食機)、點滴架等。

有關空氣樣本採檢點的選擇，先將單一病室空間分為上、下、左、右及中間 5 處，重複採集 3 床，採用菌落計數結果最多的 2 處及避開易受人潮走動位置影響，最終設定病室中央及床尾內側為採樣點。採檢時間及容量選擇則依據空氣採樣機 MAS-100NT (廠牌: Merck) 的操作說明進行機器設定，距離室內硬體及陳列大於 0.5 公尺以上，離門 3 公尺以上，離地面 100 公分處，以流速 100



註：ATP: adenosine triphosphate; RLU: relative light unit

圖一 資料收集過程

L/min 採集 2.5 分鐘，每次收集 2 份培養基樣品，以確保取樣準確性，後續將收集之樣本送實驗室檢驗分析。另外，若未使用 UV-C 設備進行終期消毒之床位則排除收案。

## 二、資料收集程序

由專門負責採檢人員，每日進入院內醫囑系統查詢單位出院或轉出病人之床號，當病人離開病室後開始進行環境表面及空氣樣本收集。首先，在尚未開始進行任何環境清潔程序時，先進行空氣樣本及環境表面採樣，將 10 個高接觸表面採樣物品分為左右兩側，隨機分配進行 ATP 生物冷光檢測及菌落數計數、菌種鑑定等樣本收集，採樣區域為左右各 10\*10 公分即完成階段 1 紫消前採樣。

接著初步將病人單位不再使用的引流管路移除、取下待清洗的床旁物品置於行動鐵車上，打開置物櫃、櫥櫃，以方便同步進行 UV-C 表面消毒，後續掛上紫消隔簾，將高效能紫消燈裝置移至預備位置，消毒 10 分鐘（病床床尾左右兩側各五分鐘），以減少被屏障阻隔的部分，紫消完成後，進行階段 2 採檢，重複空氣及環境採檢步驟，採檢部位與前次相同。

接續，由院內清潔人員以 500ppm 漂白水擦拭巾進行環境清潔消毒，觀察者依據「病人環境清潔消毒查核表」內容（附錄一）進行清潔程序的完整性評估，包括清潔頻次、

清潔品項及順序、擦拭方式、漂白水濃度…等，並給予計分。待漂白水清潔程序完成後，進行階段 3 環境採檢，即完成所有資料收集程序。

## 三、測量及檢驗方法

ATP 檢測法使用 Hygiena Ultrsnap 生物冷光儀進行檢測，其原理是利用生物酶系反應生成的三磷酸腺苷 (ATP) 發光的特性，測量樣本中 ATP 的含量，進而判斷樣品是否存在生物污染，是一種快速檢測生物污染的工具，而相對光亮度 (relative light units; RLU) 是測量的數量單位。以專用檢測管取樣，持檢測管內採檢棉棒，以螺旋方式擦拭採檢區域 10\*10 公分後，放回檢測管內鎖緊，壓破上方螢光試劑，使試劑流入下端與採檢棒上樣本混合，之後置入機器內等候 15 秒即可得到檢驗結果，合格標準設為小於 100 RLU/100cm<sup>2</sup> [10, 11]。

菌落計數及菌種鑑定：病床環境採檢前先將無菌棉棒置入胰蛋白酶大豆肉湯 (trypticase soy broth) 潤濕，再擦拭採檢區域 10\*10 公分後，棉棒置入 5ml 胰蛋白酶大豆肉湯內，樣本於採檢當日送至實驗室，24 小時內進行樣本處理，將蛋白酶大豆肉湯震盪 20 秒，於血瓊脂平板 (blood agar plate, BAP) 及伊紅美藍培養基 (eosin methylene blue medium, EMB) 各接種 0.5ml，放置於 5% CO<sub>2</sub>、35°C 培養箱，分別於 24 及 48 小時觀察菌落數，總菌落數法合格標準

設為小於 200 CFU /cm<sup>2</sup> [10]。菌落數計算公式為：菌落數 \* 8cc (Luria-Bertani, LB) / 10\*10 採樣面積。菌落計數培養出的細菌群，再次培養至 BAP/EMB bi-plate 確定為單一菌落，放置於 5% CO<sub>2</sub>、35℃ 培養箱，次日以 VITEK® MS 質譜儀 (VITEK® MS Mass Spectrometer) 鑑定菌種。

空氣菌落使用 MAS-100NT 空氣微生物採樣器進行採樣，採用 TGEA (tryptone glucose extract agar) 培養基進行採集，每次以流速 100 L/min 採集 2.5 分鐘，並採集 2 份培養基樣品以確保取樣的準確性。收集後將 TGEA 放置於 35℃、5% CO<sub>2</sub> 的培養箱中，於 24 及 48 小時時觀察菌落數。合格的空氣菌落數法標準設為每

立方米小於 200 CFU [11]。菌落計數培養出的細菌群，再次培養至 BAP/EMB bi-plate 確定為單一菌落，放置於 5% CO<sub>2</sub>、35℃ 培養箱，次日以 MALDI-TOF 鑑定菌種。

#### 四、統計與分析

本研究使用 IBM SPSS 統計分析軟體 (版本 22.0) 進行資料分析。使用 Friedman test 比較紫消燈使用前、使用後及漂白水後 (三階段)，對於 ATP 值、菌落計量及菌種種類數目的連續變量分析；比較紫消燈使用前後及漂白水的 ATP 值、菌落計數及菌種種類數目，使用 Wilcoxon Signed Ranks test 分析兩組成對樣本連續變量。所有分析均以  $p < 0.05$  設為顯著

表一 紫消前、紫消後及漂白水後 ATP (RLU) 檢測值分析結果比較

	n	階段 1 (紫消前)		階段 2 (紫消後)		階段 3 (漂白水後)		p value
		Median	IQR	Median	IQR	Median	IQR	
1. 床欄	35	39	(31-88)	34	(21-58)	30	(20-67)	0.049
2. 床頭板	35	92	(46-149)	48	(30-118)	36	(8-83)	<0.001
3. 床尾板	35	21	(11-30)	16	(10-23)	10	(7-15)	0.036
4. 叫人鈴	35	22	(6-85)	15	(4-35)	2	(0-14)	<0.001
5. 床旁桌	35	57	(30-221)	32	(18-62)	16	(9-40)	<0.001
6. 監視器	35	234	(88-456)	63	(30-117)	25	(7-47)	<0.001
7. 抽痰器開關	35	324	(151-627)	217	(101-389)	79	(16-172)	<0.001
8. 氧氣流量	35	53	(26-133)	49	(16-103)	13	(4-24)	<0.001
9. 幫浦	28	99	(67.8-222)	81	(44.3-162.3)	11	(6-49.3)	<0.001
10. 點滴架	35	54	(32-143)	35	(21-76)	34	(20-62)	0.001

使用 Friedman test 檢定。ATP: adenosine triphosphate; RLU: relative light unit.

性差異。

## 研究結果

資料收集期間，共採檢 36 人次轉 / 出院床位，收集 2110 份環境表面樣本（含 ATP 生物冷光檢測及菌落數計數樣本），發現紫消前、紫消後及漂白水後等三階段在 10 個高接觸點 ATP 值檢驗結果分析均呈顯著下降，其中床欄、床尾板、點滴架等 ( $p$  value  $<0.005$ )、其餘項目 ( $p < 0.001$ )（表一）；進一步進行兩組比較，階段 1 及階段 2 ATP 值檢測結果分析，除床尾板項目  $p$  value = 0.184 未達顯著差異外，其餘項目均達顯著差異（表二）。階段 2 及階段 3 ATP 值檢測結果分析，有床欄、床頭板、床尾

板、床旁桌、點滴架等項目，未達顯著差異（表三）。

在菌落量分析部分，進行了三個階段的高接觸點檢測，結果顯示在所有階段中都出現了顯著下降 ( $p$  值  $<0.001$ )（表四）。進一步進行了兩組比較，即階段 1 與階段 2 的菌落量檢測結果分析，結果也全部呈現顯著下降 ( $p$  值  $<0.001$ )（表五）。而在階段 2 與階段 3 的比較中，除了點滴架項目有差異 ( $p$  值  $<0.05$ )，其餘項目間沒有出現顯著差異（表六）

另外，針對菌種種類數目進行分析，結果顯示三個階段的 10 個高接觸點菌種種類數目均呈現明顯下降 ( $p$  值  $<0.001$ )，達到統計差異（表七）。進一步進行兩組比較，即階段 1 與階段 2 的菌種種類數目分析，與

表二 紫消前及紫消後 ATP (RLU) 檢測值分析結果比較

	n	階段 1 (紫消前)		階段 2 (紫消後)		p value
		Median	IQR	Median	IQR	
1. 床欄	36	41	(31.3-91)	33.5	(21.3-57.8)	<0.001
2. 床頭板	36	91	(43.8-145.8)	48	(29.3-107.3)	0.002
3. 床尾板	36	21.5	(11-33.8)	16	(10.3-26)	0.184
4. 叫人鈴	36	23	(6.3-102.3)	15	(4.3-34.8)	<0.001
5. 床旁桌	36	66.5	(30.5-214.5)	32.5	(18-60.3)	0.003
6. 監視器	36	211.5	(84.3-454.3)	64	(31.3-159)	<0.001
7. 抽痰器開關	36	340	(151.5-678.8)	225	(101.8-427.3)	0.001
8. 氧氣流量表	36	54.5	(26.3-130)	52.5	(17.8-100.5)	0.012
9. 幫浦	30	99	(66.8-239.3)	75.5	(44.8-152.8)	<0.001
10. 點滴架	36	63.5	(33.5-146.8)	34	(21-76)	0.003

使用 Wilcoxon Signed Ranks test 檢定。ATP: adenosine triphosphate; RLU: relative light unit.

表三 紫消後及漂白水後 ATP (RLU) 檢測值分析結果比較

	n	階段 2 (紫消後)		階段 3 (漂白水後)		p value
		Median	IQR	Median	IQR	
1. 床欄	35	34	(21-58)	30	(20-67)	0.811
2. 床頭板	35	48	(30-118)	36	(8-83)	0.151
3. 床尾板	35	16	(10-23)	10	(7-15)	0.054
4. 叫人鈴	35	15	(4-35)	2	(0-14)	0.018
5. 床旁桌	35	32	(18-62)	16	(9-40)	0.166
6. 監視器	35	63	(30-117)	25	(7-47)	<0.001
7. 抽痰器開關	35	217	(101-389)	79	(16-172)	<0.001
8. 氧氣流量表	35	49	(16-103)	13	(4-24)	<0.001
9. 幫浦	29	76	(39.5-157.5)	11	(5.5-47.5)	<0.001
10. 點滴架	35	35	(21-76)	34	(20-62)	0.178

使用 Wilcoxon Signed Ranks test 檢定。ATP: adenosine triphosphate; RLU: relative light unit.

表四 紫消前、紫消後及漂白水後菌落量 (CFU /100cm<sup>2</sup>) 分析結果比較

	n	階段 1 (紫消前)		階段 2 (紫消後)		階段 3 (漂白水後)		p value
		Median	IQR	Median	IQR	Median	IQR	
1. 床欄	34	28	(6-82)	0	(0-0)	0	(0-8)	<0.001
2. 床頭板	34	132	(24-490)	0	(0-10)	0	(0-8)	<0.001
3. 床尾板	34	64	(24-272)	0	(0-8)	0	(0-8)	<0.001
4. 叫人鈴	34	8	(0-32)	0	(0-0)	0	(0-0)	<0.001
5. 床旁桌	34	100	(38-356)	0	(0-16)	0	(0-16)	<0.001
6. 監視器	34	240	(16-768)	0	(0-0)	0	(0-0)	<0.001
7. 抽痰器開關	34	108	(22-322)	0	(0-2)	0	(0-0)	<0.001
8. 氧氣流量表	34	28	(6-124)	0	(0-0)	0	(0-0)	<0.001
9. 幫浦	30	160	(16-398)	0	(0-0)	0	(0-2)	<0.001
10. 點滴架	34	28	(8-90)	0	(0-0)	0	(0-8)	<0.001

使用 Friedman test 檢定。CFU: colony-forming unit.

表五 紫消前後菌落量 (CFU /100cm<sup>2</sup>) 分析結果比較

	n	階段 1 (紫消前)		階段 2 (紫消後)		p value
		Median	IQR	Median	IQR	
1. 床欄	36	28	(8-118)	0	(0-0)	<0.001
2. 床頭板	36	132	(26-456)	0	(0-8)	<0.001
3. 床尾板	36	64	(24-262)	0	(0-8)	<0.001
4. 叫人鈴	36	8	(0-32)	0	(0-0)	<0.001
5. 床旁桌	36	108	(40-412)	0	(0-16)	<0.001
6. 監視器	36	228	(16-718)	0	(0-0)	<0.001
7. 抽痰器開關	36	108	(18-470)	0	(0-8)	<0.001
8. 氧氣流量表	36	28	(8-114)	0	(0-0)	<0.001
9. 幫浦	32	160	(16-374)	0	(0-0)	<0.001
10. 點滴架	36	24	(8-78)	0	(0-0)	<0.001

使用 Wilcoxon Signed Ranks test 檢定。CFU: colony-forming unit.

表六 紫消後及漂白水後菌落量 (CFU /100cm<sup>2</sup>) 分析結果比較

	n	階段 2 (紫消後)		階段 3 (漂白水後)		p value
		Median	IQR	Median	IQR	
1. 床欄	34	0	(0-0)	0	(0-8)	0.683
2. 床頭板	34	0	(0-10)	0	(0-8)	0.071
3. 床尾板	34	0	(0-8)	0	(0-8)	0.587
4. 叫人鈴	34	0	(0-0)	0	(0-0)	1.000
5. 床旁桌	34	0	(0-16)	0	(0-16)	0.883
6. 監視器	34	0	(0-0)	0	(0-0)	0.480
7. 抽痰器開關	34	0	(0-2)	0	(0-0)	0.065
8. 氧氣流量表	34	0	(0-0)	0	(0-0)	0.78
9. 幫浦	30	0	(0-0)	0	(0-2)	0.497
10. 點滴架	34	0	(0-0)	0	(0-8)	0.024

使用 Wilcoxon Signed Ranks test 檢定。CFU: colony-forming unit.



表七 紫消前、紫消後及漂白水後菌種種類數目結果比較

	n	階段 1 (紫消前)		階段 2 (紫消後)		階段 3 (漂白水後)		p value
		Median	IQR	Median	IQR	Median	IQR	
1. 床欄	34	1	(0.8-2)	0	(0-0)	0	(0-1)	<0.001
2. 床頭板	34	2	(1-3)	0	(0-1)	0	(0-1)	<0.001
3. 床尾板	35	2	(1-2)	0	(0-1)	0	(0-1)	<0.001
4. 叫人鈴	34	1	(0-1)	0	(0-0)	0	(0-0)	<0.001
5. 床旁桌	34	2	(1-2.3)	0	(0-1)	0	(0-1)	<0.001
6. 監視器	34	1	(1-2)	0	(0-0)	0	(0-0)	<0.001
7. 抽痰器開關	34	2	(1-2)	0	(0-0.3)	0	(0-0)	<0.001
8. 氧氣流量表	34	1	(0.8-2)	0	(0-0)	0	(0-0)	<0.001
9. 幫浦	31	1	(1-3)	0	(0-0)	0	(0-0)	<0.001
10. 點滴架	34	1	(1-2)	0	(0-0)	0	(0-1)	<0.001

使用 Friedman test 檢定。

表八 紫消前及紫消後菌種種類數目分析比較

	n	階段 1 (紫消前)		階段 2 (紫消後)		p value
		Median	IQR	Median	IQR	
1. 床欄	36	1	(1-2)	0	(0-0)	<0.001
2. 床頭板	36	2	(1-3)	0	(0-1)	<0.001
3. 床尾板	36	2	(1-2)	0	(0-1)	<0.001
4. 叫人鈴	36	1	(0-1)	0	(0-0)	<0.001
5. 床旁桌	36	2	(1-2.8)	0	(0-1)	<0.001
6. 監視器	36	1	(1-2)	0	(0-0)	<0.001
7. 抽痰器開關	36	2	(1-2)	0	(0-1)	<0.001
8. 氧氣流量表	36	1	(1-2)	0	(0-0)	<0.001
9. 幫浦	32	1	(1-2.8)	0	(0-0)	<0.001
10. 點滴架	36	1	(1-2)	0	(0-0)	<0.001

使用 Wilcoxon Signed Ranks test 檢定。

表九 紫消後及漂白水後菌種種類數目分析比較

	n	階段 2 (紫消後)		階段 3 (漂白水後)		p value
		Median	IQR	Median	IQR	
1. 床欄	34	0	(0-0)	0	(0-1)	0.212
2. 床頭板	34	0	(0-1)	0	(0-1)	0.109
3. 床尾板	35	0	(0-1)	0	(0-1)	0.926
4. 叫人鈴	34	0	(0-0)	0	(0-0)	0.792
5. 床旁桌	34	0	(0-1)	0	(0-1)	0.670
6. 監視器	34	0	(0-0)	0	(0-0)	0.480
7. 抽痰器開關	34	0	(0-0.3)	0	(0-0)	0.206
8. 氧氣流量表	34	0	(0-0)	0	(0-0)	1.000
9. 幫浦	31	0	(0-0)	0	(0-0)	0.564
10. 點滴架	34	0	(0-0)	0	(0-1)	0.025

使用 Wilcoxon Signed Ranks test 檢定。

表十 紫消前、紫消後空氣菌落數計數及菌種種類數目結果比較

	n	階段 1 (紫消前)		階段 2 (紫消後)		p value
		Median	IQR	Median	IQR	
菌落數計數 (CFU/cm <sup>2</sup> )	36	12.5	(10-17.5)	8.5	(5-11.8)	<0.001
菌種數目	36	3	(3-4)	3	(2-4)	0.039

使用 Wilcoxon Signed Ranks test 檢定。CFU: colony-forming unit.

菌落量統計結果一致，呈全數顯著下降 ( $p$  值  $<0.001$ ) (表八)。在階段 2 與階段 3 的比較中，除了點滴架項目有差異 ( $p$  值  $<0.05$ )，其餘項目間均無顯著差異 (表九)。

共收集了 144 份空氣樣本，包括紫消前、後的採樣樣本。研究結果顯示，在階段 1 和階段 2 中，空氣中的菌落量和菌種種類數目都呈現顯著下降 ( $p < 0.001$  和  $p = 0.039$ ) (表十)。進一步的菌種鑑定結果顯示，

*Micrococcus luteus* 是最常見的菌種。

本研究在環境採檢中共進行了 1011 筆菌種鑑定分析。結果顯示，革蘭氏陽性球菌佔了最大比例，佔總數的 65.48% (662/1011)，其次是革蘭氏陰性桿菌佔 16.02% (162/1011)，革蘭氏陽性桿菌佔 12.36% (125/1011) 及真菌佔 6.13% (62/1011)，未分離出革蘭氏陰性球菌。

對於多重抗藥性菌株的分析，包括、vancomycin resistant *Enterococcus*

(VRE)、methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA)、carbapenem resistant *Enterobacteraceae* (CRE)、carbapenem resistant *Acinetobacter baumannii* (CRAB) 和 carbapenem resistant *Pseudomonas aeruginosa* (CRPA) 採用了紙錠法，抗藥性菌株的分離率為 28.95% (33/114)，包括 VRE 73.08% (8/26)、MRSA 20% (1/5)、CRE 17.39% (4/23)、CRAB 8.57% (9/46)、CRPA 0% (0/14)，【抗藥菌分離率公式為：抗藥菌株的數量 / 菌株的總數量】。紫消前，有 16 個病室分離出多重抗藥性菌 (MDRO)，隔離床經過紫消後，僅 1 床於床旁桌檢出 VRE，其殺菌率為 93.75%。顯示紫消燈 UV-C 254nm 對於多重抗藥性菌株（包括 VRE、MRSA、CRE 和 CRAB）具有良好的殺菌效果。

## 討 論

本研究發現 UV-C 設備應用於環境終期消毒有絕對的優勢，不論是在環境表面或空氣的檢測均證實其有效性。過去研究發現新病人入院後，可能因之前環境表面存有多重抗藥性菌株而增加感染風險，降低致病菌的數量可望預防醫療照護相關的感染或移生 [1, 12]。使用紫外線輻射裝置用於病房環境消毒，可顯著減少 MRSA、MDRAB、VRE 及 *Clostridioides difficile* 陽性培養

率 [13-15]，Anderson 等人 (2017) 的研究顯示紫外線終期消毒後，多重抗藥性菌 MRSA、VRE、CRAB 及 *Clostridioides difficile* 的生物負載量，在不同的清潔方式中效果最為顯著 [5]，本研究結果與上述結果類似，多重抗藥性菌 VRE、MRSA、CRE、CRAB 等的殺菌效果在紫消後均呈現下降趨勢，其殺菌率為 93.75%。在使用 UV-C 設備之前，我們在 16 個出院病室中鑑定出多重抗藥性菌的存在，這些菌株分佈於多個採檢點。根據結果，我們發現出現頻率最高的前三個陽性採檢點分別為幫浦、監視器和床欄。另外，值得注意的是，在這 16 個病室中，實際上只有 9 個病室曾被 MDRO 陽性病人使用過。然而，只有 4 個病室分離出的 MDRO 菌株與陽性病人感染的菌株相符。這表明另外 5 個 MDRO 陽性病人床位分離出了不同於實際病人感染的 MDRO 菌株，顯示該環境中可能存在多種不同的抗藥性菌株，並且可能通過其他途徑傳播。若能藉由 UV-C 優秀的殺菌效果，來防止 MDRO 的傳播和於醫療設施中蔓延，是一項不錯的選擇。

回溯文獻，本研究是臨床上少數將抗藥性腸道菌 (CRE) 納入紫消燈殺菌評估成效的試驗，且每床 10 個採檢點的數目相較於先前的研究設計，收集的樣本資訊更加多元。

根據研究結果顯示，對於進行階段 2（紫消後），再進行漂白水擦拭

程序（階段3），與僅進行階段2的比較結果顯示，除了點滴架外，其他項目的菌落量和菌種種類統計上並無明顯差異（表六）。這可能是因為紫消後，環境表面相對乾淨。然而，我們觀察到高接觸面的醫療儀器，例如監視器、抽痰器、氧氣流量表和幫浦機，在階段2和階段3的ATP值比較中顯示出統計上的差異（ $p$  value <0.001）（表三）。這可能是因為這些醫療儀器容易沾有病人體液，含有較多有機物，影響到ATP數值。另外，這些醫療儀器的擦拭主要由護理人員協助進行，他們對清潔處理的細節更加重視，可能也是造成差異的原因之一。

空氣採樣方面，紫消後較紫消前的菌落數明顯減少（ $p$  value <0.001），*Micrococcus luteus* 為主要菌種，此結果與 Hoseinzadeh 等人 (2013) 檢出空氣中的菌種 coagulase-negative staphylococci 不同 [16]。但與另3篇研究相同，*M. luteus* 為空氣中常見菌種 [17-19]，此菌為人類皮膚常在菌，對於醫院內免疫力差的病人，容易造成伺機性感染 [20, 21]。本研究於空氣中檢出之真菌，考量真菌鑑定方式不易及實驗室效能未進行鑑定。

紫外線裝置雖具有良好的殺菌能力，但容易因屏障遮住影響消毒效果，因此清潔程序中通常會先進行手動清消後，再輔以UV-C設備進行消毒，以達到更完善的清潔效果 [22-24]，醫院清潔工作者屬高度

風險人員，但自我防護執行的落實度較低 [25]，本研究單位為內科加護病房，收住的病人易罹患呼吸道疾病或受多重抗藥性菌株感染，若能在進行傳統手動清消程序前，先使用UV-C設備進行病室消毒，減少環境表面、儀器及空氣的菌落量，對清潔人員而言是一項重要的保護性措施。

## 限制

這項研究有幾個侷限性：1. 當進行清潔完整性評估時，觀察者雖刻意與清潔區域保持距離，避免對清潔人員產生干擾，但仍有少數清潔人員於開始工作前，會特地詢問護理師有無要注意的地方，或表情緊張的表示自己代班人員，可否不要被評估。清潔時間也較平日延長或加快。清潔人員容易因有研究人員的觀察，而與平日清消做法不同，影響清消結果 [26, 27]。2. 環境表面採檢點的選擇，因考量需為病室既有設施內容、清潔程序不易落實、文獻建議之高接觸面採樣點及隨機進行7個採樣點（聽診器、床墊、窗戶、床頭燈罩、醫護名牌架、地板及內牆）測試後決定10項採檢內容，恐有其他遺漏之處。3. 因環境及空氣中存在菌種的多樣性，部分菌種難以鑑定，僅能以革蘭氏染色初步判斷其類別；真菌部分僅列出酵母菌及黴菌。4. 研究單位的病室雖為獨立空間，但並無實體門，進行空氣採檢過程中，僅以隔簾與公

共空間進行區隔，走道上容易有各職類人員行走，無法得知是否對採檢結果造成影響。

## 結 論

高效能 UV-C 設備在改善環境表面及空氣清潔方面具有顯著效果。不論是從 ATP 值檢驗、菌落量計數還是菌種種類數目的分析結果，都能觀察到明顯的下降趨勢。此外，在環境表面的評估中，階段 2 和階段 3 的 ATP 值檢驗結果顯示明顯差異，但對照菌落量計數結果並無明顯差異，這可能是因為 UV-C 的殺菌效果良好，導致殘留的菌落量較少。

UV-C 對於多重抗藥性菌的殺菌效果更為優越，能有效清除大多數抗藥性菌株。因此，建議在病室終期環境消毒時（特別是在收治呼吸道疾病或多重抗藥性菌病人的高風險單位），應考慮納入 UV-C 設備作為消毒程序的一部分。目前多數仍然使用漂白水進行終期消毒的情況下，未來的研究可以進一步比較常規漂白水消毒和 UV-C 設備的效果，以更全面地評估不同終期消毒方法的效果，這將有助於制定更有效的終期消毒策略。

## 利益衝突聲明

所有作者均聲明無利益衝突。本研究之紫消燈設備由銓安企業股份有限公司提供試用，但不參與研究設

計、數據收集、檢驗結果分析和解釋。

## 致 謝

感謝中榮生統小組，對本研究的協助，過程中提供了寶貴的意見，使本研究能夠順利進行並取得有意義的結果。

## 參考文獻

1. Otter, JA, Yezli S, Salkeld JAG, et al: Evidence that contaminated surfaces contribute to the transmission of hospital pathogens and an overview of strategies to address contaminated surfaces in hospital settings. *Am J Infect Control* 2013; 41:6-11.
2. Mitchell BG, Dancer SJ, Anderson M, et al: Risk of organism acquisition from prior room occupants: a systematic review and meta-analysis. *J Hosp Infect* 2015; 91: 211-7.
3. Jefferson J, Whelan R, Dick B, et al: A novel technique for identifying opportunities to improve environmental hygiene in the operating room. *AORN J* 2011; 93:358-4.
4. Carling, PC, Briggs J, Hylander D, et al: An evaluation of patient area cleaning in 3 hospitals using a novel targeting methodology. *Am J Infect Control* 2006; 34: 513-9.
5. Anderson, DJ, Chen LF, Weber DJ, et al: Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the benefits of enhanced terminal room disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. *The Lancet* 2017; 389: 805-14.
6. Schulster L, Chinn RYW; CDC; HICPAC; Guidelines for environmental infection control in health-care facilities; recommendations of CDC and Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). *MMWR Recomm Rep*; 52: 1-42.
7. Hoseinzadeh, E, Samarghandie MR, Ghiasian SA, et al: Evaluation of bioaerosols in five educational

- hospitals wards air in hamedan, during 2011-2012. Jundishapur J Microbiol 2013; 6: 10704.
8. Beggs CB: The airborne transmission of infection in hospital buildings: Fact or fiction? Indoor Built Environ 2003; 12: 9-18.
  9. Huslage, K, Rutala WA, Sickbert-Bennett E, et al: A Quantitative Approach to Defining “High-Touch” Surfaces in Hospitals. Infect Control Hosp Epidemiol 2010; 31: 850-3.
  10. Mulvey D, Redding P, Robertson C, et al: Finding a benchmark for monitoring hospital cleanliness. J Hospital Infect 2011; 77: 25-30.
  11. 吳惠馨、陳瑛瑛、傅玲：影響手術室空氣中微生物之因素與控制。感染控制雜誌 2016; 26: 195-202.
  12. Weber DJ, Rutala WA: Understanding and preventing transmission of healthcare-associated pathogens due to the contaminated hospital environment. Infect Control Hospital Epidemiol. 2013; 34: 449-52.
  13. Nerandzic MM, Cadnum JL, Pultz MJ, et al: Evaluation of an automated ultraviolet radiation device for decontamination of *Clostridium difficile* and other healthcare-associated pathogens in hospital rooms. BMC infect Dis 2010; 10: 1-8.
  14. Wong T, Woznow T, Petrie M, et al: Postdischarge decontamination of MRSA, VRE, and *Clostridium difficile* isolation rooms using 2 commercially available automated ultraviolet-C-emitting devices. Am J Infect Control. 2016; 44: 416-20.
  15. Yang JH, Wu UI, Tai HM, et al: Effectiveness of an ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens. Journal of Microbiology. Immunol Infect 2019; 52: 487-93.
  16. Hoseinzadeh, E. Samarghandie MR, Ghiasian SA, et al: Evaluation of bioaerosols in five educational hospitals wards air in Hamedan, during 2011-2012. Jundishapur J Microbiol 2013; 6(6).
  17. Huang, LL, Mao IF, Chen ML, et al: The microorganisms of indoor air in a teaching hospital. Taiwan J Public Health 2006; 25: 315-22.
  18. Shintani H, Taniai E, Miki A, et al: Comparison of the collecting efficiency of microbiological air samplers. J Hosp Infect 2004; 56: 42-8.
  19. Folyan A, Mohandas K, Ambu S, et al: Kytococcus sedentarius and Micrococcus luteus: highly prevalent in indoor air and potentially deadly to the immunocompromised-should standards be set? Trop Biomed 2018; 35: 149-60.
  20. Magee JT, Burnett IA, Hindmarch JM, et al: *Micrococcus* and *Stomatococcus* spp. from human infections. J Hosp Infect 1990; 16: 67-73.
  21. Oudiz R, Widlitz A, Beckmann XJ, et al: *Micrococcus*-Associated central Venous Catheter Infection in Patients With Pulmonary Arterial Hypertension. Chest 2004; 126: 90-4.
  22. 邱耀寬：以紫外線照射作為病房消毒之方法。感染控制雜誌 2011; 21:139-41.
  23. Rutala WA, et al. Gergen MF, Tande BM, Rapid hospital room decontamination using ultraviolet (UV) light with a nanostructured UV-reflective wall coating. Infect Control Hosp Epidemiol 2013; 34: 527-9.
  24. Sitzlar B, Deshpande A, Fertelli D, et al: An environmental disinfection odyssey: evaluation of sequential interventions to improve disinfection of *Clostridium difficile* isolation rooms. Infect Control Hosp Epidemiol; 2013; 34: 459-65.
  25. 陳王琨、李志豪：清潔從業人員對室內空氣汙染物危害認知及自我防護之研究。健康促進暨衛生教育雜誌 2014; 38: 67-98.
  26. Gould D, Creedon S, Jeanes A, et al: Impact of observing hand hygiene in practice and research: a methodological reconsideration. J Hosp Infect 2017; 95: 169-74.
  27. Pan SC, Tien KL, Hung IC, et al: Compliance of health care workers with hand hygiene practices: independent advantages of overt and covert observers. PLoS One 2013; 8: e53746.

## 附錄一、病人環境清潔、消毒查核表

外包公司： \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ 查核日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

查核者姓名：\_\_\_\_\_ 被查核者姓名：\_\_\_\_\_ 病房-床號：\_\_\_\_\_

項 目	配分	正確	不正確	附註
1.清潔、消毒頻次 (1)隔離病床 每天至少一次 群聚感染時每天至少二次 (2)非隔離加護病床：每天至少一次 (3)終期：要重複擦拭2次(每次以新泡製的漂白水擦拭)	5%			只擦1次扣 2.5分
2.穿戴口罩、手套、隔離衣(清潔隔離病床時需穿隔離衣) 泡製漂白水時，需配戴護目鏡	5%			缺一項扣2 分
3.隔離病床的清潔器具，包括桶子、清潔巾不共用	5%			
4.若有明顯髒污或垃圾，消毒前需先清潔	5%			
5.漂白水應於工作前泡製，不可隔夜使用	5%			漂白水實測 濃度：
6.需要有漂白水或消毒錠泡製說明	5%			
7.以500ppm漂白水擦拭病床周圍物品(空氣隔離及諾羅 病毒感染病人病床周圍物品，以1000ppm漂白水擦拭)	5%			
8.依序確實擦拭以下環境表面 (1)一般病房：床旁桌、床頭、床尾板及雙側床欄 (2)加護病房：病床旁的環境物品(含治療台、抽痰器開 關、氧氣流量表開關*、呼叫鈴、燈罩、 電話、床旁桌)、病床(床頭、床尾板及 雙側床欄)。 (3)終期消毒請依由外而內、由上而下，確實擦拭床旁 環境物品。 附註：*若不是清潔人員清潔範圍則不扣分	50%			1.若未確實 擦拭手部接 觸部位，每 一物品扣5 分 2.若順序錯 誤，每一物 品扣5分
9.每擦拭完一至二處，需將布巾再浸濕漂白水後，方能再 擦拭另一處。	5%			
10.清潔用具：清潔隔離病床後，清潔巾及桶子應清洗乾 淨，以新泡製之500ppm漂白水泡消30分鐘後，再清 洗、晾乾。若未清洗、消毒，則需單次使用。	5%			
11.完成隔離病床的清潔消毒工作後，要脫除用過之手套 及洗手後，方能再戴新的手套，至下一床進行清潔消毒 工作。	5%			

總分：

# The Effectiveness of High-efficiency Ultraviolet-C Devices for Terminal Environmental Disinfection

Pei-Xuan Huang<sup>1</sup>, Chun-Hsi Tai<sup>1</sup>, Hsin-Yi Hung<sup>1</sup>, Yu-Fen Chen<sup>1</sup>, Pei-Yi Lin<sup>2</sup>,  
Ying-Chun Chen<sup>1</sup>, Huei-Mei Huang<sup>1</sup>, Zhi-Yuan Shi<sup>1</sup>, Pei-Chun Chen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Center of Infection Control, <sup>2</sup>Department of Nursing, Taichung Veterans General Hospital;

<sup>3</sup>China Medical University, Taichung, Taiwan

Hospital environments and medical devices are prone to contamination by multidrug-resistant bacteria. The effectiveness of environmental cleaning practices in hospitals is often suboptimal due to various factors, including human error, the physical and chemical properties of the environment, and the survival capabilities of microorganisms. This study, conducted from April to June 2018 at a medical center in central Taiwan, involved collecting surface and air samples from patient rooms in the medical intensive care unit during patient discharge or transfer. The samples underwent analysis in three stages: before UV-C treatment, after UV-C treatment, and after UV-C treatment followed by a bleach procedure, to assess the efficacy of disinfecting high-contact surfaces. The analysis included ATP bioluminescence testing, colony counting, and bacterial species identification. Air samples were also evaluated for colony counting and bacterial species identification before and after UV-C treatment.

A total of 2,110 surface samples were collected. The results indicated a significant decrease in ATP values, colony counts, and bacterial species diversity at ten high-contact surface locations across three stages: before UV-C treatment, after UV-C treatment, and after UV-C treatment followed by a bleach procedure. Additionally, 144 air samples, including those taken pre- and post-UV-C treatment, were collected. The findings revealed a significant reduction in colony counts ( $p < 0.001$ ) and bacterial species diversity ( $p = 0.0039$ ). The clearance rate for drug-resistant strains reached 93.75%. The use of high-performance UV-C germicidal devices for terminal cleaning in patient rooms markedly improved the



cleanliness of environmental surfaces and air by reducing the total colony count and bacterial species. This method should be considered an effective strategy for hospital environmental disinfection, especially in combating drug-resistant bacterial contamination.

Key words: UV-C, medical environmental cleaning, multidrug-resistant bacteria