

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671—9638. 20233054

· 论 著 ·

## 高强度紫外线消毒机器人对多重耐药菌的消毒效果

韩梦鸽<sup>1</sup>, 史庆丰<sup>1</sup>, 高晓东<sup>1</sup>, 陈舒梅<sup>2</sup>, 贾磊<sup>3</sup>, 孙伟<sup>1</sup>, 沈燕<sup>1</sup>, 陈翔<sup>1</sup>, 林佳冰<sup>1</sup>, 崔扬文<sup>1</sup>, 林蕾蕾<sup>4</sup>

(1. 复旦大学附属中山医院感染管理科, 上海 200032; 2. 赣南医学院第一附属医院感染管理科, 江西 赣州 341000; 3. 嘉兴市第一医院感控与公共卫生部, 浙江 嘉兴 314000; 4. 复旦大学附属中山医院平疫结合病房, 上海 200032)

**[摘要]** **目的** 评估不同条件下, 一种自主移动直射式高强度紫外线消毒机器人对环境物体表面多重耐药菌消毒效果。**方法** 制备  $0.5 \times 10^6$  CFU/mL 的耐碳青霉烯肺炎克雷伯菌(CRKP)和耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA)染菌载玻片, 消毒机器人在不同时间、距离、角度、遮挡及移动状态下对染菌载体进行照射消毒。消毒后使用无菌棉签刮洗染菌载玻片并涂抹至血平板, 35℃ 培养 48 h 后进行细菌计数, 计算不同状态下的杀灭率和杀灭对数值。**结果** 静置状态下, 距离 1 m 处, 照射 5、10 min 时, CRKP 和 MRSA 的杀灭率均为 100%, 杀灭对数值均  $\geq 3$ ; 距离 1 m 处, 在保鲜膜遮挡和无遮挡条件下, 照射 5、10 min 的 CRKP 和 MRSA 杀灭率均为 100%, 杀灭对数值均  $\geq 3$ , 消毒效果达标。移动状态下, 对 CRKP 和 MRSA 各角度照射时杀灭率均为 100%, 杀灭对数值均  $\geq 3$ , 消毒效果达标。**结论** 高强度紫外线消毒机器人可在短时间内对多重耐药菌达到良好的消毒效果, 且某些穿透率较高的材质仍维持较佳的消毒结果。

**[关键词]** 高强度紫外线; 多重耐药菌; 环境物表; 消毒; 消毒机器人

**[中图分类号]** R187

## Disinfection efficacy of high-intensity ultraviolet disinfection robot on multidrug-resistant organisms

HAN Meng-ge<sup>1</sup>, SHI Qing-feng<sup>1</sup>, GAO Xiao-dong<sup>1</sup>, CHEN Shu-mei<sup>2</sup>, JIA Lei<sup>3</sup>, SUN Wei<sup>1</sup>, SHEN Yan<sup>1</sup>, CHEN Xiang<sup>1</sup>, LIN Jia-bing<sup>1</sup>, CUI Yang-wen<sup>1</sup>, LIN Lei-lei<sup>4</sup> (1. Department of Infection Management, Zhongshan Hospital of Fudan University, Shanghai 200032, China; 2. Department of Infection Management, First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou 341000, China; 3. Department of Infection Control and Public Health, The First Hospital of Jiaxing, Jiaxing 314000, China; 4. General and Epidemic Combination Ward, Zhongshan Hospital of Fudan University, Shanghai 200032, China)

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the disinfection efficacy of an autonomous mobile direct-radiation high-intensity ultraviolet disinfection robot on multidrug-resistant organisms (MDROs) on environmental object surface. **Methods**

Slides smeared with  $0.5 \times 10^6$  CFU/mL carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* (CRKP) and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) were prepared and disinfected by irradiation of disinfection robot at different duration, distances, angles, shielding and moving status. After disinfection, bacterial slides were scraped with sterile cotton swabs and smeared on blood agar plates, plates were then cultured at 35℃ for 48 hours. Bacteria count as well as killing rate and killing logarithm value under different conditions were calculated. **Results** Under static status, the killing rates of both CRKP and MRSA at an irradiation distance of 1 m for 5 minutes and 10 minutes were 100%, and all killing logarithms were  $\geq 3$ . With irradiation at a distance of 1 m for 5 minutes and 10

**[收稿日期]** 2022-06-23

**[基金项目]** 上海市科委应急科技攻关基金资助项目(20411950104); 上海申康医院发展中心市级医院临床科技创新基金资助项目(SHDC22021315)

**[作者简介]** 韩梦鸽(1993-), 女(汉族), 河南省鹤壁市人, 初级公共卫生医师, 主要从事医院感染预防与控制研究。

**[通信作者]** 林蕾蕾 E-mail: linleiei2000@163.com

minutes respectively, the killing rates of both CRKP and MRSA with and without plastic wrap were 100%, and all killing logarithms were  $\geq 3$ , disinfection efficacy reached the standard. In moving state, the killing rates of CRKP and MRSA at all detected angles were 100%, all killing logarithm value were  $\geq 3$ , and the disinfection efficacy reached standard. **Conclusion** High-intensity ultraviolet disinfection robot can achieve good disinfection efficacy on MDROs in a short time, the disinfection efficacy remains in case of materials with high penetration rate.

**[Key words]** high-intensity ultraviolet; multidrug-resistant organism; environmental object surface; disinfection; disinfection robot

医院环境的物体表面清洁、消毒是预防和控制医院相关感染的基础,也是减少多重耐药菌传播的关键措施之一<sup>[1-3]</sup>。《医疗机构环境表面清洁与消毒管理规范》(WS/T 512—2016)指出,环境表面检出多重耐药菌可选用紫外线进行照射消毒,强化清洁与消毒频率<sup>[4]</sup>。紫外线灯消毒具有经济安全、操作简单、毒副作用小等优点,应用于医院空气消毒和终末消毒,但消毒效果受作用时间、作用距离、辐射照度等因素影响,且存在穿透力差和需在无人条件下使用等问题,限制其在医院的进一步应用<sup>[5-7]</sup>。随着新型技术的发展和硬件设备的开发,高强度、可移动式紫外线消毒机器人逐渐应用于各类场景,并取代传统紫外线灯成为医院消毒的新方法。本研究使用的高强度紫外线消毒机器人由 8 支紫外线灯管组成,单支灯管 1 m 处紫外线辐照强度为 150  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,具有辐照照度高、输出稳定、可自主移动等优势,适合医院内环境物体表面的消毒。本研究选取两种医院常见的多重耐药菌作为指示菌,通过模拟现场试验评估不同时间、距离、角度,遮挡物存在以及移动状态下该机器人对环境物体表面的消毒效果。

## 1 材料与方 法

**1.1 试验材料与仪器** 自主移动直射式紫外线消毒机器人(贺利氏 Soluva Zone A 10 型,单支灯 40 W),比浊仪,哥伦比亚血平板(江苏科玛嘉),一次性载玻片(76 mm $\times$ 26 mm),移液枪,一次性接种环,紫外线照度计,无菌棉签,生理盐水,恒温培养箱,医用无纺布(聚丙烯,克重 50 g)和保鲜膜(聚乙烯,厚度 0.01 mm)。试验菌种为耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*, CRKP)标准菌株 ATCC BAA-1705 和耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA)标准菌株 ATCC 43300。

**1.2 染菌载体的制备** 将 -80 $^{\circ}\text{C}$  冷冻保存的 CRKP ATCC BAA-1705 复苏接种至血平板,37 $^{\circ}\text{C}$

培养 48 h 后挑取单个菌落于比浊管中,使用比浊仪调整至 0.5 麦氏单位(细菌浓度约为  $10^8$  CFU/mL),并倍比稀释至约  $0.5 \times 10^6$  CFU/mL,制成 CRKP 菌悬液<sup>[8]</sup>。使用相同方法制备 MRSA 菌悬液。试验开始时,使用移液枪滴加 20  $\mu\text{L}$  的 CRKP 或 MRSA 菌悬液于载玻片上,使用一次性接种环均匀涂抹后,室温下自然晾干。

**1.3 紫外线照射条件** 每次试验开始前,先开机作用至产品说明书规定的预热时间(2 min)。以下每个试验重复 2 次。

**1.3.1 不同时间和距离** 将消毒机器人设定为静置状态,分别在距离 1、2、3 m 处水平放置 CRKP 和 MRSA 染菌载体,分别照射 5、10、30 min 后回收。

**1.3.2 不同照射角度** 将消毒机器人设定为静置状态,分别在距离 2、3 m 处,水平、与水平夹角 60 $^{\circ}$ 、垂直 90 $^{\circ}$ 放置 CRKP 和 MRSA 染菌载体(见图 1),照射 5 min 后回收。



图 1 消毒机器人不同照射角度示意图

**Figure 1** Diagram of disinfection robot at different irradiation angles

**1.3.3 遮挡条件** 将消毒机器人设定为静置状态,在距离 1 m 处设置医用无纺布遮挡、保鲜膜遮挡和无遮挡的 CRKP 和 MRSA 染菌载体,分别照射 5、10、30 min 后收集染菌载体。

**1.3.4 移动状态** 在 1 m 高度处,水平、与水平夹角 60 $^{\circ}$ 、垂直 90 $^{\circ}$ 放置的 CRKP 和 MRSA 染菌载体,机器人以 0.1 m/s 的速度在距离染菌载体前后的 2 m 范围内往返 1 次进行照射消毒,收集染菌载体。

**1.4 对照** 以不进行紫外线照射消毒的 CRKP 和 MRSA 染菌载体作为阳性对照,以生理盐水制备的染菌载体在相同条件下照射消毒作为阴性对照。

1.5 细菌培养和计算方法 消毒后,使用生理盐水浸润的无菌棉签刮洗染菌载体上的细菌,均匀涂抹至血平板,35℃培养 48 h 后计算生长菌落数(colony forming unit,CFU)。对照组按照相同方法处理。计算两次试验菌落数的平均值,按下式计算杀灭率和杀灭对数值:杀灭率=(阳性对照组菌落数-试验组菌落数)/阳性对照组菌落数×100%;杀灭对数值=阳性对照组菌落数对数值-试验组菌落数对数值<sup>[9]</sup>。

1.6 评价标准 根据《紫外线消毒器卫生要求》GB 28235—2020,将细菌杀灭对数值≥3.00 的标本判定为消毒效果达标<sup>[9]</sup>。

## 2 结果

2.1 不同照射时间和距离消毒效果 距离 1 m 处,照射 5、10、30 min 的 CRKP 和 MRSA 试验组杀

灭率均为 100%,杀灭对数值分别为 3.20、3.15、2.04 和 3.60、3.60、2.70;距离 2 m 处,照射 5、10、30 min 的 CRKP 杀灭率分别为 97.56%、97.71%和 100%,MRSA 杀灭率分别为 98.13%、98.35%和 100%,杀灭对数值均<3.00;距离 3 m 处,照射 5、10、30 min 的 CRKP 杀灭率分别为 68.75%、83.57%和 100%,MRSA 杀灭率分别为 90.25%、93.50%和 100%,杀灭对数值均<3.00。见表 1。

2.2 不同照射角度消毒效果 照射角度为 0°、60°和 90°,距离 2 m 的 CRKP 杀灭率分别为 97.56%、95.44%、100%,MRSA 杀灭率分别为 98.13%、96.28%、99.63%;距离 3 m 的 CRKP 杀灭率分别为 68.75%、88.69%、93.69%,MRSA 杀灭率分别为 90.25%、95.05%、94.55%。照射角度 90°、距离 2 m 的 CRKP 杀灭对数值为 3.20,其余杀灭对数值均<3.00。见表 2。

表 1 高强度紫外线消毒机器人不同照射时间和距离下对指示菌杀灭效果

Table 1 Killing efficacy of high-intensity ultraviolet disinfection robot on indicator bacteria at different irradiation time and distance

指示菌	时间 (min)	阳性对照组 (CFU)	1 m			2 m			3 m		
			试验组 (CFU)	杀灭率 (%)	杀灭对数值	试验组 (CFU)	杀灭率 (%)	杀灭对数值	试验组 (CFU)	杀灭率 (%)	杀灭对数值
CRKP	5	1 600	0	100	3.20	39	97.56	1.61	500	68.75	0.51
	10	1 400	0	100	3.15	32	97.71	1.64	230	83.57	0.78
	30	110	0	100	2.04	0	100	2.04	0	100	2.04
MRSA	5	4 000	0	100	3.60	75	98.13	1.73	390	90.25	1.01
	10	4 000	0	100	3.60	66	98.35	1.78	260	93.50	1.19
	30	500	0	100	2.70	0	100	2.70	0	100	2.70

表 2 高强度紫外线消毒机器人不同照射角度下对指示菌杀灭效果

Table 2 Killing efficacy of high-intensity ultraviolet disinfection robot on indicator bacteria at different irradiation angles

指示菌	角度	阳性对照组 (CFU)	2 m			3 m		
			试验组 (CFU)	杀灭率 (%)	杀灭对数值	试验组 (CFU)	杀灭率 (%)	杀灭对数值
CRKP	0°	1 600	39	97.56	1.61	500	68.75	0.51
	60°	1 600	73	95.44	1.34	181	88.69	0.95
	90°	1 600	0	100	3.20	101	93.69	1.20
MRSA	0°	4 000	75	98.13	1.73	390	90.25	1.01
	60°	4 000	149	96.28	1.43	198	95.05	1.31
	90°	4 000	15	99.63	2.43	218	94.55	1.26

注:照射时间为 5 min。

2.3 不同遮挡条件下消毒效果 无遮挡和保鲜膜遮挡条件下,CRKP 和 MRSA 照射 5、10 min 时的杀灭率均为 100%,杀灭对数值均≥3.00,消毒效果

均达标;医用无纺布遮挡时,CRKP 杀灭率分别为 99.38%、99.29%,MRSA 杀灭率分别为 98.80%、98.13%,杀灭对数值均<3.00。见表 3。

表 3 高强度紫外线消毒机器人物表不同遮挡条件下对指示菌杀灭效果

Table 3 Killing efficacy of high-intensity ultraviolet disinfection robot on indicator bacteria under different shielding conditions

指示菌	时间 (min)	阳性对照组 (CFU)	无遮挡			无纺布遮挡			保鲜膜遮挡		
			试验组 (CFU)	杀灭率 (%)	杀灭对数值	试验组 (CFU)	杀灭率 (%)	杀灭对数值	试验组 (CFU)	杀灭率 (%)	杀灭对数值
CRKP	5	1 600	0	100	3.20	10	99.38	2.60	0	100	3.20
	10	1 400	0	100	3.15	10	99.29	2.60	0	100	3.15
MRSA	5	4 000	0	100	3.60	48	98.80	1.92	0	100	3.60
	10	4 000	0	100	3.60	75	98.13	1.73	0	100	3.60

注:照射距离为 1 m。

2.4 移动状态消毒效果 0.1 m/s 移动状态下, CRKP 和 MRSA 各角度试验组杀灭率均为 100%, 杀灭对数值均  $\geq 3.00$ , 消毒效果均达标。见表 4。

表 4 高强度紫外线消毒机器人移动状态下对指示菌杀灭效果

Table 4 Killing efficacy of high-intensity ultraviolet disinfection robot on indicator bacteria at moving status

指示菌	角度	阳性对照组 (CFU)	试验组 (CFU)	杀灭率 (%)	杀灭对数值
CRKP	水平	1 600	0	100	3.20
	60°	1 600	0	100	3.20
	90°	1 600	0	100	3.20
MRSA	水平	4 000	0	100	3.60
	60°	4 000	0	100	3.60
	90°	4 000	0	100	3.60

注:消毒机器人在距离染菌载体前后各 2 m 范围内往返 1 次, 行进速度为 0.1 m/s。

### 3 讨论

紫外线消毒是医院最常用的消毒方式之一, 其消毒原理是利用短波紫外线破坏各类微生物的 DNA 或 RNA 结构, 同时产生具有光氧化还原功能的氢氧基和活性氧, 继而破坏细菌细胞膜, 固化病毒蛋白质, 达到杀菌效果<sup>[10-12]</sup>。医院常用的紫外线灯功率多为 30~40 W, 对应的辐照强度为 100~150  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 通常需要持续作用 30 min 以满足日常的消毒要求。研究<sup>[13]</sup>指出, 紫外线一级杀菌速率常数 0.34~0.37  $\text{cm}^2/(\text{mW} \cdot \text{s})$ , 辐照强度  $\geq 90 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  时, 杀菌效果即可超过 99%。本研究所用的机器人具有 8 支灯管, 单根灯管的额定辐照强度为 150  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 在短时间内即可达到良好的消毒效果。

研究结果显示, 静置状态下开机运行 5 min 即

可对 CRKP 和 MRSA 两种医院常见的多重耐药菌产生显著杀灭效果, 1 m 处的杀灭率均为 100%, 杀灭对数值均  $\geq 3.00$ 。进一步评估对照射距离, 发现 2 m 处的杀灭率为 97.56%~100%, 杀灭对数值为 1.61~2.70, 3 m 处的杀灭率为 68.75%~100%, 杀灭对数值为 0.51~2.70, 存在杀灭率随距离增加而降低的现象, 与既往研究<sup>[8]</sup>结果一致。孙巍等<sup>[8]</sup>研究发现, 与垂直接受紫外线照射相比, 水平接受照射的待消毒物体表面的细菌杀灭对数值降低 1.20, 但仍达到消毒效果, 表明紫外线的杀菌效果受到照射角度的影响。本研究发现, 无论是 CRKP 还是 MRSA 在照射角度为 90°时的杀灭对数值均最高, 比 60°的杀灭对数值高 1.86, 比水平放置时的杀灭对数值高 1.59。

既往研究认为在有遮挡物存在时, 起消毒作用的紫外线将被阻隔, 导致消毒效率大幅降低<sup>[14]</sup>, 但对遮挡物的性质及影响评估较为少见。本研究选取医院常见的医用无纺布和保鲜膜进行遮挡评估, 结果表明保鲜膜遮挡对消毒效果无影响, 而医用无纺布遮挡时 MRSA 和 CRKP 的杀灭率仍维持至 98%以上, 但杀灭对数值  $< 3.0$ 。同期监测结果显示, 无遮挡条件下 1 m 处的紫外线辐照强度高达 350  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 保鲜膜遮挡条件下仍高达 280  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 远高于普通紫外线灯的辐照强度, 短时间内可以达到较佳的消毒效果。虽然医用无纺布对紫外线有一定的阻挡, 但该材质存在缝隙, 紫外线可穿透, 紫外线辐照强度 86  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 可达到一定的消毒效果。

此外, 医院常用的紫外线终末消毒方式包括悬挂式紫外线灯和移动式紫外线灯消毒车两种, 前者存在有效消毒距离过短而后者存在不能自主移动消毒的劣势<sup>[15-16]</sup>。本研究同时评估紫外线消毒机器人自主移动时所经过路径的消毒效果, 结果显示, 紫外线消毒机器人的行进速度为 0.1 m/s, 对 4 m 走廊的持续作用时间为 80 s, 设点处的 CRKP 和 MR-

SA 各组杀灭率均为 100%，显示较佳的移动消毒效果。由于自主移动可在一定程度上弥补距离限制，且智能化设定可实现人机分离，最大程度地降低对操作者的影响，值得在特定场所和区域内使用。

本研究也存在一定的局限性：(1)未能对所有影响因素进行更全面的评估，如病原微生物载量、环境物体表面材质、物体表面湿度、是否存在有机污染物以及不同遮挡物的效果等<sup>[6,17]</sup>；(2)室温下染菌载体的细菌自然死亡率较高，该因素不可控制却影响阳性标本的菌落结果，继而对研究评价造成一定的影响。未来在实际使用过程中，将根据照射距离、物体表面受污染程度、不同遮挡物以及实际作用时间等因素进行综合分析和改进，以全面评价消毒效果。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

## 【参 考 文 献】

[1] Donskey CJ. Does improving surface cleaning and disinfection reduce health care-associated infections? [J]. *Am J Infect Control*, 2013, 41(Suppl 5): S12 - S19.

[2] Branch R, Amiri A. Environmental surface hygiene in the OR: strategies for reducing the transmission of health care-associated infections [J]. *AORN J*, 2020, 112(4): 327 - 342.

[3] 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 [J]. *Am J Infect Control*, 2010, 38(5 Suppl 1): S25 - S33.

[4] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 医疗机构环境表面清洁与消毒管理规范: WS/T 512—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Regulation for cleaning and disinfection management of environmental surface in healthcare: WS/T 512 - 2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.

[5] O'MEARA S. Mechanical medics to the rescue [J]. *Nature (London)*, 2020, 582(7813): S49 - S51.

[6] Guettari M, Gharbi I, Hamza S. UVC disinfection robot [J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2021, 28(30): 40394 - 40399.

[7] Qureshi Z, Yassin MH. Role of ultraviolet (UV) disinfection in infection control and environmental cleaning [J]. *Infect Disord Drug Targets*, 2013, 13(3): 191 - 195.

[8] 孙巍, 谈智, 唐晨晨, 等. 某高效能紫外线消毒器对物体表面消毒效果及影响因素 [J]. *江苏预防医学*, 2020, 31(4): 378 - 380.

Sun W, Tan Z, Tang CC, et al. The germicidal effect and its influencing factors on various surfaces of a high efficient ultraviolet sterilizer [J]. *Jiangsu Journal of Preventive Medicine*, 2020, 31(4): 378 - 380.

[9] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 紫外线消毒器卫生要求: GB 28235—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.

State Administration for Market Regulation, Standardization Administration. Hygienic requirements for ultraviolet appliance of disinfection: GB 28235 - 2020[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.

[10] 周明, 彭楠, 代强, 等. 高强度紫外线对临床常见致病菌的杀灭效果观察 [J]. *中国消毒学杂志*, 2015, 32(3): 219 - 221.

Zhou M, Peng N, Dai Q, et al. Observation on disinfection effect of clinical common pathogens by high strength UV irradiation [J]. *Chinese Journal of Disinfection*, 2015, 32(3): 219 - 221.

[11] Kulms D, Schwarz T. Molecular mechanisms of UV-induced apoptosis [J]. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 2000, 16(5): 195 - 201.

[12] Lee CH, Wu SB, Hong CH, et al. Molecular mechanisms of UV-induced apoptosis and its effects on skin residential cells: the implication in UV-based phototherapy [J]. *Int J Mol Sci*, 2013, 14(3): 6414 - 6435.

[13] 张微微, 孙艳辉, 韦海阳, 等. 紫外线照射对炼乳空桶杀菌效果及其动力学研究 [J]. *食品与机械*, 2019, 35(4): 108 - 112.

Zhang WW, Sun YH, Wei HY, et al. Germicidal effects of ultraviolet on condensed milk barrel and its dynamic [J]. *Food & Machinery*, 2019, 35(4): 108 - 112.

[14] 李钟响, 吴红映, 金美琴. 常见细菌对紫外线敏感性试验观察 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2012, 22(1): 121 - 122.

Li ZX, Wu HY, Jin MQ. Experimental observation of ultraviolet light sensitivity effect on common bacteria [J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2012, 22(1): 121 - 122.

[15] 邹海燕. 两种功率直管紫外线消毒灯在医院中的应用观察 [J]. *中国医疗器械信息*, 2019, 25(1): 144 - 145.

Zou HY. Application of straight tube ultraviolet with two different powers in hospitals [J]. *China Medical Device Information*, 2019, 25(1): 144 - 145.

[16] 王迪, 焦晓兰, 张维超. 紫外线消毒灯相关测试方法及标准解读 [J]. *家电科技*, 2020(2): 44 - 47.

Wang D, Jiao XL, Zhang WC. Evaluation method and related standard interpretation of ultraviolet disinfection lamp [J]. *Journal of Appliance Science & Technology*, 2020(2): 44 - 47.

[17] Umezawa K, Asai S, Inokuchi S, et al. A comparative study of the bactericidal activity and daily disinfection housekeeping surfaces by a new portable pulsed UV radiation device [J]. *Curr Microbiol*, 2012, 64(6): 581 - 587.

(本文编辑:左双燕)

本文引用格式: 韩梦鸽, 史庆丰, 高晓东, 等. 高强度紫外线消毒机器人对多重耐药菌的消毒效果 [J]. *中国感染控制杂志*, 2023, 22(3): 304 - 308. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20233054.

Cite this article as: HAN Meng-ge, SHI Qing-feng, GAO Xiaodong, et al. Disinfection efficacy of high-intensity ultraviolet disinfection robot on multidrug-resistant organisms [J]. *Chin J Infect Control*, 2023, 22(3): 304 - 308. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20233054.