

紫外线灯消毒对冬季学校乙型流感疫情防控效果分析

李雪梅, 孙宇珊, 徐震东, 于海航

广东省深圳市盐田区疾病预防控制中心传染病防治科, 518000

【摘要】 目的 评估紫外线灯消毒在冬季学校乙型流感疫情防控中的实际效果, 为开展学校乙型流感防控提供参考。方法 采用多阶段分层整群抽样方法, 现场检测深圳盐田区 11 所学校 98 个班级紫外线灯下不同距离的辐照值, 通过统计建模, 与学生健康监测信息系统报告的班级流感病例数进行相关分析。结果 共检测 473 盏紫外线灯, 合格率为 53.91%, 达到合格辐照值对应灯下有效距离为 (1.43 ± 0.54) m, 每个班级单位时间总有效辐照体积为 (13.65 ± 32.66) m³。共 74 个班报告流感 599 例, 罹患率为 13.76%, 其中 58 个班报告流感聚集性疫情, 占 59.18%, 疫情持续时间 (14.5 ± 25.25) d。Spearman 相关分析显示, 单位时间紫外线灯有效辐照体积占教室体积比与班级流感罹患率呈负相关 ($r = -0.32, P = 0.00$), 与流感疫情持续时间的关联无统计学意义 ($P = 0.78$)。纳入“不同学校”进行协方差分析显示, 班级流感罹患率、流感疫情持续时间与紫外线灯有效辐照体积占教室体积比的关联均无统计学意义 (P 值均 > 0.05)。结论 紫外线灯消毒措施未能有效降低 2017—2018 年冬季深圳盐田区学校各班级乙型流感罹患率及流感疫情持续时间。

【关键词】 消毒; 流感; 人; 学生

【中图分类号】 R 511.7 R 183 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2019)06-0893-04

Efficacy of ultraviolet light in influenza B prevention and control in schools of Shenzhen in winter/LI Xuemei, SUN Yushan, XU Zhendong, YU Haihang. Yantian District Center for Disease Control and Prevention, Shenzhen (518000), Guangdong Province, China

【Abstract】 Objective To evaluate the efficacy of ultraviolet light in influenza B prevention and control in schools in Yantian District of Shenzhen in winter, and to provide a reference for preventing and controlling influenza B in schools. **Methods** Multistage stratified cluster sampling was conducted. Ultraviolet irradiance was detected in 98 classes of 11 schools. The irradiance of different distances under each ultraviolet lamp were measured. Correlational analysis was conducted with influenza cases reported by Shenzhen Student Health Surveillance System. **Results** A total of 473 ultraviolet lamps were detected, the qualified rate was 53.91%. The effective distance from the lamp corresponding power supply to efficient irradiance was (1.43 ± 0.54) m. The total effective irradiance volume per unit time of each class was (13.65 ± 32.66) m³. Totally 599 influenza cases in 74 classes were reported, with incidence rate of 13.76%. Fifty-eight classes reported influenza clustering, accounting for 59.18%. Average duration of the epidemic was (14.5 ± 25.25) d. Spearman correlation analysis showed that the proportion of irradiance volume per unit time in classroom volume was negatively correlated with class influenza incidence ($r = -0.32, P = 0.00$), but not significant with duration of influenza epidemic ($P = 0.78$). Covariance analysis showed that the incidence of influenza and the duration of influenza epidemic in classes was not significantly correlated with the proportion of irradiance volume per class per unit time in classroom volume ($P > 0.05$). **Conclusion** Ultraviolet light might not effectively reduce the incidence rate of influenza B and the duration of influenza epidemic in schools in Yantian District of Shenzhen over 2017–2018 winter.

【Key words】 Disinfection; Influenza, human; Students

2017—2018 年冬春季全国乙型流感疫情高发, 造成多所学校停课^[1]。紫外线灯消毒因经济、方便、无残留毒性, 对物品无损害, 自 2009 年“墨西哥甲流”大流行后, 被广泛用于学校流感疫情的防控。目前已有大量实验室研究证实紫外线对空气、环境表面微生物的灭菌效果^[2]。本研究旨在应用层面分析评价紫外线灯消毒对学校乙型流感防控的实际价值。

1 对象与方法

1.1 对象 2017 年 11 月—2018 年 2 月, 以学校为基

本抽样单位, 采用分层整群随机抽样方法, 抽取深圳市盐田区学校一年级对应所有班级的学生为研究对象, 最终共 11 所学校 98 个班级的 4 352 名学生入选。按照深圳市学生健康监测信息系统中, 流感样病例定义^[3]: 发热(腋下体温 ≥ 38 °C, 伴咳嗽或咽痛之一); 乙型流感确诊病例: 患者鼻咽拭子, RT-PCR 检测乙型流感病毒阳性; 流感聚集性疫情: 同一班级 1 d 内发生 ≥ 3 例或 1 周内 ≥ 5 例流感样病例。

1.2 方法

1.2.1 紫外线灯辐照度 按照《医院消毒卫生标准》(GB 15982—2012) 要求^[4], 使用 LS126C 型紫外线辐照剂探头置于被检紫外线灯下垂直距离 1 m 的中央处, 待仪器稳定后, 读取数据为紫外线灯辐射照度值。每盏灯共检测 4 个点: D₁ (灯下垂直距离 1 m 的中央

【作者简介】 李雪梅(1986—), 女, 广东梅州人, 硕士, 主管医师, 主要研究方向为传染病防控。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2019.06.028

处), D_2 (D_1 向左水平移动 1 m), D_3 (D_1 向右水平移动 1 m), D_4 (灯下垂直距离到课桌面)。设紫外线灯的辐照度为 Y , 灯下距离为 X , 进行双变量回归分析, 得到回归方程进而推导出合格辐照值 $70 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 所对应的灯下距离 R 。紫外线灯单位时间的有效辐照体积按球形体积 $V=4/3\pi R^3$ 计算, 吸顶式为 $1/2$ 球形体积、悬挂式为 $3/4$ 球形体积、侧墙式为 $1/4$ 球形体积。

1.2.2 效果评价方法 通过前瞻性观察, 记录各班级 2017 年 11 月—2018 年 2 月报告的流感样病例数、罹患率、疫情持续时间(末例发病时间-首例发病时间), 与各班紫外线灯单位时间的有效辐照体积、有效辐照体积占教室体积比进行相关、回归分析。

1.3 统计分析 采用 SPSS 22.0 统计软件, 自变量、应变量均为连续性变量, 绘制散点图, 然后进行直线相关、回归分析。“不同学校”对观察指标有影响, 进一步用协方差分析方法, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 教室紫外线灯辐照情况 98 个班级均安装有紫外线灯, 共 473 盏, 其中吸顶式灯 307 盏, 占 64.9%; 悬挂式 92 盏, 占 19.45%; 侧面墙 74 盏, 占 15.64%。发生流感疫情后, 每个班均使用紫外线灯消毒, 一般于 20:00—23:00 开启, 每次持续 2~3 h。正常使用的灯(能亮且能被紫外线辐照剂读取数值) 270 盏, 使用中辐照值 $\geq 70 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 共 255 盏, 合格率为 53.91%。辐照度随灯下距离增加迅速减小, 二者呈指数负相关, 回归方程: $\text{Ln}Y = -0.78X + 5.17$ 。见图 1。达到合格辐照值对应灯下有效距离为 (1.43 ± 0.54) m。每个班级单位时间总有效辐照体积中位数为 13.65 m^3 , 四分位间距为 32.66 m^3 , 有效辐射照度体积占教室体积比中位数为 8.0%, 四分位间隔为 18.3%。不同学校的单位时间总有效辐照体积、有效辐照体积占教室体积比差异均有统计学意义(F 值分别为 37.59, 39.96, P 值均 < 0.01)。见表 1。

表 1 深圳盐田区不同学校紫外线灯辐照情况($\bar{x} \pm s$)

学校	安装方式	班级数	光管数	合格率/%	辐照度 有效距离/m	单位时间总有效 辐照体积/ m^3	有效辐照体积 占教室体积比/%
A	悬挂	6	24	54.17	1.32±0.43	20.94±12.42	9.93±5.89
B	吸顶	9	72	43.06	1.39±1.22	12.82±14.56	5.63±6.39
C	悬挂	11	44	84.09	1.57±0.13	41.43±13.22	19.02±6.06
D	悬挂	6	24	100.00	1.41±0.07	35.87±3.87	20.83±2.26
E	侧墙	6	24	75.00	1.36±0.40	10.43±3.05	6.78±1.98
F	吸顶+侧墙	11	44	93.18	1.47±0.13	19.65±4.47	12.42±2.82
G	吸顶	13	52	0	0.54±0.05	0.05±0.18	0.31±0.11
H	吸顶	6	24	25.00	0.38±0.29	1.26±1.87	0.60±0.93
I	吸顶	6	12	66.67	1.40±0.05	9.58±5.95	6.33±3.92
J	吸顶	12	70	92.86	1.77±0.29	67.09±23.00	36.15±12.39
K	吸顶+侧墙	12	83	14.46	1.42±0.07	2.05±2.29	1.14±1.27
合计		98	473	53.91	1.43±0.54	13.65±32.66*	8.00±18.30*

注: * 为偏态分布, 为 $M \pm IQR$ 。

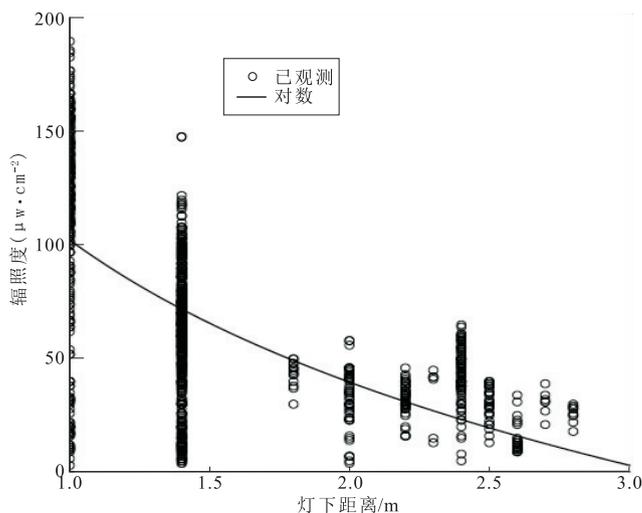


图 1 学校紫外线灯下距离与辐照度关系

2.2 班级流感罹患情况 共 74 个班报告流感 599 例, 罹患率 13.76%, 每班报告 (4.0 ± 9.5) 例。其中 58 个班级报告流感聚集性疫情, 占 59.18%, 疫情持续时间中位数为 14.5 d, 四分位间距为 25.25 d。累计采集

患病学生咽拭子 133 份, 乙型流感阳性 96 份, 阳性率为 72.18%。不同学校流感疫情持续时间差异有统计学意义($F=2.25, P<0.05$)。

2.3 紫外线灯消毒与流感相关性分析

2.3.1 Spearman 相关分析 见图 2。

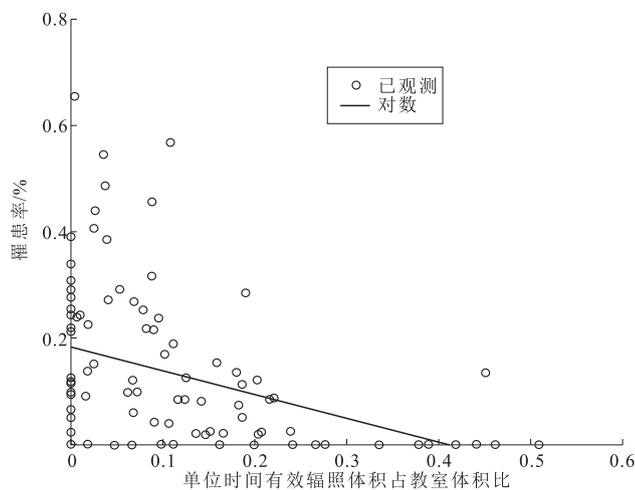


图 2 学校流感罹患率与单位时间有效辐照体积占教室体积比的关系

单位时间紫外灯有效辐照体积占教室体积比与班级流感罹患率呈负相关($r = -0.32, P = 0.00$), 与流感疫情持续时间相关无统计学意义($r = -0.04, P = 0.78$)。

2.3.2 协方差分析 以不同学校、单位时间紫外线有

效辐照体积占教室体积比为协变量, 流感罹患率、流感疫情持续时间为因变量, 分别进行协方差分析, 结果显示, 单位时间有效辐照体积占教室体积比与班级流感罹患率、流感疫情持续时间关系均无统计学意义(P 值均 >0.05)。见表 2。

表 2 不同学校班级流感罹患率及流感疫情持续时间与紫外线有效辐照体积占教室体积比的协方差分析

应变量	自变量	平方和	df 值	均方	F 值	P 值
流感罹患率 ($n = 98$)	校正模型	1.08	11	0.10	7.73	0.00
	单位时间紫外线有效辐照体积占教室体积比	0.00	1	0.00	0.14	0.71
	不同学校	0.75	10	0.08	5.89	0.00
流感疫情持续时间 ($n = 58$)	校正模型	5 779.29	11	525.39	2.15	0.04
	单位时间紫外线有效辐照体积占教室体积比	259.28	1	259.28	1.06	0.31
	不同学校	5 449.67	10	544.97	2.22	0.03

3 讨论

本次调查结果显示, 2017—2018 年冬季深圳盐田区中小学生流感流行趋势、流行强度、流行特征均与康敏等^[1]报道结果一致。接种流感疫苗是最有效的防控手段, 但我国人群流感疫苗的接种率每年仅为 1.5%~2.2%^[5], 2017—2018 年我国大陆地区使用的三价流感疫苗未包含流感乙型 Yamagata 亚型, 疫苗株与流行毒株不匹配, 使得校园流感疫情的防控缺乏最有力的手段。所以紫外线灯消毒作为切断传播途径的一种方式, 成为校方控制传染病疫情的一个重要辅助措施。

紫外线灯对空气及物体表面的灭菌效果已被大量实验室研究证实, 刘毅萍等^[2]用紫外线灯照射 5 m² 房间 30 min 后, 空气中浮游微生物量减少 82.3%, 培养皿菌落数杀灭率为 98.69%~100%。但紫外线灯消毒在校园传染病防控中的应用研究极少, 且实际消毒效果受到不同病种、不同时间、安装使用是否规范等因素影响。林云万等^[6]研究显示, 紫外线灯合格率与托幼机构手足口病、诺如病毒等肠道传染病聚集性疫情发生次数、罹患率有关, 是保护性因素^[7]。Anne 等^[8]基于美国多个学校流行性腮腺炎、水痘暴发疫情的调查研究认为, 紫外线灯消毒不能降低学校疫情的扩散。Spearman 相关分析表明, 单位时间紫外灯有效辐照体积占教室体积比越高, 班级流感罹患率越低。学校因素是混杂因素, 流感疫情可能与学校聚集性、学校卫生管理包括晨检、因病缺课追踪等有关, 而不是紫外线灯消毒的效果。在矫正变量“不同学校”影响后, 紫外线灯消毒不影响班级流感罹患率; 对发生流感疫情的班级, 紫外线灯消毒也不能缩短疫情的持续时间。可能原因是目前所有学校使用紫外线灯消毒是在放学后 4~6 h, 因为对人皮肤、眼结膜有损害, 所以使用必须在无人的情况下。而流感病毒主要在人群中传播^[9], 此时无法开启紫外线灯, 做到随时消毒, 使得紫外线灯对教室空气消毒的作用受限。Jane 等^[10]通过对被流感污染的各类物体表面进行病毒培

养, 证实流感病毒通过物表传播的活性及传染性主要在 4~9 h, 即使不使用紫外线灯消毒, 第 2 天教室环境中流感病毒也不具备感染人的能力。最后, 紫外线灯消毒受照射距离、时间等影响^[11]。本研究结果也证实, 紫外线灯辐照度与灯下距离呈负相关, 随着灯下距离增加, 辐照度快速下降, 70 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 对应的距离为 0.89~1.97 m, 而教室课桌面到紫外线灯距离普遍在 2.0~2.8 m, 因此对教室课桌面, 即物表消毒作用也局限。

目前, 我国对于中小学紫外线灯消毒监测、监管存在盲区, 疾控部门常规监测仅针对托幼机构, 学校因不当使用紫外性灯造成学生安全事故时有发生, 科学性、安全性也受到关注。事实上, 国家的法律法规及各部门流感防控技术方案, 均未要求学校在教室安装紫外线灯。美国等国家极少在学校、托幼机构教室内安装紫外线灯用于常规消毒, 使用主要在医院、实验室^[12], 且使用的方式不同于国内的直射式紫外线灯, 主要采用室内上层空气照射及通气管道照射以充分保障安全。本研究结果也初步表明教室使用紫外线灯消毒对于学校流感疫情防控无作用。综上所述, 建议卫生部门引导专业人员对校园紫外线灯消毒措施进行深入评价和认真思考, 进一步开展更高质量的前瞻性、随机对照研究以指导校方合理使用。教育部门应规范校园紫外线灯的管理, 适量考虑生物智能感应紫外线灯、远紫外线灯等^[13]新技术产品, 降低伤害事故风险。各学校可通过定期开窗、自然通风, 加强清洁、擦拭消毒等其他方式替代紫外线灯消毒, 以降低教室环境中流感病毒含量。

4 参考文献

- [1] 康敏, 谭小华, 杨宇威, 等. 广东省 2017—2018 年冬季流感流行特征研究[J]. 中华流行病学杂志, 2018, 39(8): 1071-1076.
- [2] 刘毅萍, 何建平. 平皿菌落计数法检测便携式紫外线灭菌灯的灭菌效果[J]. 安徽医药, 2005, 9(7): 560-561. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6469.2005.07.050.

4 参考文献

- [1] KUMAR S, KELLY A S. Review of childhood obesity: from epidemiology, etiology, and comorbidities to clinical assessment and treatment [J]. *May Clin Proc*, 2017, 92(2): 251-265.
- [2] CHANDRASEKHAR T, SUCHITRA M M, PALLAVI M, et al. Risk factors for cardiovascular disease in obese children [J]. *Indian Pediatr*, 2017, 54(9): 752-755.
- [3] 杨招庚, 董彦会, 王西婕, 等. 中国 2014 年 7~18 岁中小学生腹部肥胖流行现状 [J]. *中国学校卫生*, 2018, 39(6): 810-813.
- [4] FORNO E, CELEDÓN J C. The effect of obesity, weight gain, and weight loss on asthma inception and control [J]. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*, 2017, 17(2): 123-130.
- [5] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. WS/T 586—2018 学龄儿童青少年超重与肥胖筛查 [J]. 北京, 2018-08-01.
- [6] QUANGER P H, STANOGEVIC S, COLE T J, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations [J]. *Eur Respir J*, 2012, 40(6): 1324-1343.
- [7] American Thoracic Society. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2002, 166(1): 111-117.
- [8] CHETTA A, CASTAGNARO A, FOREST A, et al. Assessment of breathlessness perception by borg scale in asthmatic patients: reproducibility and applicability to different stimuli [J]. *J Asthma*, 2003, 40(3): 323-329.
- [9] RIZZI M, RADOVANOVIC D, SANTUS P, et al. Usefulness of six-minute walk test in systemic sclerosis [J]. *Clin Exp Rheumatol*, 2018, 36(Suppl 113): 161-167.
- [10] CASANOVA C, COTE C, MARIN J M, et al. Distance and oxygen desaturation during the 6-min walk test as predictors of long-term mortality in patients with COPD [J]. *Chest*, 2008, 134(4): 746-752.
- [11] JALILI M, NAZEM F, SAZVAR A, et al. Prediction of maximal oxygen uptake by six-minute walk test and body mass index in healthy boys [J]. *J Pediatr*, 2018, 200: 155-159.
- [12] DU H, NEWTON P J, SALAMONSON Y, et al. A review of the six-minute walk test: its implication as a self-administered assessment tool [J]. *Eur J Cardiovasc Nurs*, 2009, 8(1): 2-8.
- [13] TAMURA L S, CAZZO E, CHAIM E A, et al. Influence of morbid obesity on physical capacity, knee-related symptoms and overall quality of life: a cross-sectional study [J]. *Rev Assoc Med Bras* (1992), 2017, 63(2): 142-147.
- [14] MORINDER G, MATSSON E, SOLLANDER C, et al. Six-minute walk test in obese children and adolescents: reproducibility and validity [J]. *Phys Res Int*, 2009, 14(2): 91-104.
- [15] PATAKY Z, ARMAND S, MÜER-PINGST S, et al. Effects of obesity on functional capacity [J]. *Obesity* (Silver Spring), 2014, 22(1): 56-62.
- [16] WINCK A D, HEINZMANN-FILHO J P, SOARES R B, et al. Effects of obesity on lung volume and capacity in children and adolescents: a systematic review [J]. *Rev Paul Pediatr*, 2016, 34(4): 510-517.
- [17] JENSEN M E, WOOD L G, GIBSON P G. Obesity and childhood asthma-mechanisms and manifestations [J]. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*, 2012, 12(2): 186-192.
- [18] DAVIDSON W J, MACKENZIE-RIFE K A, WITMANS M B, et al. Obesity negatively impacts lung function in children and adolescents [J]. *Pediatr Pulmonol*, 2014, 49(10): 1003-1010.
- [19] BAEK H S, KIM Y D, SHIN J H, et al. Serum leptin and adiponectin levels correlate with exercise-induced bronchoconstriction in children with asthma [J]. *Ann Allergy Asthm Immunol*, 2011, 107(1): 14-21.
- [20] BORAN P, TOKUC G, PISGIN B, et al. Impact of obesity on ventilatory function [J]. *J Pediatr* (Rio J), 2007, 83(2): 171-176.
- [21] PETERS J I, MCKINNEY J M, SMITH B, et al. Impact of obesity in asthma: evidence from a large prospective disease management study [J]. *Ann Allergy Asthm Immunol*, 2011, 106(1): 30-35.
- [22] CONSILVIO N P, DI P S, VERINI M, et al. The reciprocal influences of asthma and obesity on lung function testing, AHR, and airway inflammation in prepubertal children [J]. *Pediatr Pulmonol*, 2010, 45(11): 1103-1110.
- [23] GONTIJO P L, LIMA T P, COSTA T R, et al. Correlation of spirometry with the six-minute walk test in eutrophic and obese individuals [J]. *Rev Assoc Med Bras* (1992), 2011, 57(4): 380-386.
- [24] RASTOGI D, KHAN U I, ISASI C R, et al. Associations of obesity and asthma with functional exercise capacity in urban minority adolescents [J]. *Pediatr Pulmonol*, 2012, 47(11): 1061-1069.

收稿日期: 2018-11-28; 修回日期: 2019-03-08

(上接第 895 页)

- [3] 卫生部办公厅. 流感样病例暴发疫情处置指南 (2012 版) [Z]. 2012-11.
- [4] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 医院消毒卫生标准 GB 15982—2012 [S]. 北京: 2012.
- [5] YANG J, ATKINS K E, FENG L Z, et al. Seasonal influenza vaccination in China: landscape of diverse regional reimbursement policy, and budget impact analysis [J]. *Vaccine*, 2016, 34(47): 5724-5735. DOI: 10.1016/j.vaccine.2016.10.013.
- [6] 林云万, 李晓宁, 张旭, 等. 广州市托幼机构消毒质量监督及手足口病聚集性疫情关联研究 [J]. *中国消毒学杂志*, 2018, 35(3): 199-202.
- [7] 张旭, 李晓宁, 汪慧, 等. 广州市托幼机构消毒质量监督结果及其与诺如病毒聚集性疫情的关联研究 [J]. *中国消毒学杂志*, 2018, 35(2): 128-129.
- [8] ANNE M B, HILDA F S, HOLLIS S I. Effect of ultra-violet irradiation of classrooms on spread of mumps and chickenpox in large rural central schools: a progress report [J]. *Am J Public Health Nations Health*, 1949, 39(10): 1321-1330.
- [9] JING Y, MICHAEL G, JOVAN P, et al. Infectious virus in exhaled breath of symptomatic seasonal influenza cases from a college community [J]. *PNAS*, 2018, 115(5): 1081-1086.
- [10] JANE S G, PAUL D, MARTIN D C, et al. Survival of Influenza A (H1N1) on materials found in households: implications for infection control [J]. *PLoS One*, 2011, 6(11): e27932.
- [11] 宋士祥, 刘永韩, 廷敏, 等. 学校卫生室紫外线灯照射强度及其影响因素的调查 [J]. *中国实用医药*, 2006, 1(5): 112-113.
- [12] 李群, 叶新梅, 黄妙琴. 多功能空气消毒机与紫外线灯消毒对急诊病房感染控制的效果研究 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2015, 25(13): 3115-3117. DOI: 10.11816/cn.ni.2015-141728.
- [13] DAVID W, MANUELA B, VELJKO G, et al. Far-UVC light: a new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases [J]. *Sci Reports*, 2018, 8: 2752. DOI: 10.1038/s41598-018-21058-w.

收稿日期: 2019-03-10; 修回日期: 2019-04-05