

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671—9638. 20222795

· 论 著 ·

## 荧光标记法用于观察医护人员个人防护用品脱摘时的污染

张仁卿, 段晓菲, 王 燕, 蔡 爽

(成都市公共卫生临床医疗中心医院感染管理部, 四川 成都 610066)

**[摘要]** **目的** 评价荧光标记法对改善医护人员个人防护用品(PPE)脱摘时污染的效果。**方法** 在成都市 8 所三级医院招募 69 名医护人员进行 PPE 穿脱培训, 并分别在培训前、培训后当日、培训后半个月及培训后一个月采用紫外线-荧光标记法考核 PPE 脱摘效果, 记录脱摘后内层衣物及皮肤表面残留荧光污染点数及部位, 比较污染点数及污染率的变化情况。**结果** 与培训前相比, 所有医护人员在培训后当日、培训后半个月及培训后一个月脱摘 PPE 后残留荧光污染点数均减少( $Z$  值分别为 5.306、5.813、6.641, 均  $P < 0.001$ ), 其中女性、护士、初级与中级职称医护人员在培训后污染率较培训前明显下降(均  $P < 0.05$ )。随时间推移, 3 次考核医务人员荧光污染点数逐渐减少(均  $P < 0.05$ )。工作鞋在 PPE 脱摘过程中最容易受到污染。**结论** 医护人员在脱摘 PPE 过程中容易受到污染, 经过实操培训可以降低脱摘 PPE 后污染率, 改善污染情况, 荧光标记法可以用于观察 PPE 脱摘过程中的污染情况。

**[关键词]** 个人防护用品; 医护人员; 荧光标记法; 培训

**[中图分类号]** R197.324.4

## Fluorescent labeling method used to observe the contamination of personal protective equipment of health care workers during removing of personal protective equipment

ZHANG Ren-qing, DUAN Xiao-fei, WANG Yan, CAI Shuang (Department of Healthcare-associated Infection Management, Public Health Clinical Center of Chengdu, Chengdu 610066, China)

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the effect of fluorescent labeling method on improving the contamination of personal protective equipment (PPE) of health care workers (HCWs) during removing of PPE. **Methods** 69 HCWs were recruited from 8 tertiary hospitals in Chengdu City for training on PPE wearing and taking off, and the effects of PPE removing were assessed by ultraviolet fluorescent labeling method before training, on the day after training, half a month after training and one month after training, the number and sites of residual fluorescent contamination on inner clothing and skin surface after removing PPE were recorded, changes in contamination points and contamination rate were compared. **Results** Compared with before training, the number of residual fluorescent contamination points of all HCWs after removing PPE on the day after training, half a month after training and one month after training decreased ( $Z$  values were 5.306, 5.813 and 6.641 respectively, all  $P < 0.001$ ). Contamination rates of female, nurse, HCWs with primary- and medium-grade professional title after training decreased significantly compared with before training (all  $P < 0.05$ ). The number of HCWs' fluorescent contamination points obtained in

[收稿日期] 2022-04-24

[基金项目] 四川省科技计划项目(2021YFS0001)

[作者简介] 张仁卿(1965-), 男(汉族), 四川省成都市人, 主任医师, 主要从事感染性疾病研究。

[通信作者] 蔡爽 E-mail: 1006754234@qq.com

three assessments gradually decreased over time (all  $P < 0.05$ ). Work shoes are most likely to be contaminated during PPE removing. **Conclusion** HCWs are easy to be contaminated in the process of removing PPE, contamination rate can be reduced and contamination situation can be improved after practical training, fluorescent labeling can be used to observe contamination situation in the process of PPE removing.

[**Key words**] personal protective equipment; health care worker; fluorescent labeling method; training

个人防护用品 (personal protective equipment, PPE) 可以降低医护人员接触传染病患者后的感染风险, 包含医用防护服、隔离衣、手套、医用口罩、帽子等装备, 是传染病防控的关键措施之一<sup>[1]</sup>。然而, 使用 PPE 保护佩戴者免受危险的基础是选择合适的 PPE 和 PPE 穿脱能力培训<sup>[2]</sup>。研究<sup>[3]</sup>表明, 90% 的医护人员 PPE 脱摘方法不正确, 以及未能选择合适的 PPE。因此, 对医护人员进行及时、正确的 PPE 操作培训, 帮助其掌握正确的穿脱程序, 是保障医护人员临床工作安全的重要措施之一。本研究旨在帮助医护人员了解穿脱 PPE 过程中可能出现的问题, 促使医护人员正确使用 PPE, 减少感染风险, 更好保护自身安全。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 2020 年 12 月—2021 年 4 月招募 69 名医护人员进行 PPE 穿脱培训, 纳入标准为从事临床工作至少满 1 年, 排除标准为怀孕女性和患有呼吸道疾病者。所有参与者在本次培训前均未接受过正式 PPE 穿脱培训, 且均知晓试验研究目的和研究方法, 并签署知情同意书。研究经伦理委员会审查并批准。

1.2 研究方法 培训时由培训老师讲解 PPE 的穿戴与脱摘要点, 并现场演示 PPE 穿脱流程。培训后培训对象有 1 h 可实践操作练习, 练习过程安排培训老师指导。分别在培训前、培训后当日、培训后半个月及培训后一个月采用紫外线-荧光标记法考核 PPE 脱摘效果, 所有参与者在此期间均在院正常从事新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 患者救治工作, 在工作中穿戴与培训相同种类及数量的 PPE。

采用紫外线-荧光标记法将荧光粉剂与 3M 手消毒剂混匀后由工作人员在 PPE 表面固定位置 (双手手套、胸部、腹部和双膝关节部位, 每处涂抹面积为  $2.5 \text{ cm} \times 2.5 \text{ cm}$ ) 均匀涂抹。涂抹完毕后待干 10 min, 期间完成下蹲、说话、摇头等动作。脱摘完

毕后, 关闭室内灯光, 由工作人员手持紫外线手电筒检查参与者全身裸露皮肤及分体服表面荧光污染点数量 (若规范脱摘, 分体服及裸露皮肤不应有荧光残留)。荧光污染点面积  $> 1 \text{ cm}^2$  视为一个污染点<sup>[4]</sup>。记录荧光污染部位及污染点数, 计算脱摘 PPE 后污染率。每位参与者单独考核, 考核完毕后间隔 5 min 考核下一位, 工作人员在此期间整理相应物品并归位。

1.3 统计学分析 应用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析。计量资料用中位数和四分位数间距表示, 多组比较采用 *Friedman* 检验, 两组比较采用 *Wilcoxon* 符号秩和检验分析。计数资料用例数和百分比表示, 采用  $\chi^2$  检验与 Fisher 确切概率检验,  $P \leq 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 基本特征 来自 8 所三级医院共 69 名医护人员参与研究, 其中男性 14 名 (20.29%), 女性 55 名 (79.71%); 医生 16 名 (23.19%), 分别来自呼吸内科 (7 名, 10.14%)、重症医学科 (5 名, 7.25%)、儿科 (2 名, 2.90%)、急诊 (1 名, 1.45%)、外科 (1 名, 1.45%), 护士 53 名 (76.81%); 初级职称 41 名 (59.42%), 中级职称 24 名 (34.78%), 高级职称 4 名 (5.80%)。

2.2 荧光污染点数量 与培训前相比, 所有参与者在培训后当日、培训后半个月及培训后一个月脱摘 PPE 后的荧光污染总点数均减少, 差异有统计学意义 ( $Z$  值分别为 5.306、5.813、6.641, 均  $P < 0.001$ )。其中, 除高级职称医护人员外, 不同职业类别及不同职称医护人员荧光污染点数均较培训前下降, 其中女性、护士、初级与中级职称医护人员在培训后污染率较培训前明显下降 (均  $P < 0.05$ )。另外, 与培训后当日相比, 所有参与者在培训后半个月与一个月进行 PPE 脱摘考核荧光污染点数均减少 (均  $P < 0.05$ )。见表 1。

表 1 PPE 穿脱培训前后医护人员荧光污染点数比较

Table 1 Comparison of fluorescent contamination points of HCWs before and after training on PPE wearing and taking off

分类	荧光污染点数[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]				χ <sup>2</sup>	P
	培训前	培训后当日	培训后半个月	培训后一个月		
性别						
男	2(2,3)	1.5(0,2) <sup>a</sup>	1(0,2) <sup>a</sup>	0(0,1) <sup>ab</sup>	19.603	<0.001
女	2(1,3)	1(0,2) <sup>a</sup>	0(0,1) <sup>ab</sup>	0(0,0) <sup>abc</sup>	68.921	<0.001
职业						
医生	2(1.5,3)	2(0,2) <sup>a</sup>	0(0,1) <sup>ab</sup>	0(0,1) <sup>ab</sup>	19.860	<0.001
护士	2(1,2.5)	1(0,2) <sup>a</sup>	0(0,1) <sup>ab</sup>	0(0,0) <sup>abc</sup>	71.360	<0.001
职称						
初级	2(1,3)	1(0,2) <sup>a</sup>	0(0,1.5) <sup>a</sup>	0(0,0) <sup>abc</sup>	51.537	<0.001
中级	2(2,3)	1(0,2) <sup>a</sup>	0(0,1) <sup>ab</sup>	0(0,0) <sup>ab</sup>	47.282	<0.001
高级	0.5(0,1.5)	0(0,0)	0.5(0,1)	0.5(0,1)	2.571	0.463
合计	2(1,3)	1(0,2) <sup>a</sup>	0(0,1) <sup>ab</sup>	0(0,0) <sup>abc</sup>	90.442	<0.001

注:a 表示与培训前相比,差异有统计学意义(P<0.05);b 表示与培训后当日相比,差异有统计学意义(P<0.05);c 表示与培训后半个月相比,差异有统计学意义(P<0.05)。

2.3 污染部位分布情况 在培训前、培训后当日、培训后半个月及培训后一个月的 PPE 脱摘考核中,鞋面污染占比最多,分别为 59.42%(41 名)、34.78%(24 名)、37.68%(26 名),以及 14.49%

(10 名),与培训前相比,培训后当日、培训后半个月与培训后一个月的鞋面污染率均降低(χ<sup>2</sup> 值分别为 10.240、6.323、25.714,均 P<0.05)。培训前后医务人员污染部分分布见图 1。



图 1 PPE 穿脱培训前后医护人员污染部位比较

Figure 1 Comparison of contaminated sites of HCWs before and after training on PPE wearing and taking off

### 3 讨论

医护人员在脱摘 PPE 过程中容易受到污染。本研究中,从荧光污染数量来看,医护人员在培训后不同时间段(培训后当日、培训后半个月及培训后一个月)脱摘 PPE 后的残留荧光污染点数均较培训前减少,并且随着培训后时间延长,污染点数进一步下降。另外,不同类别医护人员(除高级职称外)经培训后荧光污染点数下降;以荧光污染率来看,培训后

当日、培训后半个月与培训后一个月污染率也均较培训前降低。其中女性、护士、初级与中级职称医护人员在培训后污染率较培训前明显下降。综合二者来看,实操培训可以降低医护人员脱摘 PPE 后的污染率及污染数量。医护人员在参与 COVID-19 患者救治工作中需要经常性的穿脱 PPE,培训后的大量穿脱练习可能是荧光污染点数下降的原因之一,并随着时间推移,医护人员穿脱 PPE 更加规范和熟练,脱摘后污染进一步减少,但未观察到高级职称医护人员培训后污染点数及污染率下降,可能与样本

量小有关。Tomas 等<sup>[5]</sup>报道了类似的研究结果,研究通过穿脱练习、视频演示及荧光污染模拟干预,发现培训后医护人员脱摘 PPE 污染率较培训前显著降低,并且在干预后 1 个月及 3 个月 PPE 脱摘后污染率持续降低。Kang 等<sup>[6]</sup>也指出鞋子在 PPE 脱摘过程中容易受到污染,表明工作鞋可能会成为病原体传播到医院环境的潜在污染源。基于目前研究,在穿脱 PPE 尤其是脱摘 PPE 时应注意:在脱鞋套时,手应避免触碰鞋套底部;在取下 N95 口罩时,头部及身体应前倾,在取下瞬间医务人员应闭眼和屏气,防止口罩外层污染物飞溅至呼吸道或睑结膜;在脱摘隔离衣时,应注意不要触碰隔离衣外层及身体腹侧面,由内向外折叠并卷曲隔离衣,末端剩余部分(约 20 cm)不卷,避免因抖动产生气溶胶;在脱摘 PPE 的全过程中,动作应精细、轻柔,双腿尽量分开,每脱摘一件防护用品后严格执行手卫生。但目前的研究仍存在一些局限。第一,本研究采用的是随机抽样,没有经过明确的样本量计算,可能存在样本量不足的问题,需要在更大样本量中进行模拟研究;第二,荧光标记法虽然常用于 PPE 污染的模拟以及医院环境清洁研究,但可能无法完全模拟病原体的传播,后续可以考虑采用非致病病毒,如 MS2 噬菌体替代荧光进行标记。第三,本研究仅在正常环境中进行 PPE 的穿脱,没有模拟在病房下的真实环境,也未研究 PPE 在临床工作中有效性的持续时间。

PPE 可以有效保护医护人员在应对新发传染病时免受病原体污染,但医护人员在脱摘 PPE 期间发生污染,可能导致病原体传播并面临感染风险。本组研究发现,实操培训是一种稳定、有效的干预方式,在培训后均可以降低医护人员脱摘 PPE 后的荧光残留点数和荧光污染率,改善 PPE 脱摘时的污染情况,更好保护医护人员自身安全。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

## [参 考 文 献]

- [1] Fischer WA 2nd, Weber D, Wohl DA. Personal protective equipment: protecting health care providers in an Ebola outbreak[J]. Clin Ther, 2015, 37(11): 2402 - 2410.
- [2] Hall S, Poller B, Bailey C, et al. Use of ultraviolet-fluorescence-based simulation in evaluation of personal protective equipment worn for first assessment and care of a patient with suspected high-consequence infectious disease[J]. J Hosp Infect, 2018, 99(2): 218 - 228.
- [3] Phan LT, Maita D, Mortiz DC, et al. Personal protective equipment doffing practices of healthcare workers[J]. J Occup Environ Hyg, 2019, 16(8): 575 - 581.
- [4] Guo YP, Li Y, Wong PLH. Environment and body contamination: a comparison of two different removal methods in three types of personal protective clothing[J]. Am J Infect Control, 2014, 42(4): e39 - e45.
- [5] Tomas ME, Kundrapu S, Thota P, et al. Contamination of health care personnel during removal of personal protective equipment[J]. JAMA Intern Med, 2015, 175(12): 1904 - 1910.
- [6] Kang J, O'Donnell JM, Colaianni B, et al. Use of personal protective equipment among health care personnel: results of clinical observations and simulations[J]. Am J Infect Control, 2017, 45(1): 17 - 23.

(本文编辑:曾翠,左双燕)

本文引用格式:张仁卿,段晓菲,王燕,等. 荧光标记法用于观察医护人员个人防护用品脱摘时的污染[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(9): 933 - 936. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671 - 9638. 20222795.

Cite this article as: ZHANG Ren-qing, DUAN Xiao-fei, WANG Yan, et al. Fluorescent labeling method used to observe the contamination of personal protective equipment of health care workers during removing of personal protective equipment[J]. Chin J Infect Control, 2022, 21(9): 933 - 936. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671 - 9638. 20222795.