

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20216640

· 综述 ·

空气消毒在预防呼吸道传染病中的意义及方法探讨

陈美恋¹, 高 燕^{1,2}

(北京大学人民医院 1. 医院感染管理办公室; 2. 感染科, 北京 100044)

[摘要] 新发再发呼吸道传染病的不断发生和出现, 严重威胁人类的健康和生命, 2019 冠状病毒病 (COVID-2019)、严重急性呼吸综合征 (SARS)、中东呼吸综合征 (MERS)、流感等呼吸道传染病主要经呼吸道飞沫和接触传播, 同时还存在气溶胶传播的可能。空气消毒对于预防和控制呼吸道传染病的传播至关重要, 尤其是呼吸道传染病流行暴发期间。此文梳理防控呼吸道传染病时空气消毒的必要性和常用消毒方法及其效果, 为医疗机构提供参考, 以防止呼吸道传染病因空气消毒不当导致疾病的传播和蔓延。

[关键词] 呼吸道传染病; 冠状病毒; 空气消毒; 消毒方法

[中图分类号] R187

Significance and method of air disinfection in preventing respiratory infectious diseases

CHEN Mei-lian¹, GAO Yan^{1,2} (1. Department of Healthcare-associated Infection Management; 2. Department of Infectious Disease, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China)

[Abstract] Emerging and re-emerging infectious diseases constantly occur and appear, severely threaten the health of human beings, respiratory infectious diseases (RIDs) such as coronavirus disease 2019 (COVID-2019), severe acute respiratory syndrome (SARS), Middle East respiratory syndrome (MERS) and influenza are mainly transmitted through respiratory droplets and contact, and there is also the possibility of aerosol transmission. Air disinfection is very important to prevent and control the transmission of RIDs, especially during the outbreak of RIDs. This paper elaborates the necessity of air disinfection during prevention and control of RIDs as well as commonly used disinfection methods and their efficacy, so as to provide reference for medical institutions to prevent the transmission of RIDs due to improper air disinfection.

[Key words] respiratory infectious disease; coronavirus; air disinfection; disinfection method

呼吸道传染病防控面临很大的挑战, 传统和新发呼吸道传染病均严重危害人类健康, 甚至威胁人类生命。每年冬春季节流行性感冒 (简称“流感”) 高发, 据世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 估计, 全球每年流感病例可达 10 亿, 其中重症病例 300 万~500 万, 与流感相关的呼吸道疾病死亡人数高达 29 万~65 万^[1]。近年来, 新发呼吸道传染病不断出现, 如 2003 年的严重急性呼吸综合征 (severe acute respiratory syndromes, SARS)、

2009 年的甲型 H1N1 流感 (H1N1 influenza)、2012 年的中东呼吸综合征 (Middle East respiratory syndrome, MERS) 以及 2019 冠状病毒病 (coronavirus disease 2019, COVID-19) 等^[2-3]。经呼吸道飞沫传播是呼吸道传染病的主要传播途径, 空气管理和正确消毒对于预防和控制呼吸道传染病的传播至关重要。本文通过梳理防控呼吸道传染病时空气消毒的重要性和常用消毒方法, 为医疗机构提供参考。

[收稿日期] 2020-06-10

[作者简介] 陈美恋 (1988-), 女 (壮族), 广西壮族自治区来宾市人, 管理助理研究员, 主要从事医院感染防控研究。

[通信作者] 高燕 E-mail: gaoyan6384@163.com

1 空气消毒对呼吸道传染病防控的重要性

1.1 呼吸道传染病的传播特点 呼吸道传染病是病原体从患者的咽喉、鼻腔、气管或支气管等呼吸道进入体内,导致患者出现一系列具有传染性特点的呼吸道疾病。常见的传统呼吸道传染病(如流感^[4-5]),以及新发呼吸道传染病(如 COVID-19、SARS、MERS 等^[6-8])主要传播途径为经呼吸道飞沫和接触传播,同时还存在气溶胶传播的可能,具有传播途径复杂、传播范围广泛、人群普遍易感等特点,极易造成暴发和流行,而且防控难度大。

1.2 空气在呼吸道传染病传播中的作用 空气以及空气中的气溶胶、飞沫颗粒是呼吸道传染病传播的重要媒介。国内有学者进行了呼吸道传染病空气传播^[9]、气溶胶传播^[10]感染概率模型预测,发现呼吸道传染病交叉感染风险与患者呼吸通气量、患者呼出病原体量、飞沫大小、患者数量、房间通气量和换气次数、暴露时间、暴露者与患者的距离、相关人员有无口罩防护等因素有关。加强通风能够稀释患者呼出的飞沫核,移除室内空气污染物使病原体浓度下降,从而降低呼吸道传染病交叉感染的风险。

呼吸道传染病患者居住区域周围的空气也可能受到污染而增加疾病交叉传播的风险,需要引起关注和重视。含有病原体的较小颗粒的微生物气溶胶可悬浮在空气中,呼吸道直接吸入引起感染^[11]。中国台湾学者的一项研究^[12]显示,流感病例的发生与空气质量密切相关。英国学者对甲型 H1N1 流感患者所在区域进行空气采样检测,发现有空气标本流感病毒核酸阳性^[13]。吉林大学第一医院的一项研究^[14]也发现,在清洁消毒前对 COVID-19 患者隔离病室进行空气采样,19 份空气标本中有 1 份 COVID-19 病毒核酸阳性。美国国立卫生院研究 COVID-19 及 SARS 病毒在气溶胶和物体表面的稳定性,发现新冠病毒可在气溶胶中存活 3 h^[15]。武汉大学病毒学国家重点实验室对病区及厕所、居民小区和超市等空气采样,定量分析 COVID-19 病毒载量和气流动力学特征,发现隔离病区空气中气溶胶

沉降颗粒病毒载量较高,可造成环境的污染^[16]。SARS 流行期间,有学者研究了定点医院小汤山医院 SARS 病房内外空气污染情况,发现 SARS 患者病房、内走廊、护士站和病房排气口下风向 5 m 处病毒核酸检测呈阳性,但所有空气标本都未检测出活的 SARS 病毒,考虑 SARS 患者病房的通风和消毒措施能有效降低室内污染程度^[17]。2003 年香港淘大花园小区的 SARS 暴发事件,感染人数超过 300 例,研究人员基于流体力学建立了 SARS 病毒气溶胶的流动扩散模型,结果显示气溶胶是该小区 SARS 传播的重要途径,感染患者的空间分布等因素对 SARS 传播具有重要影响^[18]。

1.3 呼吸道传染病防控的空气消毒要求 空气消毒是切断呼吸道传染病传播途径的重要手段,是控制呼吸道传染病传播的关键环节之一。在医疗活动中采取科学、适宜的动态空气消毒方法,能够有效控制医院感染发生和各种呼吸道传染病的交叉传播^[19]。按照国家相关规范和标准的要求^[20-22],有条件的医疗机构应将呼吸道传染病,尤其是经空气传播疾病患者隔离于建筑布局、空气管理等符合要求的负压病房。但是呼吸道传染病暴发流行期间,收治呼吸道传染病患者的隔离病区大多不具备严格的负压隔离条件。感染疾病科/发热门诊、急诊、呼吸科门诊等也是呼吸道传染病传播的高风险区域,空气管理和正确消毒的重要性尤为凸显。流感防控策略^[1,4]、SARS 医院感染预防与控制技术指南^[23]、COVID-19 防控方案^[24-25]均明确指出空气消毒的重要性的要求。

2 呼吸道传染病防控的常用空气消毒方法

根据国家相关规范指南^[26-27]的要求,结合国内外相关文献研究结果,将呼吸道传染病防控的常用空气消毒方法,包括物理消毒和化学消毒的适用范围,使用方法及其效果等简要介绍,医疗机构和相关区域可根据实际情况、环境条件综合考虑进行选择。见表 1。

表 1 呼吸道传染病常用空气消毒方法及应用

类型	方法	原理	应用
物理消毒	自然通风	利用建筑物内外空气的密度差异引起的热压或风压,促使空气流动而进行的通气交换	通风条件较好、外界空气清洁的区域,可适时进行自然通风
	机械通风	通过安装通风设备,利用风机、排风扇等运转产生的动力使空气流动	传染病医院或传染病区应设置;不易受到季节、室外风力和气温等环境因素影响,但会带来能耗、管道设计、风机功率以及机械通风设备的清洁与消毒等方面难题
	集中空调通风系统	为使房间或封闭空间空气温度、湿度、洁净度和气流速度等参数达到设定要求而对空气进行集中处理、输送、分配的所有设备、管道及附件、仪器仪表的总和	医疗机构等各种办公场所和公共场所常用,包括全空气空调通风系统、风机盘管加新风的空调通风系统、无新风的风机盘管系统,不同类型系统的运行应遵循相关指南要求
	紫外线消毒	使用一种采用石英玻璃或其他透紫外线的低气压汞蒸气放电灯,放电产生以波长为 253.7 nm 为主的紫外辐射,其紫外辐射能杀灭细菌和病毒	操作简单、方便,对周围环境无污染,但消毒效果受到照射时间和距离、环境温湿度、灯管是否清洁等因素影响;直接照射人的眼睛可引起电光性眼炎,造成角膜损伤。适用于无人状态下室内空气的消毒
化学消毒	过氧乙酸、二氧化氯、过氧化氢、臭氧等	应用对病原体有杀灭作用的化学消毒剂,运用工具(如超低容量喷雾法、熏蒸法)使其悬浮于空气中,杀灭其中病原体以达到预防和控制传染病传播	化学消毒剂一般具有刺激性和腐蚀性,适用于无人状态下的室内空气消毒,在医疗机构多用于患者出院后的终末消毒
其他方法	空气消毒器	通过消毒器中的消除因子作用于进入空气消毒器的空气,有效杀灭其中的微生物、滤除尘埃粒子	可用于有人状态时的室内空气消毒。目前空气消毒器的常见消除因子包括过滤、循环风紫外线、静电吸附式、光催化氧化等物理技术及臭氧等化学技术,不同消除因子的效果有差异

2.1 物理消毒

2.1.1 通风 包括自然通风和机械通风。自然通风是指利用建筑物内外空气的密度差异引起的热压或风压,促使空气流动而进行的通气交换。研究者通过采用现场测量、数值模拟及理论计算等方法,研究病房内自然通风对呼吸道传染病传播的影响,结果显示适当的自然通风能够满足相关标准中关于病房通风量的最低限值,使病房内的感染风险维持在与机械通风相当的水平,可以作为一种防控呼吸道传染病传播的有效手段^[28]。自然通风被证实是最简单、有效、可持续应用的预防和控制病原体传播的空气消毒方式,能够显著降低流感的传播^[29-30]。在通风条件较好、外界空气清洁的区域,可适时进行自然通风。国家卫生健康委员会发布的 COVID-19 防控方案也建议患者隔离病室内保持空气流通,每日通风 2~3 次,每次不少于 30 min。

机械通风是指通过安装通风设备,利用风机、排风扇等运转产生的动力使空气流动。传染病医院建筑设计规范提出^[31],传染病医院或传染病区应设置机械通风系统,呼吸道传染病门诊、发热门诊最小换气次数应为 6 次/h,采取“上送下排”的模式,遵循洁污不交叉,不逆流的原则,不同区域送风、排风分开独立设置,清洁区每个房间送风量大于排风量 150 m³/h、污染区每个房间排风量大于送风量 150 m³/h。相比自然通风,机械通风不易受到季节、室外风力和气温等环境因素的影响,但是存在能

耗、管道设计、风机功率以及机械通风设备的清洁与消毒等方面的难题。

2.1.2 集中空调通风系统 空调通风系统与呼吸道传染病传播相关研究:2003 年 SARS 流行期间,北京某医院对 SARS 病区的空调系统进行过滤网和冷凝水采样检测,发现存在 SARS 病毒^[32];美国学者对空调通风系统的过滤网进行常见呼吸道传染病病毒的检测,发现部分过滤网检测到流感和副流感病毒核酸^[33]。目前,尚无明确证据表明新冠病毒通过空调传播,国内外学者也存在不同的观点,但有案例表明未配置良好的过滤系统,机组不断循环室内空气不能减少室内病毒数量,反而扰乱室内气流,使得局部产生的病菌扩散到全室,加大传播风险^[34],因此空调通风系统启动之前,必须掌握系统的特点,以防止由于空调通风系统使用不当而导致疾病,尤其是呼吸道传染病的交叉传播。

COVID-19、2003 年 SARS 流行期间,相关指南均对办公场所和公共场所空调通风系统的运行提出了要求^[23,35]:(1)全空气空调通风系统,应关闭回风阀,采用全新风方式运行;(2)风机盘管加新风的空调通风系统应确保新风直接取自室外,禁止从机房、楼道和天棚吊顶内取风,保证排风系统正常运行,大进深房间应采取措施保证内部区域的通风换气,新风系统宜最大新风量运行,预防与控制 SARS 医院感染技术指南建议新风量不低于 30 m³/人·h;(3)无新风的风机盘管系统(类似于家庭分体式空

调)的空调,通风系统应开门或开窗,加强空气流通。空调通风系统的清洗消毒遵循《公共场所集中空调通风系统清洗消毒规范》(WS/T 396—2012)的要求,当场所内发现呼吸道传染病确诊或疑似病例应暂停使用。

2.1.3 紫外线消毒 紫外线照射能够有效杀灭呼吸道传染病病毒。采用紫外线照射试验用 SARS、MERS、甲型流感、埃博拉和呼吸道合胞病毒的悬液 5 min,均能够使以上病毒失去活性^[36]。前期研究显示,紫外线消毒对于流感传播有着良好的阻断作用^[37-38]。国外学者使用 200~280 nm 波长紫外线照射 SARS 病毒研究灭活效果,发现 1 min 后病毒部分灭活,并且 1~6 min 以内,照射时间越长灭活效果越显著,照射 15 min 后灭活到检测限值以下水平^[39]。意大利一项关于紫外线照射对冠状病毒活性效果的研究也获得类似的结果^[40]。

空气净化管理规范提出,使用紫外线进行空气消毒需遵循厂家使用说明,安装灯管数量为平均 $\geq 1.5 \text{ W/m}^3$,紫外线灯采取悬吊式或移动式直接照射,照射时间 $\geq 30 \text{ min}$ 。注意保持紫外线灯管表面清洁,每周用 70%~80%乙醇擦拭一次,发现表面有灰尘、油污时及时擦拭。紫外线消毒时房间内要保持清洁干燥,减少尘埃和水雾,温度 $< 20^\circ\text{C}$ 或 $> 40^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $> 60\%$ 时适当延长照射时间;定期监测紫外线的辐照强度,紫外线新灯的辐照强度不低于 $90 \mu\text{w/cm}^2$,使用中紫外线灯的辐照强度不低于 $70 \mu\text{w/cm}^2$,当辐照强度降低到要求值以下及时更换。紫外线消毒操作简单、方便,对周围环境无污染,但消毒效果受到照射时间和距离、环境温湿度、灯管是否清洁等因素的影响,而且直接照射人的眼睛可引起电光性眼炎,造成角膜损伤,适用于无人状态下室内空气的消毒。

2.2 化学消毒 化学消毒是应用对病原体有杀灭作用的化学消毒剂,运用工具使其悬浮于空气中,杀灭其中病原体以达到预防和控制传染病传播的方法。对呼吸道传染病病原体有效的常见化学消毒剂包括过氧乙酸、二氧化氯、过氧化氢、臭氧等。意大利学者对 SARS 和流感病毒的消毒剂抵抗性研究^[41]发现,0.05%次氯酸钠、0.035%过氧乙酸作用 2 min 能够抑制 SARS 病毒的复制,作用 30 min 完全破坏病毒基因的完整性,而 0.1%次氯酸钠仅作用 1 min 就可以完全破坏 SARS 病毒和甲型流感病毒的复制及其基因的完整性。0.5%过氧化氢和 0.1%次氯酸钠作用 1 min 内可有效降低 SARS、

MERS 以及人冠状病毒的传染性^[42]。在温度 20°C 、湿度 70%的状态下, 20.3 mg/m^3 臭氧作用 20 min 能够杀灭空气中的冠状病毒^[43]。由于化学消毒剂一般具有刺激性和腐蚀性,适用于无人状态下的室内空气消毒,在医疗机构多用于患者出院后的终末消毒,医院空气净化管理规范推荐使用超低容量喷雾法、熏蒸法进行化学消毒剂的空气消毒。

2.2.1 超低容量喷雾法 超低容量喷雾法是将消毒液雾化成为 $20 \mu\text{m}$ 以下的微小粒子,在空气中均匀喷雾,使化学消毒剂与空气中微生物颗粒充分接触,以杀灭空气中的微生物;将配置好的 3%过氧化氢、5 000 mg/L 过氧乙酸或 500 mg/L 二氧化氯等消毒剂,按照 $20\sim 30 \text{ mL/m}^3$ 的用量加入到超低容量喷雾器中。关好门窗,将室内易腐蚀的仪器设备,如监护仪、显示器等物品盖好,消毒人员做好个人防护,佩戴防护手套、口罩,必要时戴防毒面罩,穿防护服;接通电源进行消毒,按先上后下、先左后右、由里向外、先表面后空间,循序渐进的顺序依次均匀喷雾;喷雾结束后人员撤离,关闭门窗,让消毒剂充分发挥作用,过氧化氢、二氧化氯作用 30~60 min,过氧乙酸作用 1 h;消毒作用时间到达后打开门窗彻底通风。

2.2.2 熏蒸法 熏蒸法是利用化学消毒剂具有的挥发性,在一定空间内通过加热或其他方法使其挥发达到空气消毒;关闭门窗,按照产品的使用说明将适量 0.5%~1.0%(5 000~10 000 mg/L)过氧乙酸水溶液(1 g/m^3)或二氧化氯 $10\sim 20 \text{ mg/m}^3$ 盛放到耐腐蚀、大小适宜的容器中,加热蒸发或加激活剂,或采用 20 mg/m^3 臭氧熏蒸消毒。作用时间、操作方法和注意事项等遵循产品说明,消毒完毕后打开门窗彻底通风。

2.3 空气消毒器 空气消毒器可用于有人状态时的室内空气消毒,已被越来越多的医疗机构所应用^[44]。空气消毒器的基本原理是通过其中的消除因子作用于进入空气消毒器的空气,有效杀灭其中的微生物、滤除尘埃粒子。目前,空气消毒器的常见消除因子包括过滤、循环风紫外线、静电吸附式、光催化氧化等物理技术及臭氧等化学技术^[45]。不同消除因子的效果有差异:研究者在室温下测定银、铜及其氧化物对 SARS 病毒杀灭效果,结果显示,银、铜催化氧化分别作用 5、20 min SARS 病毒即被完全灭活,表明催化氧化是一种通过空气消毒系统对空气进行消毒的潜在方法^[46]。过滤除菌和静电吸附效果受过滤材料的结构、特征性能、滤网层次、

滤孔大小等因素的影响。紫外线对呼吸道传染病病原体的作用效果前文已介绍,臭氧等化学试剂的作用将在后文介绍,在此不赘述。但如何确保空气消毒器的消除因子能够持续作用,以达到有效杀灭病原体的目的,以及不同消除因子空气消毒器对呼吸道传染病病原体的消毒效果如何,有待进一步研究。并且空气消毒器应取得卫生部门消毒产品的卫生许可批件,使用、检修与维护时遵循消毒产品使用说明。消毒时关闭门窗,消毒器循环风量(m^3/h)应大于室内房间体积的 8 倍以上,进出风口无物品覆盖或遮挡,用湿布清洁机器时先切断电源。

3 总结

空气消毒能够有效预防和控制呼吸道传染病的传播,避免交叉感染。呼吸道传染病流行期间,应保持室内通风良好,正确使用集中空调通风系统,在有人状态下可根据实际采取自然通风、机械通风或使用空气消毒器进行空气消毒,在无人状态下可用紫外线照射消毒,或选用适当浓度的过氧乙酸、二氧化氯、过氧化氢等化学消毒剂,采用超低容量喷雾法或熏蒸法对空气进行消毒。

[参考文献]

[1] World Health Organization. Global influenza strategy(2019 – 2030)[EB/OL]. [2020 – 03 – 06]. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311184/9789241515320-eng.pdf?sequence=18>.

[2] Li JY, You Z, Wang Q, et al. The epidemic of 2019-novel-coronavirus (2019-nCoV) pneumonia and insights for emerging infectious diseases in the future[J]. *Microbes Infect*, 2020, 22 (2): 80 – 85.

[3] Weber DJ, Rutala WA, Fischer WA, et al. Emerging infectious diseases; focus on infection control issues for novel coronaviruses (Severe Acute Respiratory Syndrome-CoV and Middle East Respiratory Syndrome-CoV), hemorrhagic fever viruses (Lassa and Ebola), and highly pathogenic avian influenza viruses, A(H5N1) and A(H7N9)[J]. *Am J Infect Control*, 2016, 44(Suppl 5): e91 – e100.

[4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局. 关于做好今冬明春流行性感冒医疗工作的通知[EB/OL]. (2019 – 11 – 13) [2020 – 03 – 06]. <http://www.nhc.gov.cn/zycj/s7653p/201911/a577415af4e5449cb30ecc6511e369c7.shtml>.

[5] Uyeki TM, Bernstein HH, Bradley JS, et al. Clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America; 2018 update on diagnosis, treatment, chemoprophylaxis, and insti-

tutional outbreak management of seasonal influenza[J]. *Clin Infect Dis*, 2019, 68(6): e1 – e47.

[6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局. 关于印发新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第七版)的通知[EB/OL]. (2020 – 03 – 04) [2020 – 03 – 06]. <http://www.nhc.gov.cn/zycj/s7653p/202003/46c9294a7dfe4cef80dc7f5912eb1989.shtml>.

[7] Chen NS, Zhou M, Dong X, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study[J]. *Lancet*, 2020, 395 (10223): 507 – 513.

[8] 李玉莲, 蔡益民. 新发呼吸道传染病流行特点及应对策略[J]. *重庆医学*, 2020, 49(15): 2455 – 2458.

[9] 钱华, 郑晓红, 张学军. 呼吸道传染病空气传播的感染概率的预测模型[J]. *东南大学学报(自然科学版)*, 2012, 42(3): 468 – 472.

[10] 钱华, 章重洋, 郑晓红. 呼吸道传染病气溶胶传染致病机理及预测方法[J]. *科学通报*, 2018, 63(10): 931 – 939.

[11] 倪晓平, 邢玉斌, 索继江, 等. 医疗机构中微生物气溶胶的特性与作用[J]. *中华医院感染学杂志*, 2020, 30(8): 1183 – 1190.

[12] Yang CT, Chen CJ, Tsan YT, et al. An implementation of real-time air quality and influenza-like illness data storage and processing platform[J]. *Comput Human Behav*, 2019, 100: 266 – 274.

[13] Killingley B, Greatorax J, Digard P, et al. The environmental deposition of influenza virus from patients infected with influenza A(H1N1) pdm09: Implications for infection prevention and control[J]. *J Infect Public Health*, 2016, 9(3): 278 – 288.

[14] Jiang YF, Wang HF, Chen YK, et al. Clinical data on hospital environmental hygiene monitoring and medical staff protection during the coronavirus disease 2019 outbreak[J]. *medRxiv*, 2020. DOI: 10.1101/2020.02.25.20028043. Epub ahead of print.

[15] van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1[J]. *N Engl J Med*, 2020, 382(16): 1564 – 1567.

[16] Liu Y, Ning Z, Chen Y, et al. Aerodynamic characteristics and RNA concentration of SARS-CoV-2 aerosol in Wuhan hospitals during COVID-19 outbreak[J]. *bioRxiv*, 2020. DOI: 10.1101/2020.03.08.982637. Epub ahead of print.

[17] 魏巍, 李劲松, 肖文君, 等. 小汤山医院 SARS 病房内外空气中 SARS 病毒及其 RNA 的检测[J]. *中国卫生检验杂志*, 2005, 15(6): 648 – 651.

[18] Yu IT, Li YG, Wong TW, et al. Evidence of airborne transmission of the severe acute respiratory syndrome virus[J]. *N Engl J Med*, 2004, 350(17): 1731 – 1739.

[19] 刘军. 医疗活动开展进程中空气动态消毒新方法研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2013.

[20] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 中华人民共和国传染病防治法(中华人民共和国主席令第 17 号)[EB/OL]. (2004

- 08 - 28) [2020 - 03 - 06]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s3576/200804/57caa1041ec74dbab8fb886786edeb0c5.shtml>.
- [21] 中华人民共和国卫生部医院感染控制标准专业委员会. 医院隔离技术规范: WS/T 311—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 经空气传播疾病医院感染预防与控制规范: WS/T 511—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [23] 中华医院管理学会. 医院预防与控制传染性非典型肺炎(SARS)医院感染的技术指南[J]. 中国护理管理, 2004, 4(1): 17 - 25.
- [24] 中华人民共和国国家卫生健康委员会疾病预防控制局. 国家卫生健康委办公厅关于印发新型冠状病毒肺炎防控方案(第六版)的通知[EB/OL]. (2020 - 03 - 07)[2020 - 04 - 05]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/zhengcwj/202003/4856d5b0458141fa9f376853224d41d7.shtml>.
- [25] World Health Organization. Infection prevention and control during health care when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected[EB/OL]. (2020 - 03 - 19)[2020 - 04 - 05]. <https://www.who.int/publications/i/item/10665-331495>.
- [26] 中华人民共和国卫生部. 医院空气净化管理规范: WS/T 368—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [27] 中华人民共和国卫生部. 医疗机构消毒技术规范: WS/T 367—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [28] 周琦. 自然通风病房内通风对呼吸道传染病传播影响的研究[D]. 南京: 东南大学, 2016.
- [29] Nardell EA. Preventing transmission of *Mycobacterium tuberculosis*-a refocused approach[J]. Clin Chest Med, 2019, 40(4): 857 - 869.
- [30] Li TG, Liu Y, Di B, et al. Epidemiological investigation of an outbreak of pandemic influenza A (H1N1) 2009 in a boarding school: serological analysis of 1570 cases[J]. J Clin Virol, 2011, 50(3): 235 - 239.
- [31] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 传染病医院建筑设计规范: GB 50849—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
- [32] 徐潜, 范钦颖, 段宁, 等. 医院 SARS 重症监护病区空气传播途径的研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2005, 15(12): 1380 - 1382.
- [33] Goyal SM, Anantharaman S, Ramakrishnan MA, et al. Detection of viruses in used ventilation filters from two large public buildings[J]. Am J Infect Control, 2011, 39(7): e30 - e38.
- [34] Lu JY, Gu JN, Li KB, et al. COVID-19 outbreak associated with air conditioning in restaurant, Guangzhou, China, 2020[J]. Emerg Infect Dis, 2020, 26(7): 1628 - 1631.
- [35] 中华人民共和国国家卫生健康委员会疾病预防控制局. 关于印发新冠肺炎流行期间办公场所和公共场所空调通风系统运行管理指南的通知[EB/OL]. (2020 - 02 - 12)[2020 - 03 - 08]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s3577/202002/60b58b253bad4a17b960a988aae5ed92.shtml>.
- [36] 张文福, 何俊美, 帖金凤, 等. 冠状病毒的抵抗力与消毒[J]. 中国消毒学杂志, 2020, 37(1): 63 - 67.
- [37] 陈云浩, 林才. 紫外线空气消毒意义及其监管防控[C]// 2016 年浙江省烧伤外科学学术年会论文汇编, 中国浙江嘉兴, 2016 - 11 - 24, 2016: 143 - 146.
- [38] 国家卫生和计划生育委员会, 国家中医药管理局. 流行性感冒诊疗方案(2018 年版)[J]. 中国感染控制杂志, 2018, 17(2): 181 - 184.
- [39] Darnell ME, Subbarao K, Feinstone SM, et al. Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV[J]. J Virol Methods, 2004, 121(1): 85 - 91.
- [40] Pratelli A. Canine coronavirus inactivation with physical and chemical agents[J]. Vet J, 2008, 177(1): 71 - 79.
- [41] Ansaldi F, Banfi F, Morelli P, et al. SARS-CoV, influenza A and syncytial respiratory virus resistance against common disinfectants and ultraviolet irradiation[J]. J Prev Med Hyg, 2004, 45(1 - 2): 5 - 8.
- [42] Kampf G. Potential role of inanimate surfaces for the spread of coronaviruses and their inactivation with disinfectant agents[J]. Infect Prev Pract, 2020, 2(2): 100044.
- [43] 洪波, 王品虹, 纪义国, 等. 臭氧对空气中 IBV 冠状病毒的杀灭效果的研究[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 2003, 33(6): 861 - 864.
- [44] 姚希, 张冰丽, 巩玉秀, 等. 《医院空气净化管理规范 WS/T 368—2012》实施情况调查[J]. 中国感染控制杂志, 2019, 18(11): 1032 - 1037.
- [45] 李宏, 邓兵, 杨惠, 等. 呼吸道传染病疫情暴发的现场消毒措施[J]. 医学动物防制, 2013, 29(4): 432 - 434.
- [46] He H, Dong XP, Yang M, et al. Catalytic inactivation of SARS coronavirus, *Escherichia coli* and yeast on solid surface[J]. Catal Commun, 2004, 5(3): 170 - 172.

(本文编辑:左双燕)

本文引用格式:陈美恋,高燕. 空气消毒在预防呼吸道传染病中的意义及方法探讨[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(6): 577 - 582. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20216640.

Cite this article as: CHEN Mei-lian, GAO Yan. Significance and method of air disinfection in preventing respiratory infectious diseases[J]. Chin J Infect Control, 2021, 20(6): 577 - 582. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20216640.