

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20233311

论著·消毒与灭菌专题

不同类型医院空气净化方式应用情况调查

贾会学¹,姚希¹,陆群²,侯铁英³,林玲⁴,杨环⁵,宗志勇⁶,吴安华⁷,邢亚威⁸,李六亿¹

(1. 北京大学第一医院感染管理-疾病预防控制处,北京 100034; 2. 浙江大学医学院附属第二医院感染管理科,浙江 杭州 310009; 3. 广东省人民医院检验科,广东 广州 510008; 4. 黑龙江疾病预防控制中心,黑龙江 哈尔滨 150030; 5. 新疆维吾尔自治区人民医院感染管理科,新疆 乌鲁木齐 830001; 6. 四川大学华西医院感染管理科,四川 成都 610041; 7. 中南大学湘雅医院感染控制中心,湖南 长沙 410008; 8. 河北医科大学第四医院感染管理科,河北 石家庄 050019)

[摘要] **目的** 了解不同医院空气净化方式应用情况。**方法** 在中国 7 个地区 7 个省选取不同级别、不同类型的医院进行调查,调查《医院空气净化管理规范》颁布后各医院空气净化方式应用现况,包括不同空气净化方式的应用、空气净化方式组合使用情况,以及不同区域空气净化方式应用情况。**结果** 共收到 340 所医院的调研结果,38.53%(131 所)的医院有负压隔离病房,81.47%(277 所)的医院有洁净手术间,97.35%(331 所)的医院有空气消毒器。70.00%(238 所)的医院在某一空间同时使用两种及以上空气净化方式,综合重症监护病房、感染疾病科、发热门诊多采取三种及以上空气净化方式,所占比率分别为 55.93%、43.01%和 38.49%;最常见的组合方式为自然/机械通风+空气消毒器(83.19%,198/238),20.59%(49/238)的医院在洁净技术房间辅以紫外线灯进行消毒。各区域除非洁净手术室、产房、导管室、消毒供应中心外,80%以上均有通风系统。**结论** 空气净化方式的选择多元化,建筑设计更加注重通风,但空气净化方式的选择仍存在过度及不规范的现象。

[关键词] 医院;空气净化;空气消毒器;通风系统;应用

[中图分类号] R181.3⁺2

Survey on air purification methods applied in different types of hospitals

JIA Hui-xue¹, YAO Xi¹, LU Qun², HOU Tie-ying³, LIN Ling⁴, YANG Huan⁵, ZONG Zhi-yong⁶, WU An-hua⁷, XING Ya-wei⁸, LI Liu-yi¹ (1. Department of Healthcare-associated Infection Management-Disease Prevention and Control, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China; 2. Department of Infection Management, The Second Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310009, China; 3. Department of Laboratory Medicine, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangzhou 510008, China; 4. Heilongjiang Province Center for Disease Control and Prevention, Harbin 150030, China; 5. Department of Infection Management, People's Hospital of Xinjiang Uygur Atonomous Region, Urumqi 830001, China; 6. Department of Infection Management, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 7. Department of Healthcare-associated Infection Control, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China; 8. Department of Infection Management, the Fourth Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050019, China)

[Abstract] **Objective** To understand the application of air purification methods in different hospitals. **Methods** A survey was conducted in hospitals of different levels and types in 7 provinces from 7 regions of China, to investigate

[收稿日期] 2022-09-01

[基金项目] 国家卫生健康委医管中心标准项目(2020057)

[作者简介] 贾会学(1981-),女(汉族),河北省衡水市人,副研究员,主要从事医院感染的监测、控制与管理及研究。

[通信作者] 李六亿 E-mail: lucyliuyi@263.net

the current application status of air purification methods in hospitals after the promulgation of *Hospital Air Purification Management Code*, including the application of different air purification methods, the combination of air purification methods, and the application of air purification methods in different regions. **Results** A total of 340 hospitals were surveyed. 38.53% ($n = 131$) of which had negative pressure isolation wards, 81.47% ($n = 277$) had clean operating rooms with cleaning technology, 97.35% ($n = 331$) had air disinfectors, 70.00% ($n = 238$) had two or more air purification methods simultaneously in a certain region. General intensive care unit, infectious disease department and fever clinic adopted three or more air purification methods, accounting for 55.93%, 43.01% and 38.49%, respectively. The most common combination was natural/mechanical ventilation + air disinfectors (83.19%, 198/238). 20.59% (49/238) used ultraviolet lamps additionally for the disinfection in rooms with clean technology. Except for non-clean operating rooms, delivery rooms, catheter rooms and disinfection supply center, over 80% areas had ventilation systems. **Conclusion** The selection of air purification methods is diverse, and the architectural design pays more attention to ventilation, but the selection of air purification methods is still excessive and non-standardized.

[**Key words**] hospital; air purification; air disinfectant; ventilation system; application

医院空气净化是预防和控制经呼吸道传播疾病,尤其是经空气传播疾病的重要措施之一。我国于 2012 年 4 月 5 日发布了 WS/T 368—2012《医院空气净化管理规范》(以下简称“规范”),对规范我国各医疗机构空气净化管理工作起到了很好地促进作用^[1]。目前各种空气净化方法已在我国医院广泛应用,随着科技不断发展,不同类型的空气消毒器不断涌现,另外国际上有关空气净化与医院感染之间关系的研究不断更新,而且随着 2019 年新型冠状病毒感染的流行,各医疗机构对空气净化的认识更加深入,从而对不同区域空气净化方式的选择存在很多困惑。为了解各地“规范”的实施情况,在全国范围内对医院空气净化方式的应用进行了调查,现将调查结果总结报告如下。

1 对象及方法

1.1 调查范围 采取分层抽样的抽样方法,在东北、华北、华东、华中、华南、西南和西北 7 个大区,每个区抽 1 个省(自治区),每个省(自治区)选取省会城市和至少两个地级市。

1.2 调查对象 省会城市至少抽取医院 10 所,包括省部级综合医院 1 所、地市级综合医院 3 所、二级及以上专科医院 3 所(传染病医院 1 所、中医院 1 所、妇幼保健院 1 所)、县区级医院 3 所。两个其他地级市(分别为 2019 年 GDP 位于该省中间三分之一和后三分之一的地级市),每个地级市至少抽取 9 所,包括综合医院 3 所、专科医院 3 所(传染病医院 1 所、中医院 1 所、妇幼保健院 1 所)、县区级综合医院 3 所。省会城市和每个地级市必须各选择 1 所新型冠状病毒

感染患者定点医院。

1.3 调查内容 调查“规范”颁布后各医院空气净化方式应用现况,包括不同空气净化方式的应用、空气净化方式组合使用情况以及不同区域空气净化方式应用情况;主要调查呼吸道传染病传播高风险的区域或部门,包括门诊一层大厅和呼吸/内科门诊诊室、急诊流水区域诊室、发热门诊(候诊)、普通病区(呼吸/内科)、综合 ICU(患者区域)、洁净手术室、非洁净手术室、血液透析中心(透析区域)、新生儿病房(患者房间)、产房(分娩室)、导管室(手术间)、感染疾病科病区(患者房间)、消毒供应中心(清洗间)、口腔科(诊疗区)及内镜中心(诊疗区)空气净化方式,新型冠状病毒感染流行前后空气净化方式的变化。

1.4 调查方法 自行设计统一的医院专用调查表,通过专家审核及预调查调整问卷。通过各省医院协会医院感染管理专业委员会负责人或医院感染管理质控中心负责人协助抽样并下发调查问卷,以保证调查质量。

1.5 质量控制 在正式调查开始前在 6 所医院进行问卷预调查,根据预调查专家提出的意见,对问卷进行完善。起草详细的填表说明并设专人负责解释工作。所有问卷通过问卷星进行录入,问卷星录入过程中会设定逻辑判断功能和必填项,以减少逻辑错误和缺项漏项。回收问卷过程中由专门的调查员对回收的问卷随机抽样进行质量核查,及时联系相关单位对问卷内容进行核实。问卷回收后,统一培训核查员,核查问题问卷(如问卷是否存在逻辑错误、缺项漏项、存在理解歧义等问题),并对问题问卷填写人进行电话回访核实相关数据,最后重新录入数据,如无法核实数据均做“不详”处理。

表 1 调查医院类型基本信息

Table 1 Basic information of the surveyed hospitals

调查医院类型		医院数量(<i>n</i> = 340, 所)	构成比(%)
医院隶属	省部级	25	7.35
	地市级	165	48.53
	县区级	150	44.12
医院等级	三甲	142	41.77
	三乙	30	8.82
	三级合格	19	5.59
	二甲	105	30.88
	二乙	22	6.47
	未评级	22	6.47
医院类型	综合医院	218	64.12
	妇幼保健院	70	20.59
	中医医院	32	9.41
	传染病医院	20	5.88

2 结果

2.1 医院分布及特征情况分析 分别在东北、华北、华东、华中、华南、西南和西北 7 个大区选择黑龙江、河北、浙江、湖南、广东、四川和新疆 7 个省/自治区开展调研,共收到 340 所医院的调研结果。省部级、地市级及区县级医院比例为 1:6.6:6,综合医院与专科医院的比例为 1.8:1,三级医院与二级以下医院比例为 1.3:1,其中 39 所医院为新冠肺炎定点医院。调查医院的基本信息见表 1。

2.2 医院空气净化方式的应用 在调查的 340 所医院中,38.53%(131 所)的医院设有负压隔离病房,在隶属方面,省部级高于地市级,地市级高于县区级;医院等级方面,三级医院高于二级及以下医院;医院类型方面,传染病医院高于综合医院,综合医院高于妇幼保健院和中医医院。81.47%(277 所)的医院设有洁净手术间,三级医院设置比例高于二级及以下医院,综合医院高于其他类型医院。66.47%(226 所)的医院具有集中空调通风系统,三级医院设置比例高于二级及以下医院、综合医院高于其他类型医院。97.35%(331 所)的医院配有空气消毒器,其中应用最多的是循环风紫外线空气消毒器(87.61%,290/331),其次为等离子空气消毒器

(61.03%,202/331)和臭氧空气消毒器(34.44%,114/331),不同类型医院使用比例均较高,差异无统计学意义;45.29%(154/340)的医院采用化学消毒法进行空气消毒,传染病医院使用比例较其他类型医院高,其中 80.52%(124/154)的医院使用超低容量喷雾法,3.90%(6/154)的医院使用化学熏蒸法,21.43%(33/154)的医院使用喷壶喷洒方式进行空气消毒。见表 2。

表 2 各类型医院不同空气净化方式应用情况

Table 2 The application status of different purification methods in hospitals of various types

医院分类	调查医院数量(<i>n</i> = 430)	使用不同空气净化方式医院数量					
		负压隔离病房(<i>n</i> = 131)	洁净手术间(<i>n</i> = 277)	空气消毒器(<i>n</i> = 331)	集中空调通风系统(<i>n</i> = 226)	化学消毒(<i>n</i> = 154)	
医院隶属	省部级	25	15(60.00)	23(92.00)	25(100)	19(76.00)	11(44.00)
	地市级	165	68(41.21)	137(83.03)	162(98.18)	112(67.88)	85(51.52)
	县区级	150	48(32.00)	117(78.00)	144(96.00)	95(63.33)	58(38.67)
χ^2		8.067	3.299	2.185	1.828	5.253	
<i>P</i>		0.018	0.192	0.335	0.401	0.072	
医院等级	三级	191	94(49.21)	178(93.19)	190(99.48)	154(80.63)	98(51.31)
	二级及以下	149	37(24.83)	99(66.44)	141(94.63)	72(48.32)	56(37.58)
χ^2		21.01	39.678	5.862	39.197	6.363	
<i>P</i>		<0.001	<0.001	0.015	<0.001	0.012	
医院类型	综合医院	218	99(45.41)	193(88.53)	214(98.17)	157(72.02)	105(48.17)
	中医医院	32	5(15.63)	25(78.13)	31(96.88)	20(62.50)	11(34.38)
	妇幼保健院	70	12(17.14)	48(68.57)	67(95.71)	38(54.29)	23(32.86)
	传染病医院	20	15(75.00)	11(55.00)	19(95.00)	11(55.00)	15(75.00)
χ^2		36.199	24.437	1.745	9.081	13.757	
<i>P</i>		<0.001	<0.001	0.627	0.028	0.003	

2.3 医院空气净化组合方式使用情况 340 所医院中,70.00%(238 所)的医院在某一空间同时使用两种及以上空气净化方式,最常见的组合方式为自然/机械通风+空气消毒器(83.19%),20.59%的医院在洁净技术房间辅以紫外线灯进行消毒,见表 3。有负压隔离病房的医院中,44.27%(58/131)的医院在所有负压病房使用紫外线灯进行空气消毒,6.11%(8/131)的医院在部分负压病房使用紫外线灯进行空气消毒。

2.4 医院不同区域空气净化方式 各区域多采取两种及以上空气净化方式,综合 ICU、感染疾病科、发热门诊多采取三种及以上空气净化方式,所占比率分别为 55.93%、43.01%和 38.49%,高于其他区域($\chi^2 = 267.291, P < 0.001$);另外各区域除了非洁

净手术室、产房、导管室、消毒供应中心之外,80%以上均有通风系统,不同区域间差异有统计学意义($\chi^2 = 254.241, P < 0.001$),见表 4。

表 3 医院空气净化组合方式使用情况

Table 3 The combination of air purification methods in hospitals

空气净化组合方式	医院数量 (n = 238)	比率 (%)
自然/机械通风+空气消毒器	198	83.19
自然/机械通风+紫外线灯	168	70.59
自然/机械通风+空气消毒器+紫外线灯	82	34.45
洁净技术+紫外线灯	49	20.59
自然/机械通风+化学消毒	48	20.17

表 4 医院不同区域空气净化方式

Table 4 Air purification methods in different areas of hospitals

部门	医院数量	有通风系统		空气净化方式种类					
		医院数	比率 (%)	一种		两种		三种及以上	
				医院数	比率 (%)	医院数	比率 (%)	医院数	比率 (%)
门诊 一层大厅	205	202	98.54	119	58.05	56	27.32	30	14.63
	呼吸/内科门诊诊室	250	224	89.60	90	36.00	87	34.80	73
急诊流水区域诊室	200	177	88.50	63	31.50	70	35.00	67	33.50
发热门诊(候诊)	291	278	95.53	76	26.12	103	35.40	112	38.49
普通病区(呼吸/内科)	253	239	94.47	52	20.55	108	42.69	93	36.76
感染疾病科病区(患者房间)	186	166	89.25	40	21.51	66	35.48	80	43.01
综合 ICU(患者区域)	236	217	91.95	54	22.88	50	21.19	132	55.93
新生儿病房(患者房间)	220	194	88.18	48	21.82	101	45.91	71	32.27
手术室 洁净手术室	277	277	100	210	75.81	60	21.66	7	2.53
	非洁净手术室	167	104	62.28	67	40.12	55	32.93	45
血液透析中心(透析区域)	225	191	84.89	44	19.56	101	44.89	80	35.56
产房(分娩室)	264	209	79.17	68	25.76	107	40.53	89	33.71
导管室(手术间)	171	122	71.35	78	45.61	56	32.75	37	21.64
消毒供应中心(清洗间)	288	228	79.17	96	33.33	121	42.01	71	24.65
口腔科(诊疗区)	271	234	86.35	51	18.82	125	46.13	95	35.06
内镜中心(诊疗区)	247	209	84.62	46	18.62	115	46.56	86	34.82

注:通风系统包括自然通风、机械通风、集中空调通风系统、洁净技术、负压隔离病室。

2.5 疫情前后医院采取通风系统+空气消毒器空气净化方式变化分析 调查呼吸道传染病传播的 16 个高风险诊疗区域的空气净化方式,结果显示在新型冠状病毒肺炎疫情之前,在有通风系统情况下,不同区域采用空气消毒器进行空气消毒的医院比率在 12.20%~67.80%,比率较高的是综合 ICU(患

者区域)、血液透析中心(透析区域)和新生儿病房(患者房间),均在 60%以上;疫情期间,该类组合方式在门急诊类区域、普通病区、感染疾病科病区及口腔科均明显提升,疫情前后比较差异均有统计学意义,见表 5。

表 5 疫情前后医院采取通风系统 + 空气消毒器空气净化方式变化情况

Table 5 Changes in the air purification method of ventilation system + air disinfectant in hospitals before and after the epidemic

部门	调查 医院数	疫情前		疫情后		χ^2	P
		采取医院数	比率(%)	采取医院数	比率(%)		
门诊 一层大厅	205	25	12.20	54	26.34	13.186	<0.001
	呼吸/内科门诊诊室	250	77	30.80	124	49.60	18.378
急诊流水区域诊室	200	99	49.50	140	70.00	17.474	<0.001
发热门诊(候诊)	291	111	38.14	151	51.89	11.107	0.001
普通病区(呼吸/内科)	253	128	50.59	163	64.43	9.907	0.002
感染疾病科病区(患者房间)	186	103	55.38	127	68.28	6.561	0.010
综合 ICU(患者区域)	236	160	67.80	175	74.15	2.314	0.128
新生儿病房(患者房间)	220	138	62.73	145	65.91	0.485	0.486
手术室 洁净手术室	277	39	14.08	43	15.52	0.229	0.632
	非洁净手术室	167	72	43.11	80	47.90	0.773
血液透析中心(透析区域)	225	149	66.22	160	71.11	1.250	0.264
产房(分娩室)	264	155	58.71	169	64.02	1.566	0.211
导管室(手术间)	171	77	45.03	85	49.71	0.751	0.386
消毒供应中心(清洗间)	288	112	38.89	125	43.40	1.212	0.271
口腔科(诊疗区)	271	153	56.46	183	67.53	7.048	0.008
内镜中心(诊疗区)	247	141	57.09	157	63.56	2.165	0.141

3 讨论

空气微生物污染会增加呼吸道感染^[2]、手术部位感染^[3]的风险,不仅影响患者安全,还增加患者和医院的经济负担。研究^[4]表明,医院空气净化管理不同程度上提高了医院空气卫生质量,并可降低医院感染发生率。

空气净化方式包括自然通风、简易机械通风、集中空调通风系统、洁净技术、空气消毒器、化学消毒等。本组研究调查不同高风险部门的空气净化方式,结果显示各医院根据自身建筑特点,选择相应的通风方式,呈现多元化,但最主要的空气净化方式为通风系统,80%以上区域均有通风系统,其中自然通风最常见,此为经济、有效的空气净化方式,说明各医院的空气净化理念更加趋于合理。对于通风的关注,主要针对呼吸道传染病,尤其是经空气传播疾病的防控。研究表明,通风不足会增加疾病的传播风险^[5],加强通风,包括自然通风对控制经空气传播疾病的传播起到重要作用^[6-10]。自然通风受风力、温度等因素影响,如果想达到预期的通风量,需要进行合理设计或结合机械通风^[5,11-13]。

除自然通风和简易机械通风方式外,其他成本

较高的通风方式使用也非常普遍,三分之二的医院具有集中空调通风系统,81.47%的医院具有洁净手术间,将近40%的医院建了负压隔离病房,这些通风方式均有其特定的用途和优势,国家也有相应的建设规范和技术要求^[14-16],而且维护管理方面有很严格的要求,但需注意的是如果建设不规范或后期维护不当,不但起不到空气净化的效果,还会增加疾病传播的风险^[5,17]。不过在室内空气和建筑物中检测到病原体,即便表明通风和疾病传播之间可能存在间接的联系,然而其他因素,如足够的感染剂量、宿主的敏感性、病原体的传染性、环境布局等直接影响病原体的传播能力。因此,空气中存在病原体并不能证明疾病就会传播,应结合流行病学数据综合考虑。从医院分类方面来看,省部级医院、三级医院及综合医院更注重机械通风,包括负压隔离病房、洁净手术部的建设,集中空调通风系统的设计,一部分原因跟收治呼吸道传染病概率较高,病情严重患者比例高,高风险手术比例高有关;另外,还有经济因素。相比其他通风方式,机械通风是否对预防疾病的传播和降低感染风险更有效,需要各医院进行深入分析。

其他空气净化方式使用非常广泛的是空气消毒器和紫外线灯,97.35%的医院配有空气消毒器,在

不同诊疗区域不论是否有其他空气净化方式,空气消毒器均成为受到关注的空气净化方式,与医院级别、类型无关。尤其是新冠疫情期间,在空气净化方式变化上主要是增加了空气消毒器的设置,即便在通风良好的空间也会配备。本研究显示,疫情期间门急诊类区域和普通病区等采用通风系统+空气消毒器的组合方式比例明显提升。国家对于空气消毒器的分类和使用具有行业标准^[18],消毒原理包括紫外线、等离子体、臭氧、过氧化氢、过滤、静电吸附等,但其中比较成熟的是紫外线^[19]和臭氧消毒器^[20]。在国际上,常规的空气净化主要依托通风系统^[21],对于空气消毒设备的使用范围比较局限,便携式的高效过滤装置使用比较普遍,主要用于现有通风装置达不到预期的空气质量要求时(如通风系统维修期间)辅助使用,另外空气消毒设备在相对封闭空间使用效果才会显现,在通风良好的空间内,空气消毒设备的消毒效果并不理想。采用沉降菌菌落数比较不同空气消毒设备的消毒效果,研究提示等离子体消毒器优于紫外线^[22]。通过严格的模拟病原体污染空间试验,紫外线照射对病原体的杀灭效果还是很明确的,包括结核分枝杆菌^[23-29],但紫外线的杀菌效果可受到湿度、空气流速和安装位置的影响。空气消毒器有其特定的使用条件和适用的空间大小,还有非常重要的一项是后期维护,这也是目前存在问题较多的地方,需要引起关注。

随着技术的发展,空气净化方式呈现多样化,尤其是空气消毒器和洁净技术应用越来越广泛,存在一个空间多种空气净化方式共用,使用三种及以上空气净化方式的比率达 30% 以上,如通风系统+空气消毒器+紫外线灯,其中甚至包括多种空气消毒器共用,还有使用洁净技术的同时安装紫外线灯或空气消毒器,存在使用过度现象,说明对于不同空气净化方式的意义和诊疗空间的空气质量要求没有正确的理解。对于常规诊疗空间,一种空气净化方式即可,根据污染程度和空气质量要求可以辅以第二种空气净化方式,比如在通风基础上辅以紫外线灯照射等。对于不同空气净化方式组合效果的研究较少,研究显示,经过过滤的通风系统辅以紫外线可提高病原体杀灭效果^[30-31]。

本组调研结果显示,33 所医院使用喷雾洒水方式进行空气消毒,该种方式达不到空气消毒的效果,并非“规范”中提及的空气净化方式,也反映出对超低容量喷雾的方法存在理解误区。需要提醒的是,虽然空气净化可起到防止疾病传播的作用,但并非

是唯一的举措,尤其在呼吸道传染病防控中,行政管理支持、空间布局、防护用品的使用、工作人员的行为约束^[32-33]等都很重要,不可过多夸大空气净化的作用,并在空气净化上追求极致,忽略诊疗人群的风险程度、传染源的密度等因素,一定要结合诊疗区域的功能需求和诊疗人群的特点,合理选择空气净化方式,并正确使用和维护。

本研究采取抽样的方式调查全国 7 个区,虽有一定的代表性,但不能完全说明全国空气净化方式应用的现状和问题;另外在调查不同区域空气净化方式中,选取某个区域某个诊疗空间,不能整体反映各区域空气净化方式的应用情况,如果需要了解某个重点区域的整体情况,仍需进一步细致调查;最后对于空气消毒器的调查,仅调查有无使用,使用何种类型,没有调查使用的空间大小、空气消毒器的通风量、安装位置等,无法进一步评价空气消毒器使用合理与否,如何正确使用和指导临床使用,需今后进一步研究。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] 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.
Yao X, Zhang BL, Gong YX, et al. Implementation of “Management specification of air cleaning technique in hospitals (WS/T 368-2012)” [J]. Chinese Journal of Infection Control, 2019, 18(11): 1032-1037.
- [2] 马慧,沈永明,司萍,等.急性呼吸道感染儿童 9 种呼吸道病原体 IgM 抗体检测分析及其与空气污染的相关性探讨[J]. 中国免疫学杂志, 2018, 34(4): 576-582.
Ma H, Shen YM, Si P, et al. Relationship between detection rate of antibodies of 9 types of atypical respiratory pathogens IgM in children with acute respiratory tract infection and air pollutants[J]. Chinese Journal of Immunology, 2018, 34(4): 576-582.
- [3] 罗颖.髌膝关节置换术后手术部位感染的危险因素与预防措施分析[J]. 中国伤残医学, 2021, 29(15): 90-92.
Luo Y. Analysis of the risk factors and precautions of surgical site infection after hip and knee replacement[J]. Chinese Journal of Trauma and Disability Medicine, 2021, 29(15): 90-92.
- [4] 胡晓秋,王丹,叶绿,等.医院分娩室空气净化消毒效果与新生儿皮肤感染相关性研究[J]. 中国消毒学杂志, 2016, 33(1): 24-26.
Hu XQ, Wang D, Ye L, et al. Correlation study of air purifi-

- cation and disinfection effect of hospital delivery room with neonatal skin infection[J]. *Chinese Journal of Disinfection*, 2016, 33(1): 24 - 26.
- [5] World Health Organization. Natural ventilation for infection control in health-care settings[EB/OL]. (2009 - 01 - 14) [2022 - 08 - 20]. <https://www.who.int/publications/i-item/9789241547857>.
- [6] Matose MT, Poluta M, Douglas TS. Natural ventilation as a means of airborne tuberculosis infection control in minibus taxis[J]. *S Afr J Sci*, 2019, 115(9/10): 5737.
- [7] Hamilton, Gary. Ansi/ashrae/ashe standard 170 - 2017, 'ventilation of health care facilities' - what's new? additions include the approval of adiabatic humidifiers, control clarifications, and more[J]. *Engineered Systems*, 2018, 35(10): 32 - 34.
- [8] Gilkeson CA, Camargo-Valero MA, Pickin LE, et al. Measurement of ventilation and airborne infection risk in large naturally ventilated hospital wards[J]. *Build Environ*, 2013, 65: 35 - 48.
- [9] Luongo JC, Fennelly KP, Keen JA, et al. Role of mechanical ventilation in the airborne transmission of infectious agents in buildings[J]. *Indoor Air*, 2016, 26(5): 666 - 678.
- [10] Du CR, Wang SC, Yu MC, et al. Effect of ventilation improvement during a tuberculosis outbreak in underventilated university buildings[J]. *Indoor Air*, 2020, 30(3): 422 - 432.
- [11] Ren C, Zhu HC, Cao SJ. Ventilation strategies for mitigation of infection disease transmission in an indoor environment; a case study in office[J]. *Buildings*, 2022, 12(2): 180.
- [12] Bagdasarian N, Mathews I, Ng AJY, et al. A safe and efficient, naturally ventilated structure for COVID-19 surge capacity in Singapore[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2021, 42(5): 630 - 632.
- [13] Zhou Q, Qian H, Liu L. Numerical investigation of airborne infection in naturally ventilated hospital wards with central-corridor type[J]. *Indoor Built Environ*, 2018, 27(1): 59 - 69.
- [14] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 医院洁净手术部建筑技术规范: GB 50333—2013[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Architectural technical code for hospital clean operating department; GB 50333 - 2013[S]. Beijing: China Planning Press, 2014.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 医院负压隔离病房环境控制要求: GB/T 35428—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration. Requirements of environmental control for hospital negative pressure isolation ward; GB/T 35428 - 2017 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [16] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 传染病医院建筑设计规范: GB 50849—2014[M]. 北京: 中国计划出版社, 2015. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Code for design of infectious diseases hospital; GB 50849 - 2014[M]. Beijing: China Planning Press, 2015.
- [17] 武艳, 荣嘉惠, Luhung I. 空调通风系统对室内微生物气溶胶的影响[J]. *科学通报*, 2018, 63(10): 920 - 930. Wu Y, Rong JH, Luhung I. Influence of air conditioning and mechanical ventilation (ACMV) systems on indoor microbial aerosols[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2018, 63(10): 920 - 930.
- [18] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 空气消毒机通用卫生要求: WS/T 648—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019. National Health Commission of the People's Republic of China. General hygienic requirement for air disinfecting machine; WS/T 648 - 2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [19] 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.
- [20] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 臭氧消毒器卫生要求: GB 28232—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020. State Administration for Market Regulation, Standardization Administration. Hygienic requirements for ozone disinfectant; GB 28232 - 2020 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [21] Stockwell RE, Ballard EL, O'Rourke P, et al. Indoor hospital air and the impact of ventilation on bioaerosols: a systematic review[J]. *J Hosp Infect*, 2019, 103(2): 175 - 184.
- [22] 李秀华, 唐冬梅, 朱丽萍, 等. 不同消毒方法对普通手术室空气消毒效果的比较[J]. *中国病原生物学杂志*, 2021, 16(8): 934 - 936. Li XH, Tang DM, Zhu LP, et al. Comparison of the effects of different methods on air disinfection in ordinary operating rooms[J]. *Journal of Pathogen Biology*, 2021, 16(8): 934 - 936.
- [23] Wasserman AL. Air disinfection by UV germicidal radiation [J]. *Light Eng*, 2020, 28(4): 9 - 21.
- [24] Nguyen TT, Johnson GR, Bell SC, et al. A systematic literature review of indoor air disinfection techniques for airborne bacterial respiratory pathogens[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(3): 1197.
- [25] Yang Y, Zhang HH, Nunayon SS, et al. Disinfection efficacy

of ultraviolet germicidal irradiation on airborne bacteria in ventilation ducts[J]. *Indoor Air*, 2018, 28(6): 806–817.

- [26] Zhang HH, Jin X, Nunayon SS, et al. Disinfection by in-duct ultraviolet lamps under different environmental conditions in turbulent airflows[J]. *Indoor Air*, 2020, 30(3): 500–511.
- [27] Nunayon SS, Zhang HH, Lai ACK. Comparison of disinfection performance of UVC-LED and conventional upper-room UVGI systems[J]. *Indoor Air*, 2020, 30(1): 180–191.
- [28] Davidson BL. Bare-bulb upper-room germicidal ultraviolet-C (GUV) indoor air disinfection for COVID-19[J]. *Photochem Photobiol*, 2021, 97(3): 524–526.
- [29] Nardell EA. Air disinfection for airborne infection control with a focus on COVID-19: why germicidal UV is essential[J]. *Photochem Photobiol*, 2021, 97(3): 493–497.
- [30] Sattar SA, Kibbee RJ, Zargar B, et al. Decontamination of indoor air to reduce the risk of airborne infections: studies on survival and inactivation of airborne pathogens using an aerobiology chamber[J]. *Am J Infect Control*, 2016, 44(10): e177-e182.
- [31] Zargar B, Sattar SA, Rubino JR, et al. A quantitative method to assess the role of indoor air decontamination to simultaneously reduce contamination of environmental surfaces: testing

with vegetative and spore-forming bacteria[J]. *Lett Appl Microbiol*, 2019, 68(3): 206–211.

- [32] Wood ME, Stockwell RE, Johnson GR, et al. Face masks and cough etiquette reduce the cough aerosol concentration of *Pseudomonas aeruginosa* in people with cystic fibrosis[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2018, 197(3): 348–355.
- [33] Knibbs LD, Sly PD. Airborne transmission of viral respiratory pathogens. Don't stand so close to me? [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2016, 194(3): 253–254.

(本文编辑:左双燕)

本文引用格式:贾会学,姚希,陆群,等. 不同类型医院空气净化方式应用情况调查[J]. *中国感染控制杂志*, 2023, 22(5): 504–511. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20233311.

Cite this article as: JIA Hui-xue, YAO Xi, LU Qun, et al. Survey on air purification methods applied in different types of hospitals[J]. *Chin J Infect Control*, 2023, 22(5): 504–511. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20233311.