

DOI: 10.3969/j.issn.1671-9638.2017.12.002

· 论 著 ·

## 人员活动和空气净化器对支气管镜室空气微生物和颗粒物的影响

安 弘<sup>1</sup>, 吴 健<sup>1,2</sup>, 李 琼<sup>1,2</sup>, 张莉滢<sup>2</sup>, 侯铁英<sup>2</sup>, 陈婷婷<sup>2</sup>, 何碧芳<sup>2</sup>, 黎秀玉<sup>2</sup>, 李东风<sup>2</sup>, 高兴林<sup>2</sup>

(1 南方医科大学, 广东 广州 510515; 2 广东省人民医院 广东省医学科学院 广东省老年医学研究所, 广东 广州 510080)

**[摘要]** **目的** 评价人员活动和空气净化器对支气管镜室空气微生物及颗粒物的影响。**方法** 依照支气管镜室有无人员活动和空气净化器, 将实验分成四组: 动态无净化组、动态净化组、静态无净化组、静态净化组, 在五个不同时间点(0、0.5、1、2、4 h)对室内空气进行采样和分析, 用浮游菌法采集空气中的微生物并培养、计数, 用 DT-9881M 激光尘埃粒子计数器检测颗粒物浓度, 统计方法采用析因设计的方差分析。**结果** 动态无净化组的细菌、真菌、总微生物(细菌+真菌)、PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>2.5~10.0</sub> 菌落数/浓度分别为(113.53±7.78)CFU/m<sup>3</sup>、(89.67±7.17)CFU/m<sup>3</sup>、(203.20±10.92)CFU/m<sup>3</sup>、(86 557.20±4 158.29)个/m<sup>3</sup> 和(659.69±38.91)个/m<sup>3</sup>, 静态无净化组分别为(84.33±3.65)CFU/m<sup>3</sup>、(65.00±2.65)CFU/m<sup>3</sup>、(149.33±4.98)CFU/m<sup>3</sup>、(45 812.64±1 279.61)个/m<sup>3</sup> 和(189.15±4.64)个/m<sup>3</sup>, 动态净化组分别为(84.80±8.08)CFU/m<sup>3</sup>、(90.40±5.50)CFU/m<sup>3</sup>、(175.20±9.22)CFU/m<sup>3</sup>、(49 336.38±2 039.16)个/m<sup>3</sup> 和(218.36±7.02)个/m<sup>3</sup>, 静态净化组分别为(67.80±5.63)CFU/m<sup>3</sup>、(38.27±3.70)CFU/m<sup>3</sup>、(106.07±6.76)CFU/m<sup>3</sup>、(29 772.53±2 212.93)个/m<sup>3</sup> 和(124.80±7.16)个/m<sup>3</sup>, 细菌、总微生物、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 菌落数/浓度动态组高于静态组, 无净化组高于净化组(均  $P<0.05$ ), 真菌菌落数动态无净化组高于静态无净化组, 静态净化组低于静态无净化组(均  $P<0.05$ ), 动态净化组与无净化组间无明显差异( $P=0.936$ )。**结论** 人员活动增加支气管镜室空气微生物和颗粒物的菌落数/浓度, 空气净化器能降低支气管镜室空气中的细菌、总微生物和颗粒物的菌落数/浓度。

**[关键词]** 支气管镜室; 空气净化器; 细菌; 真菌; PM<sub>2.5</sub>; PM<sub>2.5~10.0</sub>**[中图分类号]** R187 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9638(2017)12-1109-07

## Effect of human activities and air purifier on airborne microorganisms and particulate matter in a bronchoscopy room

AN Hong<sup>1</sup>, WU Jian<sup>1,2</sup>, LI Qiong<sup>1,2</sup>, ZHANG Li-yan<sup>2</sup>, HOU Tie-ying<sup>2</sup>, CHEN Ping-ping<sup>2</sup>, HE Bi-fang<sup>2</sup>, LI Xiu-yu<sup>2</sup>, LI Dong-feng<sup>2</sup>, GAO Xing-lin<sup>2</sup> (1 Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 2 Guangdong General Hospital, Guangdong Provincial Institute of Geriatrics and Guangdong Academy of Medical Sciences, Guangzhou 510080, China)

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the effect of personnel activities and air purifiers on airborne microorganisms and particulate matter in bronchoscopy room. **Methods** According to whether there was personal activity and air purifier in the bronchoscopy room, the experiment was divided into four groups: dynamic non-purification group, dynamic purification group, static non-purification group, and static purification group, indoor air samples were collected and analyzed at five different time points (0, 0.5, 1, 2, 4 h), microorganisms in the air were collected by planktonic method, then cultured and counted, concentration of particulate matter was determined by DT-9881M laser dust particle counter, variance analysis of factorial design was used for statistical analysis. **Results** Colony count/concentration of airborne bacteria, fungi, total microorganisms (bacteria + fungi), PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>2.5-10.0</sub> in

[收稿日期] 2017-04-10

[基金项目] 广州市健康医疗协同创新重大专项基金(No. 201400000002); 广东省科技计划项目(No. 2013B031800026); 广州市科技计划项目(No. 2014J4100040)

[作者简介] 安弘(1991-), 女(汉族), 甘肃省定西市人, 硕士研究生, 主要从事医院呼吸道感染与空气质量控制研究。

[通信作者] 吴健 E-mail: wjxst@hotmail.com

dynamic non-purification group were  $(113.53 \pm 7.78)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(89.67 \pm 7.17)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(203.20 \pm 10.92)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(86\ 557.20 \pm 4\ 158.29)$  counts/m<sup>3</sup>, and  $(659.69 \pm 38.91)$  counts/m<sup>3</sup> respectively, in static non-purification group were  $(84.33 \pm 3.65)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(65.00 \pm 2.65)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(149.33 \pm 4.98)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(45\ 812.64 \pm 1\ 279.61)$  counts/m<sup>3</sup>, and  $(189.15 \pm 4.64)$  counts/m<sup>3</sup> respectively, in dynamic purification group were  $(84.80 \pm 8.08)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(90.40 \pm 5.50)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(175.20 \pm 9.22)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(49\ 336.38 \pm 2\ 039.16)$  counts/m<sup>3</sup>, and  $(218.36 \pm 7.02)$  counts/m<sup>3</sup> respectively, in static purification group were  $(67.80 \pm 5.63)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(38.27 \pm 3.70)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(106.07 \pm 6.76)$  CFU/m<sup>3</sup>,  $(29\ 772.53 \pm 2\ 212.93)$  counts/m<sup>3</sup>, and  $(124.80 \pm 7.16)$  counts/m<sup>3</sup> respectively. Colony count/concentration of airborne bacteria, total microorganisms, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>2.5-10.0</sub> in dynamic group were all higher than those in static group, non-purification group were higher than purification group (both  $P < 0.05$ ), colony count of fungi in dynamic non-purification group was higher than static non-purification group, in static purification group was lower than static non-purification group (both  $P < 0.05$ ), there was no significant difference between dynamic purification group and dynamic non-purification group ( $P = 0.936$ ). **Conclusion** Personal activities can increase colony count/concentration of microorganisms and particulate matter in bronchoscopy room, air purifier can reduce the bacteria, total microbial count, and particulate matter in the air of bronchoscopy room.

[Key words] bronchoscopy room; air purifier; bacteria; fungus; PM<sub>2.5</sub>; PM<sub>2.5-10.0</sub>

[Chin J Infect Control, 2017, 16(12): 1109 - 1115]

调查显示,国内外医院感染的人次现患率约为 2%~3%,以呼吸道感染最常见<sup>[1-3]</sup>。空气中的细菌、真菌等常附着在颗粒物上,形成气溶胶进入人体,可致感染性疾病、过敏、慢性阻塞性肺疾病(COPD)急性发作等<sup>[4]</sup>。Janssen 等<sup>[5]</sup>认为颗粒物对呼吸道和心血管危害明显,其携带的细菌、真菌及内毒素等具有直接的细胞毒性,可诱发气道炎症反应,重金属铅、锰等可引起中毒。空气动力学直径小于 10 μm 的颗粒物(particulate matter less than 10 μm in diameter, PM<sub>10.0</sub>)可增加气道炎症,对人体危害最大,被称为可吸入颗粒物,包括两种粒径:直径 < 2.5 μm (particulate matter less than 2.5 μm in diameter, PM<sub>2.5</sub>) 和直径 2.5~10.0 μm (particulate matter of 2.5 μm-10.0 μm in diameter, PM<sub>2.5-10.0</sub>)<sup>[6]</sup>。支气管镜操作是一项重要的侵入性诊疗手段,支气管镜室空气常被受检患者排出的呼吸道分泌物污染,若缺乏有效的空气消毒措施,可导致经气溶胶传播的医院呼吸道感染扩散<sup>[7]</sup>。国内研究<sup>[8]</sup>显示,普通病房空气中检出的细菌种类与同期病房医院感染患者的菌种分布相对一致。国外研究<sup>[9]</sup>显示,支气管镜检查时室内空气中存在条件性致病菌,如肺炎链球菌等,可使医务人员的职业感染风险升高。传统的室内空气消毒措施,如紫外线不能与诊疗同时进行,新型空气净化器能在人员活动时进行实时动态消毒净化,日益成为研究热点。BA-6065 是有预过滤网、True HEPA 滤网、活性炭、溶菌酶、除臭特效模块、负离子六重空气净化系统的新型净化器。目前,国内外研究多局限于人员活动或空气净化单

一因素对室内空气的影响。本研究创新性地针对人员活动及空气净化两个因素进行研究,以支气管镜室空气微生物及颗粒物水平为研究靶点,分别在有无人员活动及 BA-6065 净化的 0、0.5、1、2、4 h 五个时间点,探讨人员活动和空气净化对支气管镜室空气质量的影响,探索经气溶胶传播呼吸道疾病新的防治方法,旨在进一步提高医院呼吸道感染的防控水平。

## 1 材料与方法

1.1 材料 呼博士空气净化器 BA-6065 (参考面积 66 m<sup>2</sup>, 厦门蒙发利有限公司提供), 浮游菌采样器 SAS-IAQ (单级撞击式采样器, 意大利 PBI 公司), DT-9881M 激光尘埃粒子计数器 (深圳华盛昌机械实业有限公司), 9 cm 血琼脂平板培养基和沙保氏琼脂平板培养基 (广州迪景微生物科技有限公司),  $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$  和  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$  恒温箱, 温度计, 湿度计, 计数器。

1.2 方法 选择广东省人民医院面积约 28 m<sup>2</sup>、位于 6 楼的支气管镜室为实验场所, 室内有一张检查用病床, 每次可对一例患者进行普通支气管镜检查。该室采用中央空调循环风、紫外线和非实验期开窗通风结合的综合消毒措施, 每个工作日中午紫外线消毒 0.5 h。实验前 12 h 及实验过程中关闭门窗, 调整室内温度  $15^\circ\text{C} \sim 23^\circ\text{C}$ , 相对湿度 55%~70%。实验选择在同一季节进行, 每组重复 6 次。

### 1.2.1 采样方法及检测

1.2.1.1 微生物采样及检测 按照 2012 年《医院

消毒卫生标准》，选择浮游菌法检测室内空气微生物。用浮游菌采样器 SAS-IAQ, 采样流量 250 L, 将细菌直接采集到血琼脂平板培养基, 放入  $(36 \pm 1)^\circ\text{C}$  恒温箱培养 48 h, 真菌用沙保氏琼脂平板培养基,  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$  恒温箱培养 72 h, 菌落计数。计算空气微生物浓度,  $p = 1\ 000\text{N}/\text{V}$ , 其中  $p$  为微生物浓度 ( $\text{CFU}/\text{m}^3$ ),  $\text{N}$  为培养基菌落数,  $\text{V}$  为采样空气体积。用同批次的培养基作为阴性对照, 放于相应恒温箱中与实验样本一同培养后记录结果。

1.2.1.2 颗粒物采样及检测 根据 GB/T16292-2010《医药工业洁净室(区)悬浮粒子的测试方法》标准<sup>[10]</sup>, 按照粒子的空气动力学当量直径 (aerodynamic equivalent diameter, AED) 范围, 采用 DT-9881M 激光尘埃粒子计数器对  $\text{AED} > 0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0\ \mu\text{m}$  的六种颗粒物 (particulate matter, PM) 浓度 ( $\text{个}/\text{m}^3$ ) 进行检测, 依次记录为  $\text{PM}_{\geq 0.3}, \text{PM}_{\geq 0.5}, \text{PM}_{\geq 1.0}, \text{PM}_{\geq 2.5}, \text{PM}_{\geq 5.0}, \text{PM}_{\geq 10.0}$ , 每次检测连续测量 3 次取平均值。该计数器所测定颗粒物的最小粒径为  $0.3\ \mu\text{m}$ , 本实验以  $\text{PM}_{\geq 0.3}$  作为室内空气总颗粒物, 按 AED 大小对颗粒物进行分类:  $\text{PM}_{0.3\sim 0.5}$  ( $0.3\ \mu\text{m} \leq \text{AED} < 0.5\ \mu\text{m}$ )、 $\text{PM}_{0.5\sim 1.0}$  ( $0.5\ \mu\text{m} \leq \text{AED} < 1.0\ \mu\text{m}$ )、 $\text{PM}_{1.0\sim 2.5}$  ( $1.0\ \mu\text{m} \leq \text{AED} < 2.5\ \mu\text{m}$ )、 $\text{PM}_{2.5\sim 5.0}$  ( $2.5\ \mu\text{m} \leq \text{AED} < 5.0\ \mu\text{m}$ )、 $\text{PM}_{5.0\sim 10.0}$  ( $5.0\ \mu\text{m} \leq \text{AED} < 10.0\ \mu\text{m}$ )。为分析 PM 的粒径构成, 对不同粒径的 PM 浓度进行计算, 定义  $\text{PM}_{0.3\sim 0.5}$  ( $\text{个}/\text{m}^3$ ) =  $\text{PM}_{\geq 0.3} - \text{PM}_{\geq 0.5}$ <sup>[11]</sup>, 按同样的方法计算  $\text{PM}_{0.5\sim 1.0}, \text{PM}_{1.0\sim 2.5}, \text{PM}_{2.5\sim 5.0}, \text{PM}_{5.0\sim 10.0}, \text{PM}_{2.5} = \text{PM}_{\geq 0.3} + \text{PM}_{0.5\sim 1.0} + \text{PM}_{1.0\sim 2.5}, \text{PM}_{2.5\sim 10.0} = \text{PM}_{\geq 2.5} - \text{PM}_{\geq 10.0}$ 。DT-9881M 是一种手持式激光尘埃粒子计数器, 测量误差  $< 5\%$ , 实验前送至生产厂家进行校准。

## 1.2.2 实验步骤

1.2.2.1 动态无净化组 按照国家卫生部 2012 年《医院消毒卫生标准》, 对面积  $\leq 30\ \text{m}^2$  的室内进行空气检测, 设内、中、外对角线三点为采样地点, 内、外点距墙壁 1 m, 与地面垂直距离为 0.8 m。工作日 17:00 下班后开窗通风, 20:00 关闭门窗, 次日 8:00 在医护人员进入工作前进行采样, 在三个采样点采集空气中的微生物和颗粒物, 记为 0 时间点。随后医护人员给患者进行诊疗, 进行不间断的普通电子支气管镜操作, 不包括支架植入、电消融、支气管内超声引导针吸活检术 (EBUS-TBNA) 等复杂操作, 分别在 0.5、1、2、4 h 进行采样, 依次记录为 0.5、

1、2、4 时间点, 实验过程中室内人员控制在 4~5 名。

1.2.2.2 动态净化组 将 BA-6065 置于支气管镜室地面中央, 实验日在 0 时刻采样后开启进入净化工作状态, 同时医护人员开始给患者进行诊疗, 其余条件控制和实验过程同动态无净化组。

1.2.2.3 静态无净化组 室内除一名采样人员外无其他人员及活动, 其余实验过程同动态无净化组。

1.2.2.4 静态净化组 室内除一名采样人员外无其他人员及活动, 其余实验过程同动态净化组。

1.3 判断标准 依据标准 GB 15982-2012《医院消毒卫生标准》、GB/T 16292-2010《医药工业洁净室(区)悬浮粒子的测试方法》。支气管镜室内空气中的颗粒物浓度目前尚缺相关判定标准, 据 GB 15982-2012 标准, 支气管镜室属 III 类环境, 因采用的浮游菌采样器对空气进行细菌采样, 以细菌菌落数  $\leq 500\ \text{CFU}/\text{m}^3$  为合格。

1.4 统计学分析 应用 SPSS 20.0 完成全部统计分析。数据符合正态分布, 以均数  $\pm$  标准差进行统计描述, 采用析因设计的方差分析比较有无人员活动、是否使用净化器下的微生物和颗粒物浓度。若两者的交互作用有统计学意义, 进一步采用两独立样本  $t$  检验分别检验两者单独效应, 单独效应的  $P$  值使用 Bonferroni 校正 (原始  $P$  值乘以比较次数)。检验水准为  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

2.1 微生物检测结果 在动态无净化组的 0、0.5、1、2、4 h, 在室内对角线方向的三点用浮游菌法采集空气中的细菌, 将三个采样地点细菌菌落数的均数记为相应时间点的细菌菌落数, 五个时间点细菌菌落数均数为该次实验的细菌菌落数, 实验重复 6 次, 按照同样的方法计算真菌菌落数、总微生物菌落数/ (细菌 + 真菌) 及各种粒径颗粒物的浓度。支气管镜室空气中的细菌、真菌和总微生物菌落数见表 1。经两因素析因分析统计, 人员活动、净化器因素对细菌、真菌、总微生物菌落数的影响均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 两者的交互作用对真菌菌落数的影响有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 对细菌和总微生物菌落数的影响无统计学意义 (均  $P > 0.05$ )。根据均数得出结论: 控制净化器因素条件下, 动态组的细菌、总微生物菌落数高于静态组; 控制人员活动因素条件下, 净化组的细菌、总微生物菌落数低于无净化

组。见表 2。单独效应结果显示,真菌菌落数在动态无净化组高于静态无净化组( $t = -3.227, P < 0.01$ ),在动态净化组高于静态净化组( $t = -7.863, P < 0.01$ ),在静态净化组低于静态无净化组( $t = 5.869, P < 0.01$ ),在动态净化组与无净化组之间无明显差异( $t = -0.081, P = 0.936$ )。

**表 1** 支气管镜室空气中的细菌、真菌和总微生物菌落数 (CFU/m<sup>3</sup>)

**Table 1** Colony count of airborne bacteria, fungi, and total microorganisms in bronchoscopy room (CFU/m<sup>3</sup>)

组别	细菌	真菌	总微生物
动态无净化组	113.53 ± 7.78	89.67 ± 7.17	203.20 ± 10.92
动态净化组	84.80 ± 8.08	90.40 ± 5.50	175.20 ± 9.22
静态无净化组	84.33 ± 3.65	65.00 ± 2.65	149.33 ± 4.98
静态净化组	67.80 ± 5.63	38.27 ± 3.70	106.07 ± 6.76

**表 2** 细菌、真菌、总微生物菌落数的析因分析结果

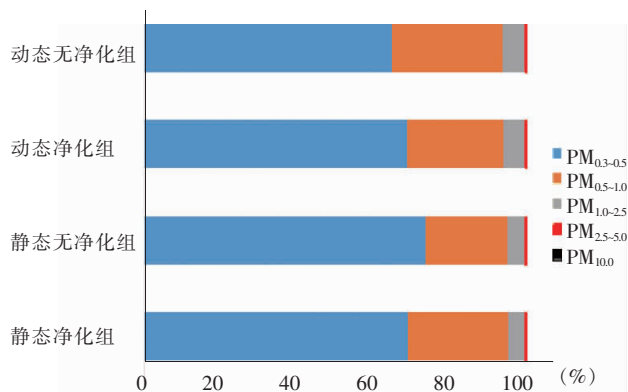
**Table 2** Factorial analysis results of colony counts of bacteria, fungi and total microorganisms

微生物	变异来源	平方和	自由度	均方	F	P
细菌	人员活动	16 008.300	1	16 008.300	12.496	0.001
	净化器	15 368.033	1	15 368.033	11.996	0.001
	人员活动及净化器	1 116.300	1	1 116.300	0.871	0.353
真菌	人员活动	44 236.800	1	44 236.800	57.605	0.000
	净化器	5 070.000	1	5 070.000	6.602	0.011
	人员活动及净化器	5 658.133	1	5 658.133	7.368	0.008
总微生物	人员活动	113 467.500	1	113 467.500	55.092	0.000
	净化器	38 092.033	1	38 092.033	18.495	0.000
	人员活动及净化器	1 748.033	1	1 748.033	0.849	0.359

2.2 颗粒物检测结果

2.2.1 支气管镜室空气中不同粒径颗粒物的构成

四组实验中不同粒径范围 PM 构成占比情况均为  $PM_{0.3\sim0.5} > PM_{0.5\sim1.0} > PM_{1.0\sim2.5} > PM_{2.5\sim5.0} > PM_{5.0\sim10.0} > PM_{\geq 10.0}$ ,随着粒径减小,颗粒物数量急剧增多,总体来看,PM 主要由  $PM_{0.3\sim0.5}$ 、 $PM_{0.5\sim1.0}$  和  $PM_{1.0\sim2.5}$  构成(即  $PM_{2.5}$ ), $PM_{2.5}$  在上述四组均占各自总颗粒物浓度的 99% 以上。见图 1。



**图 1** 四组实验中不同粒径颗粒物的浓度构成图(个/m<sup>3</sup>)

**Figure 1** Diagram of constituent of concentration of different sizes of particulate matter in four experimental groups (counts/m<sup>3</sup>)

2.2.2 支气管镜室空气中的 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 浓度及析因分析结果

支气管镜室空气中的  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{2.5\sim10.0}$  浓度见表 3。经两因素析因分析统计,人员活动、净化器、两者的交互作用对  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{2.5\sim10.0}$  浓度的影响均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ),见表 4。单独效应结果显示, $PM_{2.5}$  浓度在动态无净化组高于静态无净化组( $t = -9.365, P < 0.01$ ),在动态净化组高于静态净化组( $t = -6.501, P < 0.01$ ),在静态净化组低于静态无净化组( $t = 6.275, P < 0.01$ ),在动态净化组低于动态无净化组( $t = 8.037, P < 0.01$ )。  $PM_{2.5\sim10.0}$  浓度在动态无净化组高于静态无净化组( $t = -12.007, P < 0.01$ ),在动态净化组高于静态净化组( $t = -9.330, P < 0.01$ ),在静态净化组低于静态无净化组( $t = 7.543, P < 0.01$ ),在动态净化组低于动态无净化组( $t = 11.162, P < 0.01$ )。

**表 3** 支气管镜室空气中的  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{2.5\sim10.0}$  浓度(个/m<sup>3</sup>)

**Table 3** Concentration of  $PM_{2.5}$  and  $PM_{2.5\sim10.0}$  in air in bronchoscopy room(counts/m<sup>3</sup>)

组别	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5\sim10.0}$
动态无净化组	86 557.20 ± 4 158.29	659.69 ± 38.91
动态净化组	49 336.38 ± 2 039.16	218.36 ± 7.02
静态无净化组	45 812.64 ± 1 279.61	189.15 ± 4.64
静态净化组	29 772.53 ± 2 212.93	124.80 ± 7.16

表 4 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 浓度的析因分析结果

Table 4 Factorial analysis results of concentration of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>2.5-10.0</sub>

PM	变异来源	平方和	自由度	均方	F	P
PM <sub>2.5</sub>	人员活动	6 819 571 3477. 203	1	68 195 713 477. 203	102. 198	0. 000
	净化器	53 188 622 739. 511	1	53 188 622 739. 511	79. 708	0. 000
	人员活动及净化器	8 411 675 839. 600	1	8 411 675 839. 600	12. 606	0. 000
PM <sub>2.5~10.0</sub>	人员活动	10 777 664. 275	1	10 777 664. 275	335. 402	0. 000
	净化器	8 661 265. 290	1	8 661 265. 290	269. 539	0. 000
	人员活动及净化器	4 813 511. 692	1	4 813 511. 692	149. 797	0. 000

2.3 细菌、真菌、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 菌落数/浓度的时间变化 细菌、真菌、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 菌落数/浓度在基线 0 h 时四组间差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 静态无净化组各菌落数/浓度随时间无明显变化。动态无净化组细菌菌落数在 0.5 h 较基线 0 h 增加, 1 h 略有下降, 2 h 略有反弹之后逐渐下降, 真菌菌落数在 0.5 h 增加后逐渐回降, 细菌、真菌菌落数至 4 h 仍高于基线水平; PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 浓度在 0.5 h 均较 0 h 上升约 50% 左右, 2 h 达高峰后稍回落, 4 h 仍明显高于基线水平; PM<sub>2.5~10.0</sub> 浓度变化

趋势似动态无净化组的细菌, 0.5、2 h 两个小高峰。静态净化组的细菌、真菌菌落数在净化 0.5 h 后较基线 0 h 各自水平低, 此后细菌菌落数基本不变, 真菌菌落数在 0.5、1、2 h 依次下降, 之后变化不明显; PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 浓度在 1 h 下降明显, 之后基本不变。动态净化组的细菌菌落数在 0.5 h 较 0 h 增加, 但幅度小于动态无净化组, 之后逐渐回降, 真菌菌落数的变化与动态无净化组几乎重合; PM<sub>2.5</sub> 浓度在 0.5 h 较 0 h 明显降低, 之后保持低值, PM<sub>2.5~10.0</sub> 浓度随时间无明显变化。见图 2。

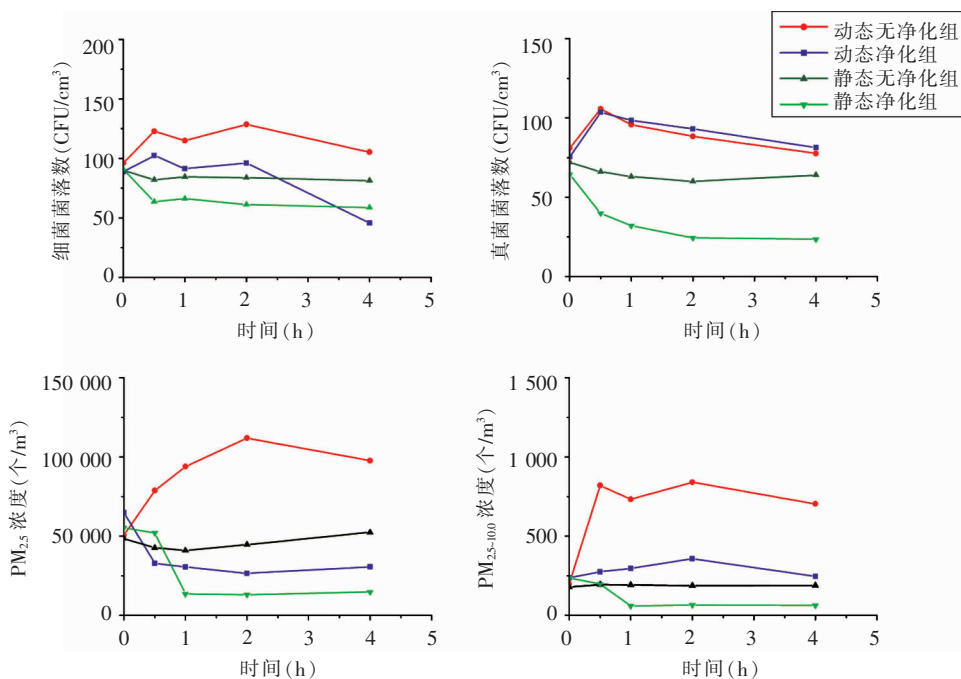


图 2 四组实验中细菌、真菌、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 细菌菌落数/浓度的时间变化曲线图

Figure 2 Time variation diagram of colony counts/concentration of airborne bacteria, fungi, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>2.5-10.0</sub> in four experimental groups

### 3 讨论

本研究以医院内呼吸道交叉感染风险高的支气

管镜室为研究对象, 针对目前缺乏有效的、适用于人员活动环境下的室内空气消毒措施, 探讨人员活动对支气管镜室空气微生物和颗粒物的作用以及净化器 BA-6065 的临床现场效果。结果显示, 细菌、真

菌、总微生物、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 细菌菌落数/浓度在动态组高于静态组,说明人员活动可增加室内空气微生物和 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 的菌落数/浓度。既往研究<sup>[12]</sup>发现,空气微生物菌落数在人、车流量大的区域高于流量小的区域。Kanatani 等<sup>[13]</sup>的实验也显示,室外颗粒物浓度及人员活动可引起室内颗粒物浓度增加,本实验结果与之一致。本组研究结果还显示,无论有无人员活动,BA-6065 不仅能降低室内空气中的细菌和总微生物菌落数,还可有效清除 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>2.5~10.0</sub>,在无人员活动时可有效降低真菌菌落数,证实其在支气管镜室的现场消毒净化有效。BA-6065 有预过滤网、True HEPA 滤网、活性炭、溶菌酶、除臭特效模块、负离子六重空气净化系统,其中的预过滤网主要过滤大颗粒杂质,如毛发和较大颗粒物, True HEPA 滤网对 0.3 μm 以上的颗粒物有明显的净化能力,溶菌酶可有效杀菌。

按照 GB 15982-2012《医院消毒卫生标准》,支气管镜室等Ⅲ类环境的空气合格标准是浮游菌法测得的细菌菌落数≤500 CFU/m<sup>3</sup>。本实验用支气管镜室采用中央空调循环风、紫外线、非实验期开窗通风相结合的综合消毒措施,虽然人员活动时的细菌菌落数仍在合格范围,但实验结果显示人员活动可增加细菌、真菌的暴露,有增加医院呼吸道感染的潜在风险,需提高警惕。实验时室内人员数控制在 4~5 名,进行普通支气管镜操作如吸痰、气道探查、活检等操作,若进行复杂操作或室内人员数增加,人员交叉感染的可能性会增加。一项关于手术室动态条件空气细菌检测的实验<sup>[14]</sup>显示,室内人员活动越多,空气细菌含量越高。真菌易在潮湿及密闭空间生长和繁殖<sup>[8]</sup>,目前,医院真菌感染的发病率日趋增加,侵袭性、半侵袭性肺曲霉病甚至肺毛霉、青霉感染临床常见,尤其是免疫力低下的患者,治疗极其困难,病死率高<sup>[15]</sup>。支气管镜室空气颗粒物绝大部分(>99%)为 PM<sub>2.5</sub>,人员活动可引起 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>2.5~10.0</sub> 浓度的显著增加。PM<sub>2.5</sub> 表面积大,易吸附有害气体、重金属、细菌、病毒等物质,极易运输和沉积到细支气管和肺泡表面干扰气体交换,引发包括哮喘、支气管炎和心血管等方面的疾病<sup>[16]</sup>,也可增加卒中、糖尿病的住院风险和恶性肿瘤的发生,其致病机制主要是氧化损伤、炎性损伤、致癌毒性<sup>[6]</sup>。PM<sub>2.5~10.0</sub> 可引起哮喘、刺激气道,也可携带内毒素致病。支气管镜室 PM<sub>2.5</sub> 在人员活动时明显增加,除其本身的危害外,可携带气溶胶中的微生物,进一步损伤气道上皮、内皮细胞和炎性微环境,推测可通

过直接或间接效应、即时或滞后效应危害人体健康,而空气净化器可降低 PM<sub>2.5</sub> 的浓度及其所致的危害。

微生物和颗粒物菌落数/浓度的时间变化曲线显示,在动态环境,无净化组的细菌、真菌和可吸入颗粒物浓度在 0.5~2 h 增加,后稍回降,原因可能与工作人员刚进入时将室外微生物及颗粒物带入、物品准备等活动幅度大致原本沉积的气溶胶重新悬浮等有关。一段时间后人员活动趋于稳定,部分空气微生物和颗粒物再次沉积,形成新的平衡后其菌落数/浓度可能稍降低,净化组的细菌和可吸入颗粒物菌落数/浓度均低于无净化组。在静态环境,细菌、真菌、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 菌落数/浓度在无净化组随时间无明显变化,在净化组的 0.5~2 h 下降,之后基本不变。上述结果提示医务人员尤其应该在活动的最初 2 h 控制空气微生物及颗粒物负荷,可以使用开窗通风或空气净化器等措施,联合净化器 BA-6065 的消毒净化效果好于目前该支气管镜室的消毒措施,BA-6065 对该室的空气消毒有辅助及加强的作用。

经气溶胶播散被认为是医院呼吸道感染的主要途径,空气细菌和真菌均主要附着在颗粒物上存在,细菌主要在>2.0 μm 的颗粒物上,真菌主要在 1.0~6.0 μm 的颗粒物上<sup>[16]</sup>,BA-6065 的 True HEPA 滤网对 0.3 μm 以上的颗粒物有明显的净化能力,理论上对空气细菌和真菌均有效。本实验发现无人员活动时,真菌菌落数在净化组低于无净化组,有人员活动时无明显差异,提示在动态环境下,BA-6065 减低真菌菌落数的效能不如静态环境,原因可能是小样本研究结果存在一定偏倚。目前,关于净化器的微生物净化效果研究主要集中在细菌,对真菌的研究较少,需进一步设计大样本的随机对照研究,探索净化器对包括真菌在内的微生物的作用。

目前,仅有医院环境中空气静态消毒的采样方法和合格标准,尚无动态消毒的评价标准,新型空气净化器是近年来室内空气净化的一个研究热点,但其质量层次不齐,缺乏规范的现场使用判断标准。本研究同时纳入了人员活动和净化器两因素,研究不同条件下支气管镜室空气中包含细菌、真菌在内的微生物和颗粒物水平,发现人员活动会增加空气中微生物和可吸入颗粒物浓度,有增加医院呼吸道感染的潜在风险,BA-6065 可有效降低有或无人员活动时的细菌、总微生物、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>2.5~10.0</sub> 菌落数浓度及无人员活动时的真菌菌落数,有较好的临床现场净化效果,弥补了传统消毒措施(如紫外线)不

适用于有人员活动状态的不足。本研究有助于推动医院空气动态消毒标准的建立及空气净化器的研发和规范使用,从而提高经气溶胶传播医院呼吸道感染的防控水平。虽然本研究存在一些缺点,如缺乏人员活动、净化器因素与支气管镜检查后患者新发呼吸道感染相关性的临床数据,但研究发现紫外线联合某种空气净化器对医院分娩室空气的净化消毒效果好于单独使用紫外线,新生儿皮肤感染率由 12.36% 降低至 2.28%<sup>[17]</sup>,因此,我们设想进一步设计前瞻性对照研究,探索人员活动时支气管镜室空气质量的变化以及净化器单独或联合其他措施的干预作用,并分析其与镜检患者新发呼吸道感染的相关性。

#### [参考文献]

- [1] 高芳,张杰,吴艳艳,等. 4249 例住院患者医院感染现患率调查[J]. 中国消毒学杂志,2015,32(3):250-252.
- [2] Lee MK, Chiu CS, Chow VC, et al. Prevalence of hospital infection and antibiotic use at a university medical center in Hong Kong[J]. J Hosp Infect, 2007, 65(4): 341-347.
- [3] 任南,文细毛,吴安华. 2014 年全国医院感染横断面调查报告[J]. 中国感染控制杂志,2016,15(2):83-87.
- [4] Ulbricht C. An evidence-based systematic review of lutein by the natural standard research collaboration[J]. J Diet Suppl, 2015, 12(4): 383-480.
- [5] Janssen NA, Hoek G, Simic-Lawson M, et al. Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared with PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>[J]. Environ Health Perspect, 2011, 119(12): 1691-1699.
- [6] 时彦玲,邓林红. 细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)对气道的病理作用及其与哮喘病理机制的关系[J]. 医用生物力学,2013,28(2):127-134.
- [7] 刘江红. 多功能动态杀菌机对支气管镜室空气消毒效果分析[J]. 实用临床医学,2011,12(3):59-60.
- [8] 娄秀芳,李宏杰,黄荣,等. 基层医院普通病房 3 种空气净化方式的环境细菌学监测分析[J]. 中国卫生检验杂志,2015,25(23):4117-4119.
- [9] Marchand G, Duchaine C, Lavoie J, et al. Bacteria emitted in ambient air during bronchoscopy—a risk to health care workers? [J]. Am J Infect Control, 2016, 44(12): 1634-1638.
- [10] 国家技术监督局. 医药工业洁净室(区)悬浮粒子的测试方法: GB 16292-2010[S]. 北京:中国标准出版社,2010:6-8.
- [11] 刘勇,芦茜,谭永强,等. 空气净化器对重症监护病房空气中可吸入颗粒物动态净化效果的观察[J]. 中华医院感染学杂志, 2010,20(2):226-228.
- [12] Chen X, Ran PX, Ho KF, et al. Concentrations and size distributions of airborne microorganisms in Guangzhou during summer[J]. Aerosol and Air Qual Res, 2012, 12: 1336-1344.
- [13] Kanatani KT, Okumura M, Tohno S, et al. Indoor particle counts during Asian dust events under everyday conditions at an apartment in Japan[J]. Environ Health Prev Med, 2014, 19(1): 81-88.
- [14] 刘旭,祁勇,穆锦江. 医院洁净手术室动态条件下空气质量与相关因素分析[J]. 中华医院感染学杂志,2009,19(20):2723-2724.
- [15] Perlroth J, Choi B, Spellberg B. Nosocomial fungal infections: epidemiology, diagnosis, and treatment [J]. Med Mycol, 2007, 45(4): 321-346.
- [16] Brook RD. Is air pollution a cause of cardiovascular disease? Updated review and controversies[J]. Rev Environ Health, 2007, 22(2): 115-137.
- [17] 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.

(本文编辑:文细毛)