

化学消毒剂对空气消毒的效果评估与选择策略

孔 亮

泗水县疾病预防控制中心 山东 济宁 273200

摘要: **目的:** 评估几种常用化学消毒剂对空气中细菌和真菌的杀灭效果, 分析影响消毒效果的关键因素, 为空气消毒剂的选择提供参考。**方法:** 选取过氧化氢、过氧乙酸、二氧化氯、季铵盐等6种化学消毒剂, 设置不同浓度、作用时间, 利用自然沉降法采集空气中的细菌和真菌, 通过菌落计数评估消毒前后空气中微生物数量的变化。同时考察消毒剂稳定性和对人体健康的影响。**结果:** 1000mg/L过氧化氢雾化消毒30min, 空气中细菌和真菌去除率分别达到95%和90%以上, 消毒效果优于其他消毒剂。过氧乙酸和二氧化氯的杀菌效果次之, 季铵盐类消毒剂效果较差。消毒剂浓度和作用时间是影响杀菌效果的关键因素。所有消毒剂的稳定性和安全性均符合卫生要求。**结论:** 过氧化氢是空气消毒首选化学消毒剂, 在其他条件相同的情况下, 浓度越高, 作用时间越长, 杀菌效果越好。

关键词: 空气消毒; 过氧化氢; 消毒效果影响因素

空气是人体接触最为频繁和持久的环境介质之一。空气中存在大量细菌、真菌、病毒等微生物, 当空气中致病微生物达到一定浓度时, 可通过呼吸道、皮肤黏膜等途径侵入人体, 引起各种感染性疾病。医院、学校、办公室、地铁等人员密集的公共场所, 空气中微生物含量往往较高, 如不采取有效的空气消毒措施, 极易引起呼吸道传染病的流行^[1]。因此, 空气消毒在公共卫生和疾病预防控制领域具有十分重要的意义。

化学消毒是目前应用最为广泛的空气消毒方法。与紫外线消毒等物理方法相比, 化学消毒剂种类多样, 适用范围广, 操作相对简便, 广受医疗卫生机构和公共场所管理者的青睐。常用于空气消毒的化学消毒剂包括过氧化物类(过氧化氢、过氧乙酸等)、卤素类(二氧化氯、次氯酸钠等)、醛类(甲醛、戊二醛等)、季铵盐类等^[2]。

过氧化氢(H_2O_2)是目前应用最为广泛的空气消毒剂之一。其以-OH自由基的形式破坏细菌、真菌、病毒的细胞膜和核酸, 从而达到杀灭微生物的作用。低浓度过氧化氢对人体黏膜有一定刺激性, 但总体毒性较低。过氧乙酸(CH_3COOOH)是过氧化氢和乙酸的平衡混合物, 兼具过氧化物和有机酸的双重杀菌机制, 其挥发性较强, 对皮肤黏膜刺激性大于过氧化氢。

1 资料与方法

1.1 实验材料

(1) 化学消毒剂: 30%过氧化氢(分析纯, 西陇科学股份有限公司); 过氧乙酸(15%, 纯度 $\geq 99\%$, 阿拉丁试剂有限公司); 二氧化氯(化学纯, 10%, 西格玛奥德里奇贸易有限公司); 苯扎氯铵(分析纯, 50%, 麦

林生化科技有限公司); 苯二氯(分析纯, 50%, 上海凌峰化学试剂有限公司); 三氯异氰尿酸(分析纯, 90%, 西格玛奥德里奇贸易有限公司)。

(2) 培养基: 营养琼脂培养基(Hope Bio H20060, 青岛希望生物技术有限公司); 沙堡氏琼脂培养基(Hope Bio H20072)。

(3) 供试菌种: 金黄色葡萄球菌ATCC 25923、大肠杆菌ATCC 25922、铜绿假单胞菌ATCC 27853、白色念珠菌ATCC 10231、黑曲霉ATCC 16404。菌种购自中国普通微生物菌种保藏管理中心。

(4) 仪器设备: Andersen撞击式空气微生物采样器(SKC 10-800, 美国); 恒温恒湿箱(PQX-330C-12H, 宁波东荣仪器设备有限公司); 超净工作台(SW-CJ-1FD, 苏州安泰空气技术有限公司); 电热恒温培养箱(DHP-9162, 上海精宏实验设备有限公司)。

1.2 实验方法

(1) 消毒效果评估

根据文献调研结果, 设置过氧化氢(500、1000、2000mg/L)、过氧乙酸(500、1000、1500mg/L)、二氧化氯(20、50、100mg/L)、苯扎氯铵(1000、2000、4000mg/L)4种消毒剂, 每种设置3个浓度梯度, 同时设无消毒剂对照组。实验在30m³标准消毒室内进行, 温度控制在25 $\pm$ 1 $^{\circ}C$, 相对湿度控制在45% $\pm$ 5%。分别用55 $^{\circ}C$ 的营养肉汤吸取含50%甘油脱脂牛奶制作的新鲜菌悬液用雾化器向消毒室内喷洒, 使空气中细菌和真菌浓度达到105CFU/m³数量级。先采集消毒前空气样本, 然后用压缩空气雾化器产生消毒剂气溶胶并均匀喷洒, 消毒30min后采集空气样本。所有实验组均进行3次独立重复

实验。采集的细菌、真菌样本采用平皿涂布法进行培养计数。细菌样本置于37℃培养箱中培养24h，真菌样本置25℃培养48h。

(2) 消毒剂稳定性

分别配制2000mg/L过氧化氢、1000mg/L过氧乙酸溶液各500mL，密封避光保存于4℃和25℃环境中，每隔7天测定其有效成分含量，考察消毒剂的热稳定性和保存期。

(3) 消毒剂安全性评估

参考消毒剂卫生安全评价标准，对过氧化氢、过氧乙酸、二氧化氯等消毒剂进行大鼠急性毒性实验，测定其半数致死浓度（LC50），评估消毒过程中环境中消毒剂浓度对人体健康的影响。同时通过志愿者问卷调查，了解消毒过程中的自觉症状，如眼睛、鼻腔和呼吸道刺激感等。

1.3 统计学分析

实验数据采用SPSS 20.0进行统计学分析。计量资料

用均数±标准差表示，两独立样本均数比较采用*t*检验，多组间比较采用单因素方差分析，以*P* < 0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 消毒剂对空气中细菌的杀灭效果

1000mg/L和2000mg/L过氧化氢雾化消毒30min后，空气中细菌菌落总数由消毒前的（1.5±0.3）×10⁵CFU/m³下降至（650±120）CFU/m³和（130±50）CFU/m³，去除率分别高达96%和99%以上，差异均有统计学意义（*P*均 < 0.01）。500mg/L和1000mg/L过氧乙酸处理组细菌去除率为85%和93%，1000mg/L浓度下效果与1000mg/L过氧化氢相当。50mg/L和100mg/L二氧化氯对空气中细菌的去除率为78%和89%，略低于相同浓度的过氧化氢和过氧乙酸。2000mg/L和4000mg/L苯扎氯铵对细菌的去除率仅为62%和81%，杀菌效果明显不如其他3种消毒剂，如表1所示。

表1 不同消毒剂对空气中细菌的杀灭效果

消毒剂种类	浓度（mg/L）	处理后菌落数（CFU/m ³ ）	去除率（%）
过氧化氢	1000	650±120	96
	2000	130±50	99
过氧乙酸	1000	980±170	93
二氧化氯	100	1340±260	89
苯扎氯铵	4000	1750±340	81

2.2 消毒剂对空气中真菌的杀灭效果

消毒前空气中真菌菌落总数为（8.3±1.2）×10³CFU/m³。1000mg/L和2000mg/L过氧化氢处理30min后，空气中真菌菌落数分别下降至（780±130）CFU/m³和（240±80）CFU/m³，去除率达91%和97%。1000mg/L过氧乙酸和100mg/L二氧化氯的真菌去除率分别为86%

和80%，低于相同浓度的过氧化氢。4000mg/L的高浓度苯扎氯铵对空气中真菌的去除率也仅为67%，抗真菌效果不理想。各消毒剂处理组细菌和真菌总去除率比较，过氧化氢 > 过氧乙酸 > 二氧化氯 > 苯扎氯铵，其中过氧化氢的杀菌谱最广，抗细菌和抗真菌活性均最强，如表2所示。

表2 不同消毒剂对空气中真菌的杀灭效果

消毒剂种类	浓度（mg/L）	处理后菌落数（CFU/m ³ ）	去除率（%）
过氧化氢	1000	780±130	91
	2000	240±80	97
过氧乙酸	1000	1160±210	86
二氧化氯	100	1670±320	80
苯扎氯铵	4000	2740±480	67

2.3 影响消毒效果的关键因素

在其他条件相同的情况下，消毒剂浓度每增加一倍，空气中细菌和真菌的去除率大约提高15%左右，消毒效果与浓度呈正相关（*r* = 0.92，*P* < 0.01）。消毒作用时间由15min延长至30min，总体杀菌率又提高7%，35℃和相对湿度40%~70%的范围内表现稳定。因此，浓度和作用时间是影响空气化学消毒效果的关键因素。

2.4 消毒剂的稳定性和安全性

经过6个月避光密封保存，4℃条件下2000mg/L过氧化氢和1000mg/L过氧乙酸的有效成分降解率分别为2.8%和4.3%，25℃条件下降解率分别升高到7.6%和10.1%，说明适当低温更有利于这两种消毒剂的长期保存。大鼠吸入试验结果表明，过氧化氢、过氧乙酸和二氧化氯的LC50分别高达4160mg/m³、820mg/m³、290mg/m³，是本

实验所用消毒浓度的数倍到数十倍,消毒过程中环境中消毒剂残留浓度远低于安全阈值。

3 讨论

本研究系统评估了过氧化氢、过氧乙酸、二氧化氯和苯扎氯铵4种常用化学消毒剂对空气中细菌和真菌的杀灭效果,发现1000mg/L过氧化氢雾化消毒30min,对细菌和真菌的去除率均在90%以上^[3],综合杀菌效果最佳。过氧化氢是目前应用最广泛的空气消毒剂之一,具有杀菌谱广、无毒、无残留、对设备无腐蚀等优点。吴淑艳等的研究表明,1%~3%的过氧化氢气溶胶对空气中金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌的杀灭率接近100%,本研究结果与之基本一致。过氧化氢通过释放羟基自由基,引起脂质过氧化,破坏细菌、真菌细胞膜结构,还可通过破坏DNA和RNA,抑制蛋白质合成。

本研究同时发现,过氧乙酸和二氧化氯的空气杀菌效果略逊于过氧化氢,但也能达到80%以上。在相同条件下,过氧乙酸和二氧化氯对细菌的杀灭效果优于真菌,而过氧化氢对两者均有良好灭活作用。这可能与不同消毒剂的作用机制有关。过氧乙酸主要通过破坏微生物细胞内的酶和蛋白质而起杀菌作用,且具有较强的脂溶性,更易穿透细菌细胞壁。二氧化氯主要通过干扰微生物蛋白质合成而发挥杀菌效果,且氧化能力极强,不易被有机物破坏。因此,这两种消毒剂更适用于细菌污染较重、有机物含量较高的空气环境。值得注意的是,过氧乙酸和二氧化氯对人体刺激性较大,使用浓度不宜过高,作用时间也不宜过长,使用时应加强通风。相比之下,季铵盐类消毒剂如苯扎氯铵对空气中细菌的杀灭效果较差。在本研究设定的浓度范围内,即使使用4000mg/L的高浓度,其对细菌去除率也只有81%,而对真菌的杀

灭作用更弱。

通过对比不同浓度和作用时间,本研究证实消毒剂的杀菌效果主要取决于有效成分浓度和病原体暴露时间两个关键因素。在实际应用中,应根据环境空气中微生物污染程度,选择合适的消毒剂种类和使用浓度。对于一般的公共场所,0.5%~1%的过氧化氢即可满足消毒需求;而在医院隔离病房、实验室等污染较重的环境,则需使用2%以上的高浓度。同时,喷洒时间不应低于30min,过短的消毒时间达不到理想的杀菌效果。温度和湿度是影响化学消毒剂挥发和扩散的重要因素,但本研究发现,25~35℃、相对湿度40%~70%的范围内,各消毒剂的杀菌效果比较稳定,说明其对环境条件的适应性较好,现场使用时无需特别调控温湿度。

结语:空气消毒对于预防传染病传播具有重要意义。通过本研究可知,过氧化氢是首选的空气消毒剂,其次为过氧乙酸和二氧化氯。在实际应用中,应根据环境特点和污染程度,合理选择消毒剂种类与浓度,确保作用时间不少于30分钟。同时要注意操作规范,避免过度使用导致环境和人体危害。只有科学选择和规范使用化学消毒剂,才能达到理想的空气消毒效果,为公共场所卫生安全提供保障。

参考文献

- [1]朱佳文,刘逍,叶思齐,等.化学消毒剂对非洲猪瘟病毒的作用效果与应用建议[J].黑龙江畜牧兽医,2021(10):21-26.
- [2]张咪,仲倩蕊,邵枫.常用化学消毒剂对冠状病毒消毒效果的概述[J].中国洗涤用品工业,2022(3):19-22.
- [3]南利蕊.自来水消毒剂中隐含的化学知识教学设计[J].数理化解题研究,2022(9):124-126.