

公共场所军团菌污染现状研究进展

边国林, 郭延波, 王爱红

摘要: 军团菌病是严重威胁人类健康的一种急性传染病, 主要由嗜肺军团菌 (*Legionella pneumophile*) 感染引起, 该病原菌广泛分布于中央空调、热水设施等现代生活设施相关水环境中。本文回顾 20 世纪 80 年代以来国内外有关军团菌 (*Legionella*) 的一般生物特性, 公共场所污染状况及其影响因素等相关研究进展, 同时归纳及探讨了一些行之有效的公共场所军团菌消毒防制方法及预防策略。目前公共场所军团菌污染现状应引起人们的足够关注, 并根据军团菌的特性及水体环境状况运用相应的消毒防制措施, 减少公共场所污染, 从而降低其对人类健康的威胁。

关键词: 嗜肺军团菌; 军团菌; 军团菌病; 公共场所; 消毒; 防制; 预防策略

Progress in Research on *Legionella* Pollution in Public Places BIAN Guo-lin, GUO Yan-bo, WANG Ai-hong (Ningbo Municipal Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang 315010, China) • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: Legionellosis is a severe health-threatening acute infectious disease caused by infection with *Legionella pneumophile*. *Legionella* is distributed widely in aquatic environment of modern living facilities such as central air conditioning and hot water facilities. This article reviewed research on general biological characteristics of *Legionella*, *Legionella* contamination in public places, and its influencing factors. The paper also summarized and discussed effective disinfection means and prevention strategies against *Legionella* contamination in public places. The present situation of *Legionella* contamination in public places should trigger enough attention by adopting disinfection measures according to the characteristics of *Legionella* and aquatic environment to control its threat to human health.

Key Words: *Legionella pneumophile*; *Legionella*; Legionellosis; public place; disinfection; prevention and control; prevention strategy

军团菌病 (Legionellosis) 是一种由军团菌 (*Legionella*) 感染, 以肺炎为主要临床表现, 常伴多系统损害的急性传染病。1976 年在美国首次暴发, 共确诊病人 221 例, 死亡 34 人, 随后世界各地出现多起军团菌病的散发或暴发流行^[1]。我国大陆自 1982 年首次报道军团菌病病例以来^[2], 上海、甘肃、福建和新疆等地陆续发生多起军团菌病的散发或暴发^[2-3], 已成为威胁人类健康的重要致病菌之一。世界卫生组织 (WHO) 已将其列入传染病报告范围^[4]。

国内外研究证实, 军团菌病的流行及传播与中央空调^[1]、热水设施等现代生活设备的人工水环境密切相关, 随着中央空调等人工调温系统应用越来越普及, 军团菌污染对人群健康的潜在威胁也越来越严重, 因此了解公共场所军团菌污染状况, 掌握军团菌的预防和控制措施, 对保护人体健康有十分重要的意义。本文综述报道公共场所军团菌污染状况及其影响因素和预防控制方法等研究进展。

1 军团菌的一般特性

军团菌为革兰氏阴性多形性杆菌, 宽约 0.3~0.4 μm, 长约 2~4 μm, 在普通培养基上不能生长, 在 pH=6.0~7.0、温度为 35℃ 的环境中生长最好。截至 2011 年 4 月, 全球范围内共分离出 56 种军团菌属, 70 余种血清型, 能引起人类疾病的约有 20 种, 常见的有嗜肺军团菌 (*Legionnaires pneumophile*, Lp)、麦氏军团菌、长滩军团菌、博氏军团菌和菲氏军团菌等。其中最重要、最常见的是 Lp, 共 16 个血清型。约 90% 的感染是由 Lp 所致, 以 Lp1 型最常见, Lp6 次之^[5]。

军团菌是一类水生菌群, 广泛存在于水和土壤等外环境中, 当水温在 31~42℃, pH=6.0~8.0, 水中富含有机物时, 军团菌就能长期存活, PASZKO-KOLVA 等^[6]发现 Lp1 最长可存活 214 年。但由于自然水体水温较低、营养物质较贫乏, 因此军团菌浓度较低且不易繁殖, 致病危险较低。

2 公共场所军团菌污染状况及特征

2.1 公共场所军团菌污染严重

空调系统、喷泉水、旋流池水和冷热水管道等人工水环境中的水温高、管道阻塞、水流停滞、铁锈、生物膜等因素为军团菌提供了良好的栖息和繁殖环境^[7-8], 导致该水体中军团菌检出率较高。早在 20 世纪 80 年代英国和日本就报道了集中空

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2014.0245

[作者简介] 边国林 (1977—), 男, 学士, 副主任医师; 研究方向: 公共卫生管理; E-mail: biangl@nbcdc.org.cn

[作者单位] 宁波疾病预防控制中心, 浙江 315010

调系统军团菌阳性率分别为 52.0% 和 44.1%, LEGNANI 等^[9]检测了意大利某地 11 家私人保健院的供水系统, 发现 Lp 检出率高达 86.8%。FRANZIN 等^[10]在烧伤病房测得军团菌检出率达 46.1%。可见世界各地公共场所的人工水体中军团菌污染普遍且状况严重, 直接导致了许许多国家和地区军团菌病的散发或暴发。

我国大陆卫生工作者也做了大量关于公共场所军团菌污染的调查研究, 发现上海等经济较发达地区集中空调系统中军团菌检出率为 30%~84%^[11-17], 而经济相对欠发达的吉林市、银川市和大兴市的公共场所军团菌污染率亦分别高达 21.10%、25.00% 和 15.34%^[18-20]。同时发现医院比其他公共场所 Lp 污染状况更为严重, 程慧等^[21]调查发现, 医院集中空调系统冷却塔水中军团菌总检出率超过 50.0%, 最高检出率达 100%。冯锦妹等^[22]研究也表明, 医院军团菌检出率明显高于其他场所。上述研究证实, 我国大陆公共场所尤其是医院中军团菌在空调系统等人工水环境中普遍存在, 一旦水体中军团菌达到一定的浓度, 极有可能引起相关人群感染甚至军团菌病暴发。

2.2 公共场所军团菌污染呈明显的季节性分布

大量研究表明, 军团菌病一年四季均可发病, 但暴发流行却多见于夏秋季节, 推测可能和军团菌是一种嗜热菌有关。刘尊玉等^[12]、黄丽红等^[14]、彭晓宴等^[16]和王丽娟^[23]等调查均发现夏秋季节公共场所军团菌检出率高于其他季节, 检出率为 29.58%~79.00%。虽然程慧等^[21]研究发现, 深圳市公共场所总阳性率以 5 月份、10 月份较高, 分别达 31.25% 和 50.00%, 其与深圳市全年气温普遍较高有关。以上研究提示, 全年尤其是夏秋季节开展周期性的监测和消毒工作对于了解和降低公共场所集中空调军团菌的污染显得非常重要。

2.3 公共场所军团菌污染菌型分布广泛

大量研究表明, 我国公共场所 Lp 菌型分布广泛, Lp1~Lp14 均有检出报道^[11, 13, 15-16, 19, 23-30]。其中上海、深圳、南京、北京等 8 个城市和地区军团菌优势菌型为 Lp1^[11, 13, 15-16, 23-26], 总检出率为 50%~90.78%。姜红梅等^[15]对大连地区部分公共场所集中空调军团菌检测发现, Lp9 为优势菌型; 银川市 20 家宾馆酒店集中空调通风系统中军团菌检菌型以 Lp2~Lp14 型为主^[19]。以上研究结果表明, 我国大陆公共场所军团菌菌型分布广泛, 除了 Lp1 所占比重较大外, Lp2~Lp14 局部污染现状也很明显, 这与国外研究不全一致^[27]。同时研究发现, 佛山市^[28]、浙江绍兴市^[29]和江苏某市^[30]部分公共场所集中空调通风系统同一水样中检出两种不同菌型分别占检出水样的 14.81%、17.57% 和 24.13%。提示空调系统冷却水中不仅存在多菌型 Lp, 而且存在多重污染。

3 公共场所军团菌污染的影响因素

据文献报道, 军团菌滋生和繁殖与集中空调冷却塔水中的微生态环境密切相关^[31-32], 冯文如^[33]研究发现, 冷却塔水军团菌的阳性率随温度的升高而增高。黄绍宋等^[34]研究表明, 当水池水的 pH=8.0 时, 军团菌存活和维持可培养状态的时间较长。这与国外研究结论相同^[35]。SWANSON^[36]认为, 空调水池中 Fe 和 Ca 等离子对于军团菌的生存和繁殖也有促进作用,

因为空调水池中 Fe 和 Ca 等离子有利于藻类和其它微生物的生长繁殖, 而较丰富的藻类和其它微生物的存在以及所形成的生物膜正是军团菌生存的必要条件之一。

军团菌是兼性胞内寄生菌, 主要寄生在原核生物的细胞体内, 如阿米巴。FIELDS 等^[37]证实, Lp 最少可以在 13 种阿米巴和 2 种纤毛虫的细胞内复制。原核生物不但可以给军团菌提供所需的营养成分, 而且能在生存环境不利的条件下为军团菌提供一个庇护的场所。STOREY 等^[38]的研究表明, 生物膜的吸附作用及与赫氏阿米巴原虫的相互作用对水体中的军团菌在对抗热力灭菌及氯化消毒的过程中得到保护。

阮素云等^[39]研究发现, 秋、冬季冷却塔水样中无军团菌检出, 但在地衣-藻类混合体中检测到军团菌, 推断该地衣-藻类混合体可能是军团菌的生长条件, 因为 TISON 等^[40]曾报道, 蓝绿藻类细胞外产物可为军团菌提供碳源和能源, 所以在空调关机前夕加一定量的杀藻剂可能是阻断军团菌生长繁殖的有效方法。另外, 在冷却塔中采集到的隆线蚤的翅膀上有大量与军团菌形态相似的胖杆形菌附着, 该隆线蚤在军团菌生存和传播中的意义值得进一步研究。

4 公共场所军团菌消毒防制方法

至今尚未有军团菌人传染人的论证, 所以对军团菌病的预防应集中在与人息息相关的且可能被军团菌污染的水源, 如供水系统, 要定期进行监测和消毒, 防止军团菌在其中生长繁殖。目前杀灭军团菌效果较好的方法主要分物理杀菌法和化学消毒法。

4.1 物理杀菌法

4.1.1 加热消毒法 通过模型管道系统研究发现, 当温度高于 60℃ 时军团菌就会死亡, 当在 50℃、60℃ 和 70℃ 时, 获得 90% 的杀菌率分别需要 30 min、<5 min 和 <1 min^[41]。所有这些表明, 加热杀菌法的最低温度应该控制在 60℃。热水系统如在温度高于 60℃ 时对水出口、接口和喷淋头进行冲洗 30 min 以上, 可有效防止军团菌再生。

4.1.2 紫外线杀菌法 研究表明, 单独使用紫外灯对军团菌进行杀菌时效果不太理想^[42]。但当与氯化法和巴氏灭菌法联合使用时, 能获得较好的效果^[43]。由于紫外线穿透能力差, 所以用紫外线消毒时必须保持水体的透明度以及灯管的清洁度。此外我国还报道了通电杀菌法^[43], 该法是通过破坏细胞膜, 阻碍膜内生化反应和新陈代谢达到杀菌的目的, 其优点是杀菌持久且操作简便。

4.2 化学消毒法

目前研究发现, 在 1 L 水中加入 100 μg 铜或银离子, 2.5 h 后军团菌杀菌率达 99.99%, 如果同时使用铜和银, 则能发挥协同效应, 杀菌效果更好^[43]; 在进行热水系统中的军团菌杀菌时, 铜、银离子比定期超高温杀菌更有效^[44]。研究人员同时还发现热水贮罐中累积的铜、银离子能长期有效地抑制军团菌的繁殖; 因此采用间歇加入铜、银离子的方法不失为一种较理想的控制军团菌生长繁殖的手段^[43]; 但已有文献报道, 银离子虽然可以有效控制热水储罐中军团菌的生长和繁殖, 但很难消除水龙头和淋浴器里的军团菌^[45]。

5 公共场所军团菌污染的预防策略

军团菌病预防和控制的关键是控制军团菌的滋生和繁殖, 空调冷却水作为传播军团菌、导致军团菌病爆发的重要媒介之一, 应定期开展空调冷却塔管道的清洗工作, 保证空调冷却系统注入水的洁净, 避免使用长期贮存水; 其次, 应对大型建筑物的中央空调系统定期使用军团菌敏感的消毒抑菌剂, 保证有效抑制军团菌繁殖生长; 最后, 定期到相关卫生检测机构对中央空调和冷热水系统进行病原学检测和卫生学评价, 一旦发现军团菌检测呈阳性和浓度超标, 应立即采取有效的消毒措施。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] KELLER BW, HAJJEH R, MARA AD, et al. Community outbreak of Legionnaires' disease: an investigation confirming the potential for cooling tower to transmit *Legionella* species[J]. Clin Infect Dis, 1996, 22(2): 257-261.
- [2] 万超群. 军团菌病防治研究进展[J]. 疾病监测, 1997, 12(2): 69.
- [3] 马小燕, 王玉琴, 彭晓晏, 等. 一起空调系统导致上呼吸道感染样军团暴发调查[J]. 中华流行病学杂志, 1998, 19(4): 200-204.
- [4] 路风, 金银龙, 程义斌. 军团菌病的流行概况[J]. 国外医学卫生学分册, 2008, 35(2): 78-83.
- [5] STEINERT M, HENTSCHEL U, HACKER J. *Legionella pneumophila*: an aquatic microbe goes astray[J]. FEMS Microbiol Rev, 2002, 26(2): 149-162.
- [6] PASZKO-KOLVA C, SHAHAMATC M. Long-term survival of *Legionella Pneumophila* serogroup 1 under low-nutrient conditions and associated morphological changes[J]. FEMS Microbiol Lett, 2006, 102(1): 45-55.
- [7] BENIN AL, BENSON RF, ARNOLD KE, et al. An outbreak of travel-associated Legionnaires disease and Pontiac fever: the need for enhanced surveillance of travel-associated legionellosis in the United States[J]. J Infect Dis, 2002, 185(2): 237-243.
- [8] CODONY F, ALVAREZ J, OLIVA JM. Factors promoting colonization by legionellae in residential water distribution systems: an environmental case-control survey[J]. Eur J Clin Microbiol Infect Dis, 2002, 21(10): 717-721.
- [9] LEGNANI PP, LEONI E, CORRADINI N. *Legionella* contamination of hospital water supplies: monitoring of private healthcare facilities in Bologna, Italy[J]. J Hosp Infect, 2002, 50(3): 220-223.
- [10] FRANZIN L, STELLA M, ZACCARIA T, et al. One-year surveillance of legionellosis in burned patients and *Legionella* environmental monitoring[J]. Bruns, 2005, 31(1): 50-54.
- [11] 林爱红, 张然, 叶宝英, 等. 深圳市集中空调系统军团菌污染状况分析[J]. 实用预防医学, 2011, 18(9): 1670-1672.
- [12] 刘尊玉, 刘岚铮, 张济, 等. 2010年济南市公共场所集中空调部分水体嗜肺军团菌污染状况调查[J]. 预防医学论坛, 2011, 17(1): 923-925.
- [13] 葛明, 石利民, 包亚慧. 2008年南京市公共场所空调冷却水中嗜肺军团菌的污染状况调查[J]. 预防医学论坛, 2010, 16(3): 234-235.
- [14] 黄丽红, 陈悦, 许慧慧. 上海某区宾馆冷却水军团菌污染现状调查及其影响因素探讨[J]. 环境与职业医学, 2007, 24(5): 511-513.
- [15] 姜红梅, 邵祝军, 李建铭, 等. 大连市集中空调场所军团菌污染及人群健康状况影响调查[J]. 卫生研究, 2009, 38(1): 76-77.
- [16] 彭晓宴, 裴红生, 黎新宇, 等. 北京市大饭店空调冷却塔军团菌污染现状及感染水平研究[J]. 中华流行病学杂志, 2000, 21(4): 289-291.
- [17] 施海琼, 黄炯威, 吴夏飞, 等. 广州城市人工水系统中军团菌的发生和分布[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(6): 635-638.
- [18] 张颖. 吉林市公共场所中央空调军团菌污染状况调查[J]. 当代医学, 2010, 16(227): 161.
- [19] 刘月淑, 王红娅, 张桂芳, 等. 银川市酒店集中空调和洗澡热水军团菌污染分析[J]. 宁夏医学杂志, 2012, 34(1): 65-67.
- [20] 高洁, 王斌, 周丽敏. 大兴区公共场所集中空调系统军团菌污染状况调查[J]. 中国疾病控制杂志, 2012, 16(3): 273-274.
- [21] 程慧, 林奕芝, 潘瑞胤, 等. 深圳市6家医院集中空调冷却水军团菌污染状况及其管理对策[J]. 职业与健康, 2010, 26(4): 436-437.
- [22] 冯锦姝, 张志诚, 余淑苑, 等. 深圳公共场所水系统嗜肺军团菌污染研究[J]. 中国卫生工程学, 2012, 11(1): 32-36.
- [23] 王丽娟, 马建新, 崔树峰, 等. 北京某区部分医院和宾馆中央空调系统冷却塔水军团菌污染状况监测[J]. 环境与职业医学, 2010, 27(12): 748-750.
- [24] 沈福杰, 王曙, 宿飞, 等. 上海市黄浦区医院中央空调冷却水和自来水军团菌污染情况[J]. 环境与健康杂志, 2011, 28(10): 903-905.
- [25] 陶静, 洪亮, 张静, 等. 上海市集中式中央空调冷却塔水嗜肺军团菌污染状况分析[J]. 职业与健康, 2010, 26(4): 426-437.
- [26] 陈健, 刘洋, 夏清云, 等. 中央空调冷却水和冷冻水系统军团菌的污染[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(5): 330-332.
- [27] 胡大林, 廖建坤, 杨光, 等. 军团菌病. 国外医学卫生学分册, 2003, (30)4: 391-394.
- [28] 梁景涛, 谢铭, 陈淑玲, 等. 佛山市部分公共场所空调冷却循环水军团菌污染状况分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(8): 1828-1829.
- [29] 蒋兴祥, 沈红, 赵霞霞, 等. 集中式中央空调冷却塔水军团菌污染状况及菌型分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(1): 185-223.
- [30] 张琦, 陈晓东, 张宝莹, 等. 培养法与Equate™抗原检测法检测集中空调冷却水军团菌[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(8): 1820-1822.
- [31] United States Environment Protection Agency, EPA-822-R-99-001, *Legionella: Human Health Criteria Document*[R]. US: USEPA, 1999.
- [32] 郭常义, 苏瑾, 阮素云, 等. 空调冷却水军团菌微生态环境与繁殖传播研究[J]. 中国公共卫生, 2004, 20(5): 546-549.
- [33] 冯文如. 广州市公共场所冷却塔水军团菌污染状况调查[D]. 广州: 中山大学, 2006.
- [34] 黄绍宋, 徐润林, 马林, 等. 关键环境因子对嗜肺军团菌在嗜热四膜虫细胞内增殖的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2007, 13(4):

- 510-514.
- [35] STOUT JE, YU VL, BEST MG. Ecology of *Legionella pneumophila* within water distribution systems[J]. Appl Environ Microbiol, 1985, 49(1): 221-228.
- [36] SWANSON MS, HAMMER BK. *Legionella pneumophila* pathogenesis: a fateful journey from amoebae to macrophages[J]. Annu Rev Microbiol, 2000, 54: 567-613.
- [37] FIELDS BS. The molecular ecology of legionellae[J]. Trends Microbiol, 1996, 4(7): 286-290.
- [38] STOREY MV, ASHBOLT J, STENSTROM TA. Biofilms, thermophilic amoebae and *Legionella pneumophila*: a quantitative risk assessment for distributed water[J]. Water Sci Technol, 2004, 50(1): 77-82.
- [39] 阮素云, 郭常义, 许慧慧, 等. 空调循环水系统军团菌微生态与其存活力研究[J]. 环境与职业医学, 2012, 29(1): 12.
- [40] TISON DL, POPE DH, CHERRY WB, et al. Growth of *Legionella pneumophila* in association with blue-green algae(cyanobacteria)[J]. Appl Environ Microbiol, 1980, 39(2): 456-459.
- [41] 王俊升. 军团菌病的研究近况[J]. 山西医药杂志, 2004, 28(3): 221-223.
- [42] 金建敏, 张沪生, 陈东宁. 军团菌肺炎研究进展[J]. 北京医学, 2000, 22(6): 369-371.
- [43] 付洁, 李泉, 杨晓敏, 等. 军团菌病的流行概况和控制对策[J]. 中国公共卫生管理, 2006, 22(6): 501-503.
- [44] KOIDE M, SAITO A, KUSANO N, et al. Detection of *Legionella* spp. in cooling tower by the polymerase chain reaction method[J]. Appl Environ Microbiol, 1993, 59(6): 1943-1946.
- [45] 姚坤. 微生物学(第二版)[M]. 南京: 东南大学出版社, 2004: 179-180.
- (收稿日期: 2014-01-10)
- (英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 汪源)

(上接第 980 页)

- 康, 2011, 27(4): 416-417.
- [15] 林锦明, 李敏, 黄丽蓉, 等. 对讲机微波辐射对作业人员心电图的影响[J]. 环境与健康杂志, 2008, 25(6): 529-531.
- [16] 徐新萍, 王少霞, 李杨, 等. 微波辐射对猕猴重要脏器生理功能的影响研究[J]. 军事医学, 2011, 35(5): 355-360.
- [17] 丁建松, 汪雪生, 徐燕英, 等. 900 MHz 微波辐射对鸡胚心脏的影响[J]. 环境与职业医学, 2008, 25(1): 51-53.
- [18] 曹晓哲, 王德文, 赵梅兰, 等. 电磁脉冲对猕猴血清生化指标的影响[J]. 军事医学科学院院刊, 2002, 26(1): 35-38.
- [19] 张雪岩, 彭瑞云, 高亚兵, 等. 抗辐灵对微波辐射致大鼠心脏损伤保护作用的探索研究[J]. 中国体视学与图像分析, 2012, 17(2): 167-172.
- [20] 张清俊, 杨昌林, 罗丽华, 等. 高功率微波辐射对小鼠心肌氧化应激及 ATPase 的影响[J]. 航天医学与医学工程, 2012, 25(3): 176-179.
- [21] 邓桦, 宋占军, 王德文, 等. 脉冲微波辐照影响心肌细胞膜蛋白构象及其机制的研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(8): 1437-1440.
- [22] 邓桦, 王德文, 彭瑞云, 等. 高功率脉冲微波和电磁脉冲辐照对心肌细胞膜电穿孔效应及机理的研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2004, 22(4): 672-676.
- [23] 张静, 彭瑞云, 王水明, 等. 安多霖对微波辐射致大鼠心肌细胞半胱天冬酶 caspase-3 表达的影响[J]. 军事医学, 2011, 35(5): 329-332.
- [24] SAPRUNOVA VB, BAKEEVA LE, LAGUZHINSKI LS. Ultrastructure of mitochondria apparatus of cardiomyocytes in apoptosis induced by long-term anoxia in rats[J]. Tsitologiya, 2003, 45(11): 1073-1082.
- [25] KAKINUMA Y, MIYAUCHI T, YUKI K, et al. Mitochondrial dysfunction of cardiomyocytes causing impairment of cellular energy metabolism induces apoptosis, and concomitant increase in cardiac endothelin-1 expression[J]. J Cardiovasc Pharmacol, 2000, 36(5): 201-204.
- (收稿日期: 2014-03-11)
- (英文编辑: 汪源; 编辑: 洪琪; 校对: 葛宏妍)