

# 室内可吸入颗粒物污染与哮喘和肺癌的相关性研究综述

彭琦, 饶俊, 阳志文, 周纯良

湖南省疾病预防控制中心, 湖南 长沙 410005

**摘要:** 室内可吸入颗粒物(inhalable particulate matter,  $PM_{10}$ )污染可能受室外  $PM_{10}$  污染影响,但其主要来源、成分与室外  $PM_{10}$  存在较大差异。大气污染越来越严重,哮喘和肺癌发病率的升高使人们更加关注  $PM_{10}$  与哮喘、肺癌的关系。室内空气污染尤其是室内  $PM_{10}$  污染在肺癌、哮喘发生发展中的作用成为学者们研究的新重点。本文从室内  $PM_{10}$  污染现状、室内  $PM_{10}$  污染与哮喘、肺癌的相关性进行了综述。现有研究结果提示室内  $PM_{10}$  可能与哮喘、肺癌的发生发展相关,但尚缺乏强有力的全面系统深入的实证研究,结论尚待进一步探究。今后应加强对室内  $PM_{10}$  主要污染成分对疾病作用机理方面的深究。

**关键词:** 可吸入颗粒物; 室内空气; 哮喘; 肺癌

**中图分类号:** R122.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2018)08-1022-04 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2018.08.036

## Review of the studies on correlation between indoor inhalable particulate matter and asthma, lung cancer

PENG Qi, RAO Jun, YANG Zhi-wen, ZHOU Chun-liang

Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changsha, Hunan 410005, China

Corresponding author: ZHOU Chun-liang, E-mail: hncdc4305761@sina.com

**Abstract:** The situation of indoor inhalable particulate matter ( $PM_{10}$ ) may be influenced by outdoor  $PM_{10}$ , but its main pollution sources and components were very different from outdoor  $PM_{10}$ . Air pollution has become more and more serious in recent years, and the increased incidence of asthma and lung cancer makes people pay more attention to the relationship between  $PM_{10}$  and asthma, lung cancer. The role of indoor air pollution, especially indoor  $PM_{10}$  pollution, in the occurrence and development of lung cancer and asthma has become the new focus of research among scholars. This paper reviews the current status of indoor

**基金项目:** 湖南省科技厅项目(2011FJ3106)

**作者简介:** 彭琦(1964-),女,湖南长沙人,大专学历,副主任医师,主要从事环境监测工作。

**通信作者:** 周纯良, E-mail: hncdc4305761@sina.com。

- [33] 郭虎升. 支持向量机的优化建模方法研究[D]. 太原: 山西大学, 2014.
- [34] Abdi MJ1, Hosseini SM, Rezghi M. A novel weighted support vector machine based on particle swarm optimization for gene selection and tumor classification[J]. Comput Math Methods Med, 2012, 2012(9):320698.
- [35] Liu J, Li SC, Luo X. Iterative reweighted noninteger norm regularizing SVM for gene expression data classification[J]. Comput Math Methods Med, 2013, 2013(1-2):768404.
- [36] 陈冰. 多分类器集成算法研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2009.
- [37] Blagus R, Lusa L. Boosting for high-dimensional two-class prediction[J]. BMC Bioinformatics, 2015, 16(1):1-17.
- [38] Osareh A, Shadgar B. An efficient ensemble learning method for gene microarray classification[J]. Biomed Res Int, 2013, 2013(2):478410.
- [39] Dudoit S, Fridlyand J, Speed TP. Comparison of discrimination methods for the classification of tumors using gene expression data[J]. J Am Stat Assoc, 2002, 97(457):77-87.
- [40] Lee JW, Lee JB, Park M, et al. An extensive comparison of recent classification tools applied to microarray data[J]. Comput Stat Data Anal, 2005, 48(4):869-885.
- [41] Parry RM, Jones W, Stokes TH, et al. k-Nearest neighbor models for microarray gene expression analysis and clinical outcome prediction[J]. Pharmacogenomics J, 2010, 10(4):292.
- [42] Chou HL, Yao CT, Su SL, et al. Gene expression profiling of breast cancer survivability by pooled cDNA microarray analysis using logistic regression, artificial neural networks and decision trees[J]. BMC Bioinformatics, 2013, 14(1):1-11.
- [43] 刘匆提, 李昂, 门志红, 等. 惩罚 logistic 回归方法在 SNPs 数据变量筛选研究中的应用[J]. 实用预防医学, 2016, 23(11):1395-1399.

PM<sub>10</sub> pollution and the correlation between indoor PM<sub>10</sub> pollution and asthma, lung cancer. The existing researches indicate that indoor PM<sub>10</sub> pollution may be related to the occurrence and development of asthma and lung cancer, but there is still a lack of strong comprehensive and systematic in-depth empirical researches, and the conclusion remains to be further explored. More in-depth researches should be conducted on the mechanism of effects of the main pollutants of indoor PM<sub>10</sub> on asthma and lung cancer in future.

**Key words:** inhalable particulate matter; indoor air; asthma; lung cancer

可吸入颗粒物 (inhalable particulate matter, PM<sub>10</sub>) 指空气动力学直径小于等于 2.5 μm 的颗粒物,其长时间飘浮在空气中,又被称为“飘尘”,它在空气中短则可飘浮几天,长则可达几年<sup>[1]</sup>。长时间在空气中的飘浮使人体暴露的机会大大增加,同时因其细小而不受人的鼻腔阻挡,可以直入人肺部深处,不易被排出体外,是大气颗粒物中对人体健康威胁最大的一类<sup>[2]</sup>。虽然 PM<sub>10</sub> 在全球大气成分中所占比例不大,但是它却对环境、气候以及人类健康产生了重要影响,因而受到人们的广泛关注<sup>[3-5]</sup>。目前已知的 PM<sub>10</sub> 的化学成分主要包括无机离子、有机成分 (如多环芳烃)、微量元素、颗粒元素碳,有时 PM<sub>10</sub> 上还吸附有病原微生物 (细菌和病毒)<sup>[6]</sup>。由于 PM<sub>10</sub> 粒径小、比表面积大、吸附有害物质的能力强,因此当人们吸入肺部时,会诱发许多的呼吸系统疾病,如哮喘、上呼吸道感染、肺炎、气管炎等,甚至促使肺癌的发生。国内外流行病学研究和毒理学研究显示,大气 PM<sub>10</sub> 暴露可对人群健康产生有害影响,主要包括呼吸系统和心脑血管疾病发病率和死亡率升高等<sup>[7]</sup>。

本文通过文献检索发现,在空气 (或 PM<sub>10</sub>) 污染与呼吸系统疾病 (如哮喘和肺癌) 的研究中,人们大多集中研究室外空气污染对呼吸系统疾病的影响,而关于室内空气污染与呼吸系统疾病关系的研究比较少。但随着经济的发展和人们生活、工作方式的改变,在室内度过的时间占据了主要部分,室内的空气质量状况与人们的健康息息相关。尤其是室内的空气污染 (如 PM<sub>10</sub>) 可能与哮喘的发生有着紧密的联系,同时在肺癌的发生发展中也起到了重要的作用。因此探讨室内空气污染物 (PM<sub>10</sub>) 与哮喘、肺癌之间的关系,并制定相应的控制措施,对于改善室内空气质量,消除空气中的 PM<sub>10</sub>, 预防和控制哮喘和肺癌的发生,降低疾病所带来的负担,有着十分重要的作用。

## 1 PM<sub>10</sub> 室内污染状况

室内 PM<sub>10</sub> 可来自于室外污染,也可来自于人们的室内活动,如燃烧燃料、烹调食物、吸烟及卫生打扫等产生的污染。燃料燃烧是 PM<sub>10</sub> 的重要来源之一。在

我国大部分地区主要以煤和煤气为燃料用来烹饪和取暖,甚至 90% 的农村家庭仍以生物体为燃料<sup>[8-9]</sup>,这些燃料在燃烧过程中会释放出大量的 PM<sub>10</sub>。同时,人们在室内吸烟也会导致室内颗粒物浓度增加,有研究指出室内 PM<sub>10</sub> 的浓度在吸烟者室内比不吸烟者室内高 33~54 μg/m<sup>3</sup>,平均每支香烟将使室内颗粒物浓度上升 1.0 μg/m<sup>3</sup><sup>[10]</sup>。郑德生等<sup>[11]</sup> 采集测定了北京市居民住户、学校、办公场所三种类型的 PM<sub>10</sub> 室内浓度,平均值分别为:41.0、58.2、68.2 μg/m<sup>3</sup>,均超过了《环境空气质量标准 (GB 3095-2012)》规定的二级标准 (35 μg/m<sup>3</sup>)。同样,陈力等<sup>[12]</sup> 监测了广州 2 420 个公共场所,PM<sub>10</sub> 室内平均浓度达 105.9 μg/m<sup>3</sup>。可见我国室内 PM<sub>10</sub> 空气污染状况不容乐观。

## 2 室内 PM<sub>10</sub> 污染与哮喘的关系

哮喘是慢性呼吸道疾病,其特点是慢性非特异性炎性疾病,呼吸系统的特点包括喘鸣、气短、胸闷和咳嗽,并伴有可逆的气流受限。哮喘的发生、发展是遗传因素和环境因素共同作用的结果,当人体吸入过敏原和一定浓度的空气污染物 (如 PM<sub>10</sub>) 时,能导致哮喘的发生和加重<sup>[13]</sup>。据估计,全球哮喘患者已达 3 亿之多,其中儿童哮喘患者约占了一半,其发病率和死亡率仍在不断上升,并以 20%~50%/10 年的比率上升。世界卫生组织研究报告中指出,全世界每年有 10 万人因为室内空气污染而死于哮喘病,儿童占其中的 35%<sup>[14]</sup>。与全球的哮喘发病情况相比,我国哮喘的发病率虽然低于发达国家,但死亡率却位居全球第一位。而且,在全国范围内这种上升趋势一直未能得到有效的控制<sup>[15]</sup>。

近年来,大气污染越来越严重,弥漫在空气中的 PM<sub>10</sub> 也在逐渐加重,而哮喘发病率的不断升高使人们开始关注 PM<sub>10</sub> 与哮喘发生之间的关系。关于 PM<sub>10</sub> 对儿童哮喘的影响,有的研究发现室外 PM<sub>10</sub> 的浓度增加可以引起哮喘的患病率上升,同时 PM<sub>10</sub> 使哮喘患儿的症状恶化,因哮喘而缺课、就诊的患儿增多<sup>[16-18]</sup>。Gasana 等<sup>[19]</sup> 在 2012 年从队列和横断面研究角度分析室外空气污染物与儿童哮喘关联性的 Meta 分析显示,

PM<sub>10</sub>从慢性效应可增加哮喘患病风险。我国 2015 年发表的基于病例交叉和时间序列研究的 Meta 分析显示,PM<sub>10</sub>从急性效应可增加儿童哮喘的风险<sup>[20]</sup>。

2010 年,我国针对哮喘疾病开展了全国性的流行病学调查,结果显示,哮喘患病率仍呈上升趋势,患病率平均为 2.32% (0.42%~5.73%)。在有些大城市哮喘的患病率更高,如经济发达的上海,哮喘现患率为 5.73%,而在污染不严重的拉萨,哮喘患病率仅为 0.42%<sup>[21]</sup>。目前关于 PM<sub>10</sub>对成人哮喘发生、发展的影响,我国研究的还相对较少。Cai 等<sup>[22]</sup>在上海地区对空气污染与哮喘住院关系的研究中指出,空气污染物 PM<sub>10</sub>浓度的升高可导致成人哮喘住院率不同程度升高 (1.82%~8.26%);另有研究发现,PM<sub>10</sub>与哮喘门诊访视和急性住院有明显相关性<sup>[23]</sup>。虽然室外 PM<sub>10</sub>与哮喘之间关系的研究较多,并取得了一定的成果,但关于室内 PM<sub>10</sub>对哮喘影响的研究目前还相对较少,有几篇研究<sup>[24-26]</sup>指出:室内 PM<sub>10</sub>与哮喘患儿的肺功能呈负相关;其中一项研究<sup>[23]</sup>还指出室内产生的 PM<sub>10</sub>似乎比来自于室外的颗粒物对患儿肺功能的降低作用更大。

### 3 室内 PM<sub>10</sub>污染与肺癌的关系

肺癌对人类的生命和健康构成了极大的威胁,是最常见的恶性肿瘤之一。在男性肿瘤中肺癌死因占首位,女性中占第二位,仅次于乳腺癌。近年来,肺癌的发病率和死亡率在各国都呈上升趋势。据报道,全世界新发病例数以每年约 3% 的速率增加,女性肺癌发病率增高的幅度更为明显<sup>[27]</sup>。在我国,肺癌发病率呈逐年上升趋势,年平均增长 1.63%,其中男性为 1.30%,女性为 2.34%<sup>[28]</sup>。

肺癌发病率和死亡率的高发和持续增长给世界各国带来了巨大的经济负担,为了降低疾病所带来的健康及经济损失,国内外众多学者对肺癌的病因及发病机制进行了大量的研究,并取得了十分突出的成果。虽然如此,但肺癌的病因及发病机制仍然没有完全明确。在我国,随着工业化速度加快,大气污染日益严重,人们暴露 PM<sub>10</sub>的机会逐渐增多。回顾近年来肺癌发病率上升的趋势,人们对大气污染物(如 PM<sub>10</sub>)对肺癌发生的影响越来越重视,并进行了相关性的研究。

针对室外空气污染物 PM<sub>10</sub>对肺癌的影响,国内外学者进行了相关的研究。有研究表明,较高浓度的 PM<sub>10</sub>会对人类 DNA 造成氧化性损伤而产生健康效应,包括对肺组织的原发性损伤和继发性损伤以及可以促使肺癌的发生等<sup>[29]</sup>。Abbey 等<sup>[30]</sup>以不吸烟男性人群

为研究对象进行的队列研究结果显示,研究期间室外 PM<sub>10</sub>浓度达到 100 μg/m<sup>3</sup> 以上以后,肺癌死亡风险增加 138% (42%~297%)。刘钰等<sup>[31]</sup>在河北进行的大气 PM<sub>10</sub>健康风险评价研究结果认为,以 PM<sub>10</sub>为载体的多环芳烃是 PM<sub>10</sub>致肺癌的背后元凶。室外 PM<sub>10</sub>对肺癌发生发展的影响取得了一定的进展,但目前国内外关于室内 PM<sub>10</sub>与肺癌的相关性研究还相对较少。

Chantel 等<sup>[32]</sup>在室内外空气污染与肺癌的关系的研究中指出,室内燃料燃烧释放的空气污染物 PM<sub>10</sub>对肺癌的发生有一定的影响。有研究指出,吸烟会导致室内 PM<sub>10</sub>浓度增加<sup>[8]</sup>,而被动吸烟与肺癌的发生呈现一定的剂量-效应关系,被动吸烟量越多,年限越长,肺癌的致病风险越高<sup>[33]</sup>。众所周知,我国宣威地区是肺癌的高发区,为探讨其肺癌的高发原因,众多的研究者从不同的方面进行了研究。Downward 等<sup>[34-35]</sup>指出,室内燃煤产生的可吸入颗粒物是主要的致癌物质,烟煤使用是宣威肺癌发生的最强危险因素,且在室内生活的时间越长患肺癌风险越高。有研究也指出,宣威地区肺癌高发与室内烟煤燃烧产生的多环芳烃等污染物有关<sup>[36]</sup>。宣威肺癌发生的危险因素是复杂多样的,有学者应用流行病学、毒理学等方法对宣威地区肺癌进行了一系列的研究,指出宣威肺癌高发区室内 PM<sub>10</sub>在呼吸系统的沉积是最重要的致病因素<sup>[37]</sup>。

### 4 小 结

我国 PM<sub>10</sub>在一定程度上对人体健康造成危害,可引起人体肺功能的降低,进而可诱发哮喘、肺癌的发生。但是关于室内 PM<sub>10</sub>与哮喘、肺癌关系的研究还较少,且大多数研究仅仅局限在某一小的地区范围,缺乏全面系统的研究,因此所得结论还有待于进一步的研究探讨。PM<sub>10</sub>具有很强的吸附能力,可以吸附有害物质,如细菌和病毒等。在室内 PM<sub>10</sub>对哮喘、肺癌影响的研究中,是 PM<sub>10</sub>本身诱发哮喘、肺癌的发生,还是 PM<sub>10</sub>与有害物质的联合作用引发的哮喘和肺癌在今后的研究中还有待于进一步的探讨确定。目前我国在室内 PM<sub>10</sub>对哮喘、肺癌影响的研究上大多集中于流行病学和毒理学等的研究,缺乏其对哮喘、肺癌作用机制的全面探索,所以在今后的研究中,应加强 PM<sub>10</sub>对疾病作用机理的探究。

### 参考文献

- [1] Guo E, Shen H, He L, et al. Investigation of air pollution of Shanghai subway stations in ventilation seasons in terms of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> [J]. Toxicol Ind Health, 2017, 33(7):588-600.
- [2] 李红, 曾凡刚, 邵龙义, 等. 可吸入颗粒物对人体健康危害的研究进展[J]. 环境与健康杂志, 2002, 19(1):85.



- [3] Peters A. Particulate matter and heart disease:evidence from epidemiological studies[J]. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2005, 207(2):477-482.
- [4] Englert N. Fine particles and human health—a review of epidemiological studies[J]. *Toxicol Lett*, 2004, 149(1):235-242.
- [5] Zhang MS, Song Y, Cai XH. A health-based assessment of particulate air pollution in urban areas of Beijing in 2000–2004[J]. *Sci Total Environ*, 2007, 376(3):100-108.
- [6] 刘大锰, 李运勇, 蒋佰坤, 等. 北京首钢地区大气颗粒物中有机污染物的初步研究[J]. *地球科学*, 2003, 28(3):275-280.
- [7] Atkinson RW, Kang S, Anderson HR, et al. Epidemiological time series studies of PM<sub>2.5</sub> and daily mortality and hospital admissions:a systematic review and meta-analysis[J]. *Thorax*, 2014, 69(7):660-665.
- [8] 刘风云, 孙铮. 室内空气污染对人体健康的影响及防治对策[J]. *中国预防医学杂志*, 2009, 10(3):233-234.
- [9] 周中平, 赵寿堂, 朱立, 等. 室内污染检测与控制[M]. 北京:化学工业出版社, 2002:291.
- [10] Breyse PN, Buckley TJ. Indoor exposures to air pollutants and allergens in the homes of asthmatic children in inner-city Baltimore[J]. *Environ Res*, 2005, 98(2):167-176.
- [11] 郑德生, 滕克强, 冯月明, 等. 不同场所室内外 PM<sub>2.5</sub> 浓度水平及其气象特征研究[J]. *中国公共卫生管理*, 2017, 33(1):28-31.
- [12] 陈力, 曾玉梅, 曾珏, 等. 2014–2015 年广州市越秀区公共场所室内 PM<sub>10</sub> 监测数据分析[J]. *现代预防医学*, 2017, 44(9):1575-1578.
- [13] Fan XJ, Yang C, Zhang L, et al. Asthma symptoms among Chinese children;the role of ventilation and PM<sub>10</sub> exposure at school and home[J]. *Int J Tuberc Lung Dis*, 2017, 21(11):1187-1193.
- [14] 江斐. 室内污染造成儿童哮喘高发[J]. *沿海环境*, 2003, 5(4):29.
- [15] 伊冰. 室内空气污染与健康[J]. *国外医学卫生学分册*, 2001, 28(3):167-169.
- [16] Penardmorand C, Charpin D, Raheison C, et al. Long-term exposure to background air pollution related to respiratory and allergic health in schoolchildren[J]. *Clin Exp Allergy*, 2005, 35(10):1279-1287.
- [17] Ostro B, Lipsett M, Mann J, et al. Air pollution and exacerbation of asthma in African-American children in Los Angeles[J]. *Epidemiology*, 2001, 12(2):200-208.
- [18] Villeneuve PJ, Chen L, Rowe BH, et al. Outdoor air pollution and emergency department visits for asthma among children and adults;a case-crossover study in northern Alberta, Canada[J]. *Environ Health*, 2007, 6(1):40.
- [19] Gasana J, Dillikar D, Mendy A, et al. Motor vehicle air pollution and asthma in children;a meta-analysis[J]. *Environ Res*, 2012, 117(1):36-45.
- [20] Ding L, Zhu HJ, Peng DH. Meta-analysis of the relationship between particulate matter(PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) and asthma hospital admissions in children[J]. *Chin J Pediatr*, 2015, 53(2):129-135.
- [21] 全国儿科哮喘协作组, 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所. 第三次中国城市儿童哮喘流行病学调查[J]. *中华儿科杂志*, 2013, 51(10):729-735.
- [22] Cai J, Zhao A, Zhao J, et al. Acute effects of air pollution on asthma hospitalization in Shanghai, China[J]. *Environ Pollut*, 2014, 191(1):139-144.
- [23] Pan HH, Chen CT, Sun HL, et al. Comparison of the effects of air pollution on outpatient and inpatient visits for asthma; a population-based study in Taiwan[J]. *PLoS One*, 2014, 9(5):e96190.
- [24] Delfino RJ, Quintana PJ, Floro J, et al. Association of FEV1 in asthmatic children with personal and micro-environmental exposure to airborne particulate matter[J]. *Environ Health Perspect*, 2004, 112(8):932-941.
- [25] Koenig JQ, Mar TF, Allen RW, et al. Pulmonary effects of indoor and outdoor generated particles in children with asthma[J]. *Environ Health Perspect*, 2005, 113(4):499-503.
- [26] Eptonm J, Dawson RD, Brooks WM, et al. The effect of ambient air pollution on respiratory health of school children;a panel study[J]. *Environ Health*, 2008, 7(1):16.
- [27] Pirozynski M. 100 years of lung cancer[J]. *Respir Med*, 2006, 100(12):2073-2084.
- [28] 陈万青, 张思维, 邹小农. 中国肺癌发病死亡的估计和流行趋势研究[J]. *中国肺癌杂志*, 2010, 13(5):488-493.
- [29] Tie XX, Wu D, Brasseur G. Lung cancer mortality and exposure to atmospheric aerosol particles in Guangzhou, China[J]. *Atmospheric Environ*, 2009, 43(14):2375-2377.
- [30] Abbey DE, Nishino N, McDonnell WF, et al. Long-term inhalable particles and other air pollutants related to mortality in nonsmokers[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999, 159(2):373-382.
- [31] 刘钰, 魏全伟, 朱桂艳, 等. 河北大气 PM<sub>10</sub> 中多环芳烃污染特征及健康风险评估[C]. //中国化学会环境化学专业委员会编. 第五届全国环境化学大会摘要集.北京:中国化学会环境化学专业委员会, 2009:1.
- [32] Sloan CD, Andrew AS, Gruber JF, et al. Indoor and outdoor air pollution and lung cancer in New Hampshire and Vermont[J]. *Toxicol Environ Chem*, 2012, 94(3):1-14.
- [33] Taylor R, Najafi F, Dobson A. Meta-analysis of studies of passive smoking and lung cancer;effects of study type and continent[J]. *Int J Epidemiol*, 2007, 36(5):1048-1059.
- [34] Downward GS, Hu W, Large D, et al. Heterogeneity in coal composition and implications for lung cancer risk in Xuanwei and Fuyuan counties, China[J]. *Environ Int*, 2014, 68(1):94-104.
- [35] Borone-Adesi F, Chapman RS, Silverman DT, et al. Risk of lung cancer associated with domestic use of coal in Xuanwei, China; retrospective cohort study[J]. *BMJ*, 2012, 345:e5414.
- [36] 陈竺. 全国第三次死因回顾抽样调查报告[M].北京:中国协和医科大学出版社, 2008:76-84.
- [37] 何兴舟, 杨儒道. 室内燃煤空气污染与肺癌[M]. 昆明:云南科技出版社, 1994:197.