

甘肃农村地区居民肺通气功能的影响因素及其与室内空气污染的关联性研究

田小雨¹, 石红霞², 李盛³, 白彦君⁴, 胡克勤⁵, 严俊¹, 薛宝德¹, 李桢琳¹, 牛静萍¹, 罗斌¹

1. 兰州大学公共卫生学院, 甘肃 兰州 730000
2. 兰州大学第二医院健康管理中心, 甘肃 兰州 730000
3. 兰州市第一人民医院公共卫生科, 甘肃 兰州 730050
4. 白银市四龙镇卫生院, 甘肃 白银 730910
5. 兰州市马坡乡卫生院, 甘肃 兰州 730115

摘要:

[背景] 室内空气污染是影响呼吸系统健康的重要危险因素, 我国就此方面的研究多局限于中东部, 西北农村地区研究较少。

[目的] 基于横断面调查研究探讨甘肃省农村地区居民肺通气功能障碍的影响因素及其与室内空气污染的关系。

[方法] 研究选取甘肃省白银、榆中两地四个村 399 名研究对象。通过调查问卷收集人口社会学信息、生活习惯、疾病史、燃料使用等信息, 同时进行身高、体重、肺功能等体格和功能检查, 根据吸烟、燃料使用、每周通风情况等计算室内空气污染(IAP)暴露指数。IAP > 5 被认为存在较高水平的室内空气污染。肺功能指标包括用力肺活量(FVC)、第一秒用力呼气量(FEV1)、第一秒用力呼气量与用力肺活量的比值(FEV1/FVC)、用力肺活量占预测值的百分比(FVC%)、第一秒用力呼气量占预测值的百分比(FEV1%), 根据肺功能指标判断研究对象是否发生肺通气功能障碍。采用 logistic 回归评价室内空气污染状况与居民肺通气功能障碍的关系, 同时根据研究对象家庭住址、体重指数(BMI)进行亚组分析, 以期发现发生肺通气功能障碍的高危人群。

[结果] 研究对象平均年龄(56.75±7.31)岁; 肺通气功能正常 155 人(38.85%), 肺通气功能障碍 244 人(61.14%); 89.97%的研究对象暴露于较高水平的室内空气污染(IAP > 5)。logistic 回归发现, 控制年龄、BMI、居住地、性别、吸烟、饮酒、是否患心血管疾病后, IAP > 5 ($OR=2.327$, 95%CI: 1.089~4.974), 冬季使用有烟煤作为主要取暖燃料($OR=3.467$, 95%CI: 1.197~10.037)可能会增加肺通气功能障碍发生的风险。亚组分析发现, 白银地区客厅/卧室不通风($OR=3.460$, 95%CI: 1.116~10.268)会增加肺通气功能障碍发生的风险; 在 BMI ≤ 24 kg·m⁻² 的研究对象中, 卧室取暖方式为煤炉和烧炕($OR=2.092$, 95%CI: 1.030~4.247)、冬季在卧室烹饪($OR=2.954$, 95%CI: 1.046~8.344)同样可能增加肺通气功能障碍发生的风险; 在 BMI > 24 kg·m⁻² 研究对象中, IAP > 5 ($OR=3.739$, 95%CI: 1.147~12.182)发生肺通气功能障碍的风险较高。

[结论] 甘肃农村室内空气污染及当地居民肺通气功能状况均不乐观, 且两者之间呈负相关。煤炭的使用、超重、在卧室烹饪及同时采用煤炉和烧炕取暖均可能导致肺通气功能障碍发生的风险增高, 而通风有益于肺通气功能健康。

关键词: 农村; 肺通气功能; 室内空气污染; 燃料

Influencing factors of pulmonary ventilation function and its relationship with indoor air pollution in rural areas of Gansu Province TIAN Xiaoyu¹, SHI Hongxia², LI Sheng³, BAI Yanjun⁴, HU Kebin⁵, YAN Jun¹, XUE Baode¹, LI Yanlin¹, NIU Jingping¹, LUO Bin¹ (1. School of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China; 2. Health Management Center, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou, Gansu 730000, China; 3. Public Health Department, The First People's Hospital of Lanzhou City, Lanzhou, Gansu 730050, China; 4. Silong Township Health Center in Baiyin City, Baiyin, Gansu 730910, China; 5. Mapo Township Health Center in Lanzhou City, Lanzhou, Gansu 730115, China)

Abstract:

[Background] Indoor air pollution is an important risk factor affecting health of the respiratory



DOI 10.11836/JEOM21421

基金项目

国家自然科学基金面上项目(81872578)

作者简介

田小雨 (1998—), 女, 硕士生;
E-mail: tianxy20@lzu.edu.cn

通信作者

罗斌, E-mail: luob@lzu.edu.cn
牛静萍, E-mail: niujingp@lzu.edu.cn

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-09-12

录用日期 2022-03-15

文章编号 2095-9982(2022)05-0485-09

中图分类号 R127

文献标志码 A

补充材料

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21421

引用

田小雨, 石红霞, 李盛, 等. 甘肃农村地区居民肺通气功能的影响因素及其与室内空气污染的关联性研究 [J]. 环境与职业医学, 2022, 39(5): 485-492, 498.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21421

Funding

This study was funded.

Correspondence to

LUO Bin, E-mail: luob@lzu.edu.cn
NIU Jingping, E-mail: niujingp@lzu.edu.cn

Ethics approval

Obtained

Competing interests None declared

Received 2021-09-12

Accepted 2022-03-15

Supplemental material

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21421

To cite

TIAN Xiaoyu, SHI Hongxia, LI Sheng, et al. Influencing factors of pulmonary ventilation function and its relationship with indoor air pollution in rural areas of Gansu Province[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(5): 485-492, 498.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21421

system. Studies on indoor air pollution in China are mostly limited to the central and eastern regions, and there are few studies in the rural areas of northwest China.

[Objective] To explore the influencing factors of lung ventilation function and its relationship with indoor air pollution in rural areas of Gansu Province based on a cross-sectional investigation.

[Methods] A total of 399 subjects were selected from four villages in Baiyin and Yuzhong of Gansu Province. Questionnaires were used to collect demographic information, lifestyle, disease history, fuel use, and other information, and physical and functional tests were ordered such as height, weight, and lung function. The Indoor Air Pollution (IAP) exposure index was calculated based on smoking, fuel type, and weekly ventilation. $IAP > 5$ was defined as a high level of indoor air pollution. Lung function indexes included forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in the first second (FEV1), FEV1/FVC, forced vital capacity as a percentage of predicted value (FVC%), and forced expiratory volume in the first second as a percentage of predicted value (FEV1%), which were used to determine pulmonary ventilation dysfunction. Logistic regression model was used to evaluate the relationship between indoor air pollution and pulmonary ventilation function, and subgroup analysis was further conducted according to home address and BMI, in order to identify the high-risk population of pulmonary ventilation dysfunction.

[Results] The mean age of the subjects was (56.75 ± 7.31) years old; 155 subjects (38.85%) had normal pulmonary ventilation function, and the other 244 subjects (61.14%) had impaired pulmonary ventilation function; about 89.97% of the subjects were exposed to high level of indoor air pollution ($IAP > 5$). We found that $IAP > 5$ ($OR = 2.327$, 95%CI: 1.089-4.974) and use of bituminous coal as the main heating fuel in winter ($OR = 3.467$, 95%CI: 1.197-10.037) increased the risk of pulmonary ventilation dysfunction after adjusting for age, BMI, residence, gender, smoking, drinking, and cardiovascular disease. The subgroup analysis results showed that no ventilation in the living room/bedroom ($OR = 3.460$, 95%CI: 1.116-10.268) increased the risk of pulmonary ventilation dysfunction in Baiyin. Heating with coal stoves and Chinese Kang in the bedroom ($OR = 2.092$, 95%CI: 1.030-4.247) and cooking in the bedroom ($OR = 2.954$, 95%CI: 1.046-8.344) also increased the risk of pulmonary ventilation dysfunction in the residents with $BMI \leq 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. $IAP > 5$ ($OR = 3.739$, 95%CI: 1.147-12.182) was associated with a significantly increased risk of pulmonary ventilation dysfunction in the $BMI > 24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ subgroup.

[Conclusion] The pulmonary ventilation function of rural residents in Gansu is poor, which is negatively correlated with indoor air pollution. Coal use, overweight, cooking in bedroom, and use of coal stoves and Chinese Kang for heating may increase the risk of pulmonary ventilation dysfunction, while room ventilation is a beneficial factor.

Keywords: rural area; pulmonary ventilation function; indoor air pollution; fuel

慢性呼吸系统疾病是全球发病和死亡的主要原因之一^[1], 稳居我国城乡居民各类疾病死亡率之首^[2]。肺通气功能检查是早期筛查呼吸系统疾病的重要方法, 对于检出呼吸系统病变, 评估病情进展及预后等具有重要指导意义。研究证明肺通气功能对于慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)的诊断具有重要价值^[3-4]。影响肺通气功能的因素包括环境因素(空气污染物、温度、湿度、海拔等)和个体因素(年龄、性别、生活习惯、遗传因素等)等^[5-7]。目前, 已有研究大多关注室外大气环境因素对肺功能的影响, 而室内空气污染由于监测的难度经常被忽视。据统计, 全球约有一半以上的人群暴露于高水平室内空气污染(indoor air pollution, IAP), 污染物主要来源于取暖和烹饪使用的各种燃料, 如生物质燃料(秸秆、柴火等)和固体燃料(煤炭)等^[8]。有研究认为, 由固体燃料导致的室内空气污染是 COPD 等疾病发病的重要危险因素^[9]。在缺乏室内污染监测资料的情况下, IAP 暴露指数被认为可有效评估室内空气污染水平^[10-11], 并发现其与呼吸系统健康相关^[12]。基于 IAP 指数的研究结果提示, 寒假期间室内空气污染可

显著影响农村大学生肺功能, 并与呼吸系统生物标志水平的升高有关^[13]。既往研究大多针对发达国家或地区居民肺通气功能状况及可能影响因素, 特别是城市地区, 而对农村地区研究较少。有研究认为农村地区女性肺功能水平整体较低, 且出现慢性呼吸系统健康问题的风险高于城市妇女^[14]。此外, 我国不同地区 40 岁及以上女性肺功能呈现出不同特征, 北方地区女性的肺功能水平明显高于南方地区^[15], 但关于西北部农村地区居民肺通气功能状况及影响因素的研究较少。因此, 开展我国西北部农村地区室内空气污染状况对居民肺通气功能影响的相关研究十分必要。

甘肃是西北地区重要的经济欠发达省份之一, 气候以干旱寒冷为主要特征, 大多农村居民选择煤炉或烧炕作为冬季主要的取暖方式, 室内空气污染水平较高, 但其对肺通气功能的影响尚不清楚。白银市白银区与兰州市榆中县均位于甘肃省中部, 两地饮食结构均为传统东方膳食模式, 当地居民年龄结构相似。但由于白银、榆中海拔差异较大(白银: 1550 m; 榆中: 2999 m), 气候条件不同。此外, 白银地区平均经济发展水平较高, 居民生活习惯有所不同。相比于白银地

区,大多榆中地区居民冬季选择在室内使用固体燃料(煤炭)和生物质燃料(柴火)进行烹饪或取暖,且冬季取暖时间较长,室内空气污染水平较高。在地理条件、经济发展水平等多方面因素综合作用下,榆中地区居民由室内空气污染导致肺通气功能障碍发生的可能性更高。这两个地区能很好地代表甘肃省农村地区居民的两种典型的生活方式。因此本研究选择甘肃省白银市白银区、兰州市榆中县两地区四个村进行调查,旨在了解甘肃典型农村地区冬季室内空气污染状况及与居民肺通气功能的关系,为改善农村居民肺功能,完善我国呼吸系统疾病相关预防体系提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究设计与调查对象

本研究人群来源于 Dongdagou-Xinglong (DDGXL) 人群队列^[16],于 2019 年 9—12 月期间选取甘肃省白银市白银区、兰州市榆中县两地区四个典型村的全部常住居民进行调查。采取面对面访问方式进行问卷调查,由调查员询问相应信息,问卷内容:基本人口社会学信息、生活习惯、疾病史以及燃料使用情况。进行包括身高、体重的体格检查,同时进行肺功能测试。纳入标准:年龄 ≥ 40 岁;在该地区居住超过 10 年,且每年居住时间 ≥ 8 个月;自愿参与本次调查并且有一定自主回答问卷的能力。排除标准:患有哮喘、肺癌者;目前已经搬离本地区者。该研究得到了兰州大学公共卫生学院医学伦理委员会的批准(L18022201),所有调查对象均在研究开始前签署知情同意书。

1.2 肺功能检查

经培训的专业医护人员对研究对象进行肺功能检查,研究对象被要求保持正常平静呼吸,以站立姿势深吸气,然后通过吹气筒快速吹气,每人至少重复测试三次,吹气不合适者重测。肺功能仪为 FGC-A⁺型肺功能测试仪(安徽电子科学研究所,中国),肺功能指标包括用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第一秒用力呼气量(forced expiratory volume in the first second, FEV1)、第一秒用力呼气量与用力肺活量的比值(FEV1/FVC)、用力肺活量占预测值的百分比(forced vital capacity as a percentage of predicted value, FVC%)、第一秒用力呼气量占预测值的百分比(forced expiratory volume in the first second as a percentage of predicted value, FEV1%)等。根据肺功能指标将结果分类为正常和肺通气功能障碍,以分析影响肺通气功能的可能因

素。定义标准:FEV1/FVC $\geq 70\%$ 且 FVC% $\geq 80\%$ 为正常,其余为肺通气功能障碍^[15]。

1.3 人口学信息及燃料使用情况

人口学信息除了基本的性别、年龄、家庭住址外,还包括吸烟饮酒情况和心血管疾病等疾病史等。基于 IAP 指数计算要求^[10-11,13],本研究中室内空气污染的评价指标包括烹饪的地点、频次、燃料类型;冬季主要取暖方式及燃料类型;卧室、客厅的主要取暖方式及燃料类型;通风换气情况等。吸烟、饮酒行为均为研究对象自我报告,其中平均每周至少吸 3 支及以上香烟者被定义为吸烟,平均每周至少饮酒 1 次者被定义为饮酒。曾被医生诊断为心血管相关疾病者,被定义为有心血管病史。烹饪、取暖使用的主要燃料均使用 5 年以上。通风换气定义为利用自然或机械的手段将室内空气和外界空气进行交换,且每次持续时间超过 10 min。

1.4 IAP 指数

IAP 指数的计算考虑因素包括以下几个方面。

1.4.1 烹饪暴露 ①如烹饪的燃料为煤炭或柴火则暴露值取 1,否则取 0;②如每天在家里烹饪则暴露值取 1,否则取 0;③如烹饪地点为卧室或客厅则暴露值取 1,否则取 0;④如每天烹饪次数为 3 次及以上则暴露值取 1,否则取 0。

1.4.2 取暖暴露 ①如冬季取暖燃料为有烟煤或无烟煤则暴露值取 1,否则取 0;②如客厅的取暖方式为煤炉且卧室取暖方式为煤炉和烧炕则暴露值取 3,如客厅的取暖方式为煤炉且卧室的取暖方式为煤炉或烧炕则暴露值取 2,如客厅的取暖方式为水电暖等但卧室的取暖方式为煤炉或/和烧炕则暴露值取 1,如客厅的取暖方式为煤炉但卧室取暖方式为水电暖则暴露值取 1,否则取 0。

1.4.3 通风暴露 ①如客厅/卧室每周不通风换气则暴露值取 1,否则取 0;②如烹饪时不使用换气设备则暴露值取 1,否则取 0。

1.4.4 吸烟暴露 如吸烟则暴露值取 1,否则取 0。

IAP 指数为上述暴露值相加之和,根据 IAP 值为 IAP ≤ 5 、IAP > 5 两个组,分别代表室内污染低暴露组、高暴露组^[13]。

1.5 统计学分析

使用 EpiData 3.1 进行数据双录入,核查数据进行纳入和排除。使用 IBM SPSS 22.0 作为统计分析软件。对数据进行描述统计,连续变量用均数 $\pm$ 标准差表示,分类变量用 $n(\%)$ 表示。采用 Student's- t 检验、 χ^2 检验

评价不同特征人群肺通气功能的差异。利用 logistic 回归评价肺通气功能障碍的危险因素,控制年龄、体重指数(body mass index, BMI)、居住地、性别、吸烟、饮酒、是否患心血管疾病进一步分析肺通气功能障碍的危险因素。最后,根据不同人群特征进行亚组分析。logistic 回归结果用比值比(odds ratio, OR)及其 95%置信区间(confidence interval, CI)表示。本研究采用双侧检验,检验水准 $\alpha=0.050$ 。

2 结果

2.1 基本特征

纳入符合要求的对象 399 人(白银 235 人,榆中 164 人),年龄(56.75 ± 7.31)岁,男性 142 人(35.59%); BMI(23.84 ± 3.27) $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$; 肺 通 气 功 能 正 常 155 人

(38.85%); IAP ≤ 5 的 40 人(10.03%),其余 89.97%者 IAP 均大于 5。大多居民冬季使用煤炉取暖(客厅: 91.48%,卧室: 46.87%),256 人(64.16%)使用有烟煤作为取暖燃料,285 人(71.43%)使用煤炭或柴火作为烹饪燃料,273 人(68.42%)不使用换气设备。肺通气功能障碍人群的 BMI 高于正常人群; IAP > 5、使用有烟煤和无烟煤者的肺通气功能障碍发生率较高($P<0.05$)。见表 1。

2.2 肺通气功能

399 人肺功能指标 FVC、FEV1、FEV1/FVC 分别为($2\,245.99\pm657.92$)mL、($2\,053.04\pm547.60$)mL、(92.41 ± 8.50)%; 白银居民 FEV1%、FEV1/FVC 均高于榆中居民, BMI $\leq 24\,\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 组 FVC、FVC%、FEV1%均高于超重组,而 FEV1/FVC 低于超重组。见表 2。

表 1 399 名甘肃农村居民基本特征
Table 1 Basic characteristics of 399 rural residents in Gansu Province

基本信息 Basic Information		总人群 All participants (n=399)	肺通气功能正常 Normal pulmonary ventilation function (n=155)	肺通气功能障碍 Pulmonary ventilation dysfunction (n=244)	χ^2/t	P
年龄*/岁(Age/years)		56.75 $\pm$ 7.31	57.59 $\pm$ 7.46	56.22 $\pm$ 7.18	1.83	0.068
BMI*/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)		23.84 $\pm$ 3.27	22.71 $\pm$ 2.80	24.56 $\pm$ 3.35	-5.73	<0.001
居住地(Residence address)	白银(Baiyin)	235(58.90)	95(40.43)	140(59.57)	0.60	0.439
	榆中(Yuzhong)	164(41.10)	60(36.59)	104(63.41)		
性别(Gender)	男(Male)	142(35.59)	53(37.32)	89(62.68)	0.22	0.643
	女(Female)	257(64.41)	102(39.69)	155(60.31)		
吸烟(Smoking)	是(Yes)	121(30.33)	44(36.36)	77(63.64)	0.45	0.502
	否(No)	278(69.67)	111(39.93)	167(60.07)		
饮酒(Alcohol consumption)	是(Yes)	43(10.78)	16(37.21)	27(62.79)	0.05	0.816
	否(No)	356(89.22)	139(39.04)	217(60.96)		
现在或既往是否患有心血管疾病 Cardiovascular diseases	是(Yes)	108(27.07)	37(34.26)	71(65.74)	1.31	0.252
	否(No)	291(72.93)	118(40.55)	173(59.45)		
IAP	≤ 5	40(10.03)	22(55.00)	18(45.00)	4.88	0.027
	>5	359(89.97)	133(37.05)	226(62.95)		
客厅取暖方式 Type of living room heating	水电暖(Water and electricity warm)	34(8.52)	14(41.18)	20(58.82)	0.09	0.771
	煤炉(Coal stove)	365(91.48)	141(38.63)	224(61.37)		
卧室取暖方式 Type of bedroom heating	煤炉(Coal stove)	187(46.87)	80(42.78)	107(57.22)	2.65	0.448
	烧炕(The kang)	61(15.29)	20(32.79)	41(67.21)		
	煤炉和烧炕(Coal stove and kang)	123(30.83)	44(35.77)	79(64.23)		
	水电暖(Water and electricity)	28(7.02)	11(39.29)	17(60.71)		
取暖的主要燃料(Main heating fuel)	煤气或电(Gas or electricity)	18(4.51)	11(61.11)	7(38.89)	7.90	0.048
	有烟煤(Bituminous coal)	256(64.16)	93(36.33)	163(63.67)		
	无烟煤(Anthracite coal)	113(28.32)	49(43.36)	64(56.64)		
	其他(Others)	12(3.01)	2(16.67)	10(83.33)		
烹饪的主要燃料(Main cooking fuel)	煤气或电(Gas or electricity)	114(28.57)	44(38.60)	70(61.40)	0.00	0.948
	煤炭或柴火(Coal or timber)	285(71.43)	111(38.95)	174(61.05)		
冬季烹饪的地点 Cooking place in winter	客厅(Living room)	44(11.03)	22(50.00)	22(50.00)	3.46	0.177
	卧室(Bedroom)	123(30.83)	42(34.15)	81(65.83)		
	厨房(Kitchen)	232(58.14)	91(39.22)	141(60.78)		

续表 1

基本信息 Basic Information		总人群 All participants (n=399)	肺通气功能正常 Normal pulmonary ventilation function (n=155)	肺通气功能障碍 Pulmonary ventilation dysfunction (n=244)	χ^2/t	P
每天烹饪次数 Daily cooking frequency	≤1	39(9.77)	13(33.33)	26(66.67)	0.73	0.695
	2	249(62.41)	100(40.16)	149(59.84)		
	≥3	111(27.82)	42(37.84)	69(62.16)		
使用换气设备 Ventilation equipment	是(Yes)	126(31.58)	47(37.30)	79(62.70)	0.19	0.667
	否(No)	273(68.42)	108(39.56)	165(60.44)		
客厅/卧室每周通风换气 Ventilated every week	是(Yes)	366(91.73)	144(39.34)	222(60.66)	0.46	0.497
	否(No)	33(8.27)	11(33.33)	22(66.67)		

[注] *: 连续性变量用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 其余分类变量用例数(百分比/%)表示; BMI: 体重指数; IAP: 室内空气污染。

[Note] *: Continuous variables are represented by $\bar{x} \pm s$, categorical variables are represented by number (percentage/%); BMI: Body mass index; IAP: Indoor air pollution.

表 2 399 名甘肃农村居民肺功能水平 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Lung function levels of 399 rural residents in Gansu Province ($\bar{x} \pm s$)

分类(Sort)	FVC/mL	(FVC%)/%	FEV1/mL	(FEV1%)/%	(FEV1/FVC)/%
总样本 All participants	2 245.99±657.92	71.82±17.99	2 053.04±547.60	83.33±20.47	92.41±8.50
白银(Baiyin)	2 253.34±602.15	72.35±17.24	2 095.76±489.37	85.42±18.89	93.94±6.19
榆中(Yuzhong)	2 235.48±732.26	71.07±19.05	1 991.82±618.05	80.34±22.26	90.21±10.64
P	0.797	0.484	0.073	0.014	<0.001
BMI≤24 kg·m ⁻²	2 307.19±661.41	74.96±18.57	2 094.60±569.70	85.53±21.82	91.66±9.69
BMI>24 kg·m ⁻²	2 172.28±647.85	68.04±16.55	2 002.97±516.85	80.69±18.44	93.31±6.72
P	0.041	<0.001	0.094	0.019	0.046

[注] FVC: 用力肺活量; FVC%: 用力肺活量占预测值的百分比; FEV1: 第一秒用力呼气量; FEV1%: 第一秒用力呼气量占预测值的百分比; FEV1/FVC: 第一秒用力呼气量与用力肺活量的比值。

[Note] FVC: Forced vital capacity; FVC%: Forced vital capacity as a percentage of predicted value; FEV1: Forced expiratory volume in the first second; FEV1%: Forced expiratory volume in the first second as a percentage of predicted value; FEV1/FVC: Ratio of forced expiratory volume in the first second to forced vital capacity.

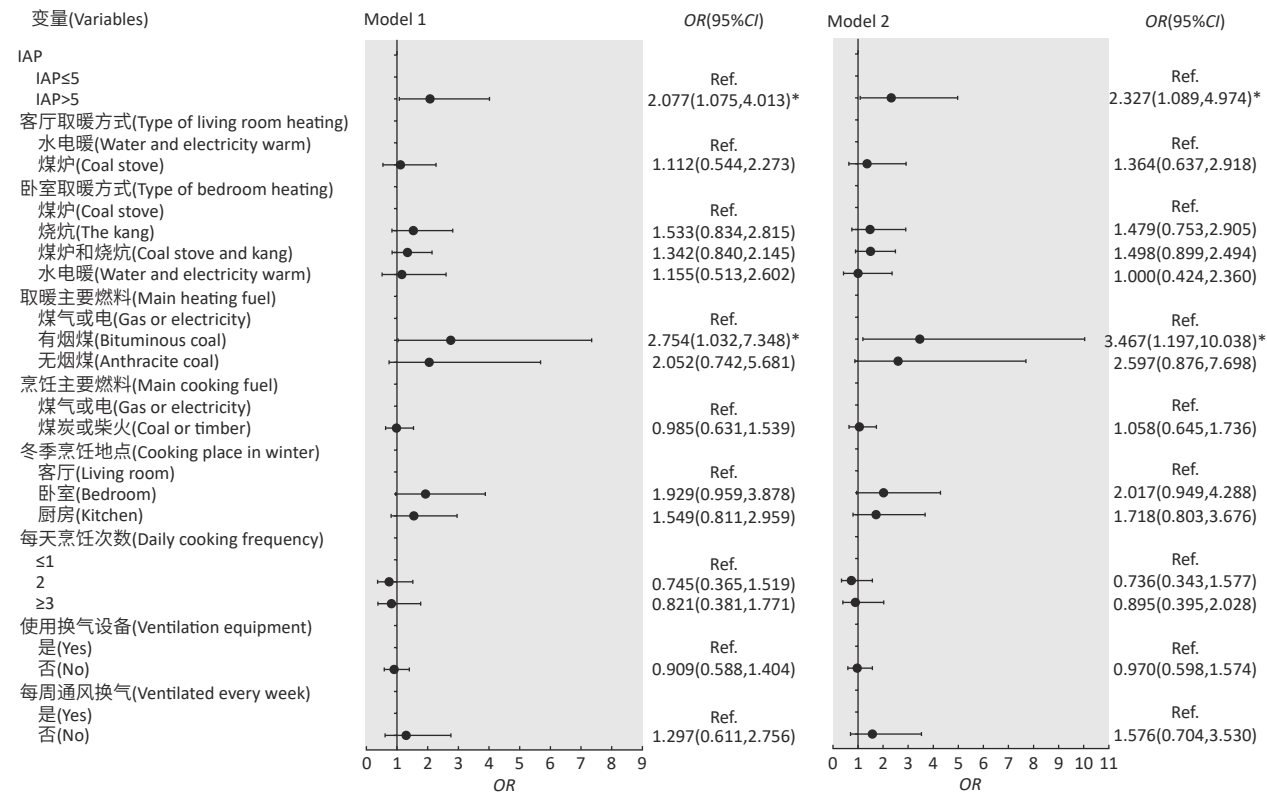
2.3 肺通气功能障碍的影响因素

对 399 名调查对象单因素 logistic 回归分析发现 IAP > 5 ($OR=2.077$, 95%CI: 1.075~4.013)、冬天使用有烟煤作为主要取暖燃料 ($OR=2.754$, 95%CI: 1.032~7.348) 均会增加肺通气功能障碍发生风险; 进一步控制年龄、BMI、居住地、性别、吸烟、饮酒、是否患心血管疾病后, 这种关系仍存在, IAP > 5 ($OR=2.327$, 95%CI: 1.089~4.974)、冬天使用有烟煤作为主要取暖燃料 ($OR=3.467$, 95%CI: 1.197~10.038) 均会增加肺通气功能障碍的发生风险。见图 1。

2.4 亚组分析

亚组分析发现, 白银地区客厅/卧室每周不通风 ($OR=3.460$, 95%CI: 1.116~10.268) 者肺通气功能障碍

的发生风险较高; 而在榆中地区烹饪时不使用排风设备 ($OR=0.256$, 95%CI: 0.066~0.989) 者肺通气功能障碍的发生风险较低。在 BMI≤24 kg·m⁻² 的研究对象中, 卧室取暖方式为煤炉和烧炕 ($OR=2.092$, 95%CI: 1.030~4.247)、冬季在卧室烹饪 ($OR=2.954$, 95%CI: 1.046~8.344) 的家庭人员中发生肺通气功能障碍的风险较高; 在 BMI > 24 kg·m⁻² 的研究对象中, IAP > 5 者发生肺通气功能障碍的风险也相对更高 ($OR=3.739$, 95%CI: 1.147~12.182), 见图 2、图 3。另外, 亚组分析还发现, ≥60 岁人群和不吸烟的人群中, IAP > 5 者发生肺通气功能障碍的风险较高; 不饮酒的人群中, 冬季在卧室烹饪者发生肺通气功能障碍的风险较高。结果见补充材料表 S1-S5。

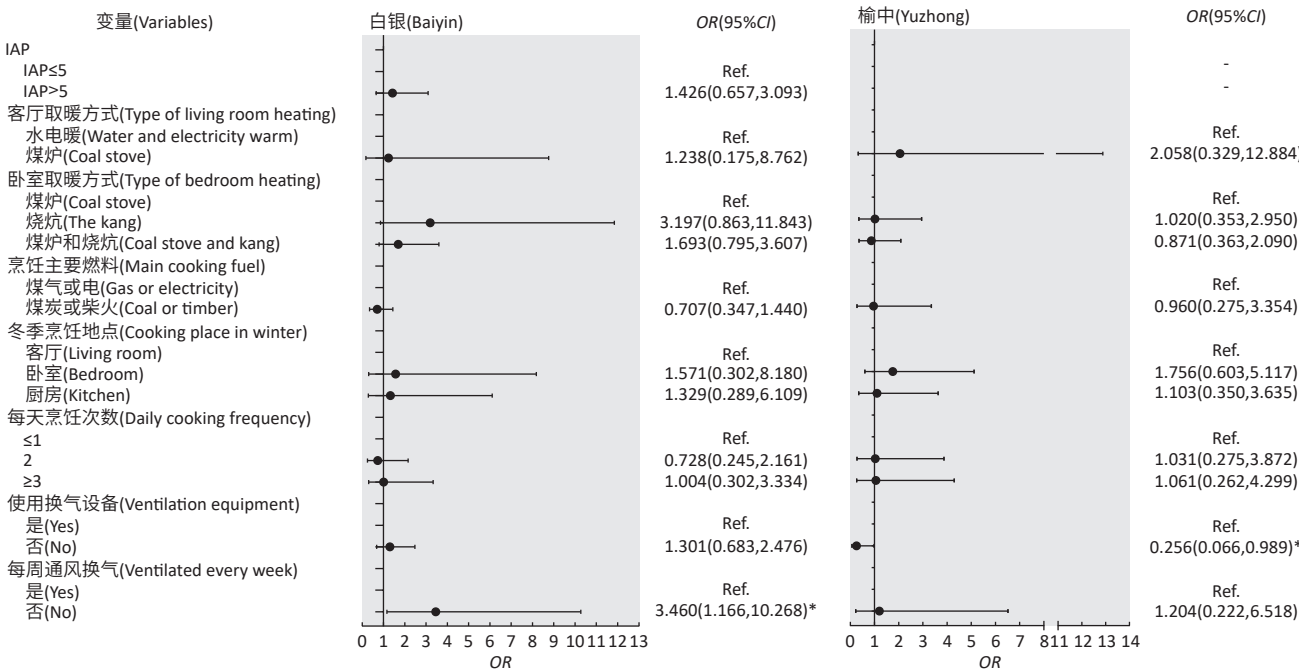


[注] Model 1: 室内空气污染与肺通气功能关系 logistic 回归结果; Model 2: 调整年龄、BMI、居住地、性别、吸烟、饮酒、是否患心血管病后的室内空气污染与肺通气功能关系 logistic 回归结果; *: $P < 0.05$. Ref: 参照。

[Note] Model 1: Logistic regression results of the relationship between indoor air pollution and pulmonary ventilation function; Model 2: Logistic regression results of the relationship between indoor air pollution and pulmonary ventilation function after adjusted for age, BMI, residence address, gender, smoking, alcohol consumption, and cardiovascular disease; *: $P < 0.05$. Ref: Reference.

图 1 室内空气污染与肺通气功能障碍的关联

Figure 1 Association between indoor air pollution and pulmonary ventilation dysfunction

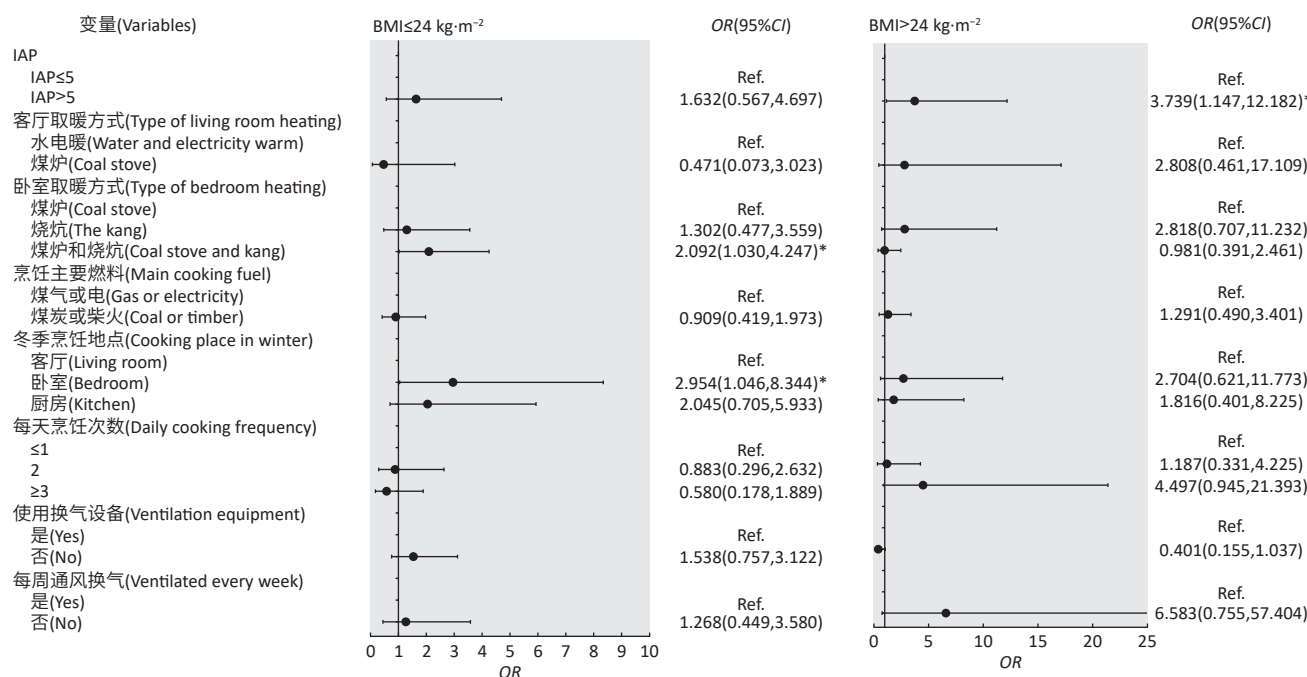


[注] 模型调整了年龄、BMI、性别、吸烟、饮酒、是否患心血管病; *: $P < 0.05$. Ref: 参照。

[Note] Adjusted for age, BMI, gender, smoking, alcohol consumption, and cardiovascular disease; *: $P < 0.05$. Ref: Reference.

图 2 不同特征(白银和榆中亚组)人群室内空气污染与肺通气功能障碍

Figure 2 Indoor air pollution and pulmonary ventilation dysfunction in different participants (Baiyin and Yuzhong subgroup)



[注] 模型调整了年龄、居住地、性别、吸烟、饮酒、是否患心血管疾病; *: $P < 0.05$ 。Ref: 参照。

[Note] Adjusted for age, residence address, gender, smoking, alcohol consumption, and cardiovascular disease; *: $P < 0.05$. Ref: Reference.

图3 不同特征(BMI ≤ 24 kg·m⁻²和BMI > 24 kg·m⁻²亚组)人群室内空气污染与肺通气功能障碍

Figure 3 Indoor air pollution and pulmonary ventilation dysfunction in different participants (BMI ≤ 24 kg·m⁻² and > 24 kg·m⁻² subgroup)

3 讨论

本研究共纳入 399 名研究对象, 大部分居民 IAP > 5 (89.97%), 室内空气污染程度较高。logistic 回归分析在控制相关协变量后发现 IAP > 5 ($OR=2.327$, 95%CI: 1.089~4.974)、冬天使用有烟煤作为主要取暖燃料 ($OR=3.467$, 95%CI: 1.197~10.038) 均可能增加肺通气功能障碍风险。研究对象平均年龄 (56.75 ± 7.31) 岁, 但其中 61.15% 的研究对象存在不同程度肺通气功能障碍, 显著高于北京地区 40 岁以上人群的 44.2%^[17]。除年龄外, 性别、生活习惯、燃料燃烧暴露等也会影响肺通气功能^[18]。有研究发现使用清洁燃料及改良炉灶可显著改善肺功能^[9], 提示使用固体燃料可能影响肺功能。上海的一项研究还观察到使用固体燃料与肺功能的降低有关^[19], 这与本研究得出冬季取暖使用有烟煤者发生肺通气功能障碍风险较大的结论基本一致。同时, IAP > 5 时发生肺通气功能障碍的风险较高, IAP 越大意味着室内空气污染暴露水平越高, 这与马月玲等^[13]的一项关于甘肃省农村地区室内污染对大学生呼吸系统影响的研究结果一致。可能是室内燃料燃烧产物如 CO、CO₂、SO₂、颗粒物等均会对肺部产生刺激, 引起炎症应激反应, 使气道阻力增加, 导致肺通气功能下降^[20]。

有研究认为房屋不通风的人群患 COPD 的风险高^[21], 这与本研究白银地区结果一致。客厅/卧室每周通风能有效降低室内污染物浓度^[22], 从而降低了肺通

气功能障碍发生的风险。但在榆中地区, 由于冬季平均气温较低, 且大部分居民冬季多在卧室或客厅烹饪, 这可能导致结果与之前研究不一致。肺功能除了受个体因素、室内空气污染暴露的影响外, 还与海拔、医疗水平、室外空气污染暴露等有关。目前已有研究发现, 不同海拔地区居民肺功能水平不同, 并且随着海拔升高呈现出一定的下降趋势^[23], 这与本研究发现白银居民肺功能水平高于榆中居民的结果一致。可能是因为高海拔地区大气压低, 氧气稀薄, 机体长期处于低氧分压的条件下, 使得呼吸肌疲劳, 心肺代偿能力下降, 导致肺功能下降^[24], 但仍需深入研究。另外, 白银、榆中两地近五年室外空气污染物水平相近, 两地室外空气污染暴露差异较小^[25], 进一步证明室内空气污染暴露对肺通气功能的影响十分重要。此外, 有研究显示肺功能随着 BMI 的升高而降低^[26], 这与本研究结果一致。在 BMI > 24 kg·m⁻² 组中发现, IAP > 5 的人群发生肺通气功能障碍的风险更大, 而在 BMI ≤ 24 kg·m⁻² 组中并未发现这种差异, 这提示超重或肥胖的人更容易受到室内空气污染暴露的影响。

研究发现年龄及吸烟均为呼吸功能下降的重要危险因素^[27], 而本研究中该结果无统计学意义。本研究中研究对象均为 40 岁以上, 平均年龄为 56 岁, 年龄跨度较小, 难以发现年龄不同造成的差异。并且, 部分居民目前虽已戒烟, 但戒烟时间较短, 可能造成当

前吸烟和非吸烟人群间差异不显著。有研究发现使用生物质燃料的女性肺功能低于使用液化气或电的女性^[28]。但本研究中该差异也无统计学意义,可能与研究对象中较高的煤炭使用比例有关。同时,研究对象中部分居民在冬季使用煤炉同时进行取暖、烹饪,因取暖燃料燃烧产生的健康效应可能掩盖了烹饪的健康效应,这种混杂使得烹饪燃料的作用被掩盖。尽管如此,本研究仍发现取暖使用不同燃料与肺通气功能障碍发生的风险有关,尤其是使用有烟煤风险更高。

本研究中通过使用四种不同来源的暴露信息综合计算室内空气污染指数 IAP,以评估甘肃省农村地区居民肺通气功能与室内空气污染及其可能的影响因素是本文最大的优点。但由于本研究是横断面研究,仅从当前的研究结论并不能进行因果推论,未来还需要进一步开展大人群队列研究和动物实验以佐证室内空气污染对肺通气功能障碍的损害作用及机制。此外,室内空气污染物种类和水平也是影响肺功能的重要因素,但本研究仅使用了 IAP,因此在分析其个体暴露水平上需进一步的探讨。

综上所述,甘肃省农村地区居民肺通气功能较差,室内空气污染水平与居民肺通气功能障碍呈负相关。使用有烟煤作为取暖燃料会增加发生肺通气功能障碍的风险,BMI 越大发生肺通气功能障碍风险越高,且在卧室烹饪、同时使用煤炉和烧炕进行取暖也会增加肺通气功能障碍发生的风险,而房屋通风能够显著降低风险。这提示我们将来要大力宣传清洁燃料的使用,提倡厨房与起居室独立设置,加强室内通风换气等措施,以降低西北农村地区冬季室内燃煤燃烧带来的健康损害。

参考文献

- [1] GBD Chronic Respiratory Disease Collaborators. Prevalence and attributable health burden of chronic respiratory diseases, 1990-2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017[J]. *Lancet Respir Med*, 2020, 8(6): 585-596.
- [2] 李薇, 杨汀, 王辰. 中国慢性阻塞性肺疾病防治现状及进展[J]. 中国研究型医院, 2020, 7(5): 1-5.
LI W, YANG T, WANG C. Current status and progress of prevention and treatment of chronic obstructive pulmonary disease in China[J]. *J Chin Res Hosp*, 2020, 7(5): 1-5.
- [3] LÓPEZ-CAMPOS LL, TAN W, SORIANO JB. Global burden of COPD[J]. *Respirology*, 2016, 21(1): 14-23.
- [4] FANG XC, WANG XD, BAI CX. COPD in China: the burden and importance of proper management[J]. *Chest*, 2011, 139(4): 920-929.
- [5] 王彬, 周芸, 马继轩, 等. 挥发性有机物致呼吸系统损害的流行病学研究综述[J]. 环境与职业医学, 2018, 35(5): 471-477.
WANG B, ZHOU Y, MA JX, et al. Respiratory system impairments induced by volatile organic compounds: an epidemiological review[J]. *J Environ Occup Med*, 2018, 35(5): 471-477.
- [6] CHEN RJ, YIN P, MENG X, et al. Fine particulate air pollution and daily mortality. A nationwide analysis in 272 Chinese Cities[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 196(1): 73-81.
- [7] GAO NN, XU WS, JI JD, et al. Lung function and systemic inflammation associated with short-term air pollution exposure in chronic obstructive pulmonary disease patients in Beijing, China[J]. *Environ Health*, 2020, 19(1): 12.
- [8] BONJOUR S, ADAIR-ROHANI H, WOLF J, et al. Solid fuel use for household cooking: country and regional estimates for 1980-2010[J]. *Environ Health Perspect*, 2013, 121(7): 784-790.
- [9] 张金良, 帕拉沙提, 刘玲, 等. 中国农村室内空气污染及其对健康的危害[J]. 环境与职业医学, 2007, 24(4): 412-416.
ZHANG JL, PARASAT, LIU L, et al. Indoor air quality and its adverse health effects in rural area of China[J]. *J Environ Occup Med*, 2007, 24(4): 412-416.
- [10] WANG B, ZHU YB, PANG YM, et al. Indoor air pollution affects hypertension risk in rural women in Northern China by interfering with the uptake of metal elements: a preliminary cross-sectional study[J]. *Environ Pollut*, 2018, 240: 267-272.
- [11] LI ZW, ZHANG L, YE RW, et al. Indoor air pollution from coal combustion and the risk of neural tube defects in a rural population in Shanxi province, China[J]. *Am J Epidemiol*, 2011, 174(4): 451-458.
- [12] MAHARANA SP, PAUL B, GARG S, et al. Exposure to indoor air pollution and its perceived impact on health of women and their children: a household survey in a slum of Kolkata, India[J]. *Indian J Public Health*, 2018, 62(3): 182-187.
- [13] 马月玲. 甘肃农村地区室内空气污染对大学生呼吸系统的短期影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2020.
MA Y L. Short-term effects of indoor air pollution on respiratory system among undergraduates in Gansu rural areas[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2020.
- [14] TAMIRE M, ADDISSIE A, KUMIE A, et al. Respiratory symptoms and lung function among ethiopian women in relation to household fuel use[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 17(1): 41.
- [15] 吕学莉. 我国40岁及以上女性人群肺通气功能状况及其影响因素分析[D]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2020.
LYU X L. Analysis of pulmonary ventilation function and its influencing factors among female aged 40 years or older in China[D]. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2020.
- [16] ZHANG H L, YAN J, NIU J P, et al. Association between lead and cadmium co-exposure and systemic immune inflammation in residents living near a mining and smelting area in NW China[J]. *Chemosphere*, 2022, 287(Pt 3): 132190.
- [17] 张二明, 宋萍萍, 赵春燕, 等. 北京十家社区40岁以上居民肺通气功能调查及影响因素分析[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2021, 15(5): 375-381.
ZHANG EM, SONG PP, ZHAO CY, et al. Prevalence and influencing factors of abnormal ventilation function in community population over 40 years old in an urban area of Beijing[J]. *Chinese Journal of Clinicians (Electronic Edition)*, 2021, 15(5): 375-381.
- [18] 张涛, 王文娟, 葛建梅, 等. 燃煤型砷中毒患者肺功能损伤现状调查[J]. 环境与职业医学, 2019, 36(6): 540-543.
ZHANG T, WANG WJ, GE JM, et al. A cross-sectional study on lung function damage in patients with coal-burning type arsenism[J]. *J Environ Occup Med*, 2019, 36(6): 540-543.

(下转第 498 页)