· 综 述 ·

家庭固体燃料使用与糖尿病、高血压风险的研究进展

金丹[1]，张开月[2]综述；王静[1]审校

1.扬州大学医学院附属扬州妇幼保健院，江苏 扬州 225007；2.扬州市疾病预防控制中心，江苏 扬州 225001

摘要：固体燃料不完全燃烧产生大量污染物，与多种慢性病的发病、死亡风险相关，是我国重要的环境问题和公共卫生问题之一。研究显示，家庭固体燃料使用产生的空气污染物可能通过干扰葡萄糖代谢、改变胰岛素抵抗等而增加糖尿病的发生风险，通过诱发血管氧化应激和炎症反应等增加高血压的发生风险。本文收集2001—2024年国内外发表的相关文献，从家庭固体燃料使用对糖尿病、高血压的影响及减少家庭固体燃料使用建议3个方面进行综述，为预防相关慢性病提供参考。

关键词：家庭固体燃料；高血压；糖尿病；慢性病

中图分类号：R193 **文献标识码：**A **文章编号：**2096-5087（2024）08-0679-04

Household solid fuel use and risk of diabetes and hypertension: a review

JIN Dan[1], ZHANG Kaiyue[2], WANG Jing[1]

1.Yangzhou Maternal and Child Health Care Hospital Affiliated to Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225007, China; 2.Yangzhou Center for Disease Control and Prevention, Yangzhou, Jiangsu 225001, China

Abstract: Incomplete combustion of solid fuels produces a large amount of pollutants, which are associated with the incidence and mortality risks of various chronic diseases, making it one of the significant environmental and public health issues in China. Studies have shown that air pollutants generated by the use of solid fuels in households may increase the risk of diabetes by interfering with glucose metabolism and altering insulin resistance, and may also increase the risk of hypertension by inducing vascular oxidative stress and inflammatory responses. This article reviews relevant literature published domestically and internationally from 2001 to 2024, focusing on the impacts of household solid fuel use on diabetes and hypertension, as well as suggestions for reducing household solid fuel use, providing the reference for the prevention of related chronic diseases.

Keywords: household solid fuel; hypertension; diabetes; chronic diseases

固体燃料不完全燃烧会产生大量颗粒物和环境持久性自由基等污染物，是室内空气污染的主要来源，与呼吸系统疾病、心脑血管疾病、乳腺癌等多种疾病密切相关[1-4]。全球疾病负担研究表明，2019年约有2 310万人因使用固体燃料而过早死亡，其中126万发生在我国[5]，固体燃料使用可显著增加全因死亡风险、心脑血管疾病及呼吸系统疾病的死亡风险[6-8]。本文收集2001—2024年国内外发表的相关文献，主要从家庭固体燃料使用与常见慢性病糖尿病、高血压的关系及减少家庭固体燃料使用建议3个方面进行综述，为制定预防相关慢性病的公共卫生策略提供参考。

1 家庭固体燃料使用与糖尿病发生风险

多数研究表明，家庭固体燃料使用会增加糖尿病的发生风险。一项涉及45 620名研究对象的Meta分析结果显示，家庭固体燃料使用是糖尿病的危险因素（*OR*=1.60，95%*CI*：1.09～1.97）[9]。CHEN等[10]发现家庭固体燃料使用与糖尿病、空腹血糖呈正相关。LEE等[11]、HALDER等[12]也报道了类似的研究结果。中国健康与养老追踪调查提示，

DOI：10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2024.08.008

基金项目：扬州市妇幼保健院2023年度院级课题项目（2023011）；扬州市疾病预防控制中心本级课题项目（YZJK202304）

作者简介：金丹，硕士，住院医师，主要从事公共卫生工作

通信作者：王静，E-mail：1557724957@qq.com

家庭使用固体燃料取暖显著增加糖尿病发生风险，如果固体燃料同时用于做饭和取暖，糖尿病风险可能会进一步上升[13]。但 KANG 等[14]研究未发现燃料类型与糖尿病、空腹血糖存在统计学关联，结果不一致可能与不同的研究设计有关。

家庭固体燃料使用对糖尿病发病的影响可能与以下因素有关。固体燃料燃烧产生的室内空气污染物，尤其是细颗粒物（$PM_{2.5}$），可能通过干扰葡萄糖代谢和改变胰岛素抵抗来增加糖尿病的发生风险[15-17]。较高的 $PM_{2.5}$ 暴露量还可能引起代谢改变，通过引起下丘脑-垂体-肾上腺轴兴奋，增加糖皮质激素水平，提高血糖水平[18]。此外，固体燃料使用可能通过血管内皮功能失调、交感神经系统过度活跃、内脏脂肪组织的免疫反应改变和内质网应激导致胰岛素转导改变、线粒体和棕色脂肪细胞改变等途径影响糖尿病的发生[19-21]。

2 家庭固体燃料使用与高血压发生风险

家庭固体燃料使用对高血压的影响研究较少且结果尚不一致，结果的异质性可能与固体燃料暴露量不同有关。有研究显示，家庭固体燃料使用与高血压发生风险增加有关[11, 22]。印度一项研究表明，使用固体燃料家庭的女性报告子痫前期/子痫的可能性是使用清洁燃料家庭女性的 2 倍左右（*OR*=2.21，95%*CI*：1.26～3.87）[23]。固体燃料用于室内供暖对高血压的影响在农村地区和北方地区居民中更为明显，但没有发现固体燃料用于烹饪与高血压之间有任何显著关联[24]。当以清洁燃料作为参照时，无论农村（*OR*=0.99，95% *CI*：0.92～1.08）还是城市地区（*OR*=0.92，95%*CI*：0.77～1.11）使用固体燃料烹饪与高血压患病率均无关联[25]。我国广东省 13 个农村地区的研究也尚无足够证据表明家庭固体燃料使用是农村女性高血压的相关因素[26]。

固体燃料燃烧产生的空气污染物暴露与高血压关系的潜在机制尚不清楚。$PM_{2.5}$ 暴露量的增加与收缩压升高有关，其相对贡献率为 11%[27-28]，而不完全生物质和化石燃料燃烧排放产生的黑碳与血压的相关性比颗粒物更强[29]。当颗粒物吸入肺部时，肺泡内会触发炎症反应，炎症反应在血管壁中诱发氧化应激，对血管产生有害影响，随后发生全身炎症反应，从而导致内皮功能障碍[30-31]。因此，固体燃料使用产生的空气污染物可能通过血管氧化应激和炎症反应等途径使高血压患者成为更脆弱的亚群[32-33]。

3 建议减少家庭固体燃料使用

限制家庭固体燃料使用可降低多种慢性病疾病负担。研究表明，与使用清洁燃料取暖和烹饪者相比，使用混合燃料和固体燃料者患慢性病的风险更高，家庭清洁度差者患多发性疾病的风险更高[34]。提示居民可通过更换烹饪燃料类型、保持清洁的生活环境来降低慢性病风险。前瞻性研究结果显示，与未使用排气的煤燃料相比，使用排气的气体燃料、太阳能或电能的居民高血压发病风险分别降低 25% 和 9%；与未使用排气的人均烹饪用油≥25 g/d 相比，使用排气人均烹饪用油≥25 g/d、人均烹饪用油 < 25 g/d 的居民高血压发病风险分别降低 33% 和 71%[35]。因此可通过增加排气、减少烹饪用油等方式减少高血压等疾病的发生。我国农村和低收入人群仍使用固体燃料，可根据地域、经济水平和生活条件等多方面重点整合烹饪和供暖的新能源政策，改进炉灶结构和技术、加强厨房通风或户外燃烧等方法降低疾病的发生[17]。此外，还可根据不同人群固体燃料使用的特点，开展针对性的健康教育，增强居民健康理念，改变不良生活方式，降低慢性病的发生风险[36]。

4 小 结

综上所述，家庭固体燃料使用与糖尿病、高血压存在相关性，其中部分潜在机制已被阐明，但缺少针对固体燃料燃烧产生的物质及其浓度的测量。应制定多方面的措施减少家庭固体燃料暴露，如限制固体燃料使用，优化可再生能源政策，增加清洁燃料供应，提高居民环境健康素养水平及保持良好的通风习惯和清洁的生活环境等，降低慢性病发生风险。

值得注意的是，目前多数研究仅仅探讨固体燃料使用与高血压、糖尿病或心脏病等单一慢性病的关系，而忽视了固体燃料使用与合并慢性病的关系。现有研究多为横断面研究，研究对象固体燃料暴露情况主要通过问卷调查而非实际测量获得，今后研究可通过测量固体燃料燃烧产生的污染物水平，进一步探讨固体燃料使用对居民健康的影响。此外，地域、文化习俗、室内通风情况、固体燃料类型、使用频率和使用量等多种因素均可能导致研究结果的差异化，因此需开展大样本、多中心的大型队列研究，探索固体燃料使用的健康危害与疾病经济负担，为制定相关干预策略提供参考。

参考文献

[1] ZHAO J F, SHEN G F, SHI L, et al. Real-world emission characteristics of environmentally persistent free radicals in $PM_{2.5}$ from residential solid fuel combustion [J]. Environ Sci Technol, 2022, 56 (7): 3997-4004.

[2] QIU S Y, CHEN X F, CHEN X F, et al. Solid fuel use, socioeconomic indicators and risk of cardiovascular diseases and all-cause mortality: a prospective cohort study in a rural area of Sichuan, China [J]. Int J Epidemiol, 2022, 51 (2): 501-513.

[3] 严永锋, 杨娟, 高玲玲, 等. 启东市40岁及以上居民慢性阻塞性肺疾病调查 [J]. 预防医学, 2023, 35 (12): 1084-1088.

[4] WHITE A J, SANDLER D P. Indoor wood-burning stove and fireplace use and breast cancer in a prospective cohort study [J/OL]. Environ Health Perspect, 2017, 125 (7) [2024-06-13]. https://doi.org/10.1289/EHP827.

[5] Institute for Health Metrics and Evaluation. Global Burden of Disease 2019: findings from the GBD 2019 Study [EB/OL]. 2020 [2024-06-13]. https://www.healthdata.org/results/gbd_summaries/2019/household-air-pollution-from-solid-fuels-level-4-risk.

[6] YU K, QIU G K, CHAN K H, et al. Association of solid fuel use with risk of cardiovascular and all-cause mortality in rural China [J]. JAMA, 2018, 319 (13): 1351-1361.

[7] WU Y, HU H F, CAI J L, et al. Association of hypertension and incident diabetes in Chinese adults: a retrospective cohort study using propensity-score matching [J]. BMC Endocr Disord, 2021, 21 (1): 87-100.

[8] WANG Y J, LI Z X, GU H Q, et al. China stroke statistics: an update on the 2019 report from the National Center for Healthcare Quality Management in Neurological Diseases, China National Clinical Research Center for Neurological Diseases, the Chinese Stroke Association, National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention and Institute for Global Neuroscience and Stroke Collaborations [J]. Stroke Vasc Neurol, 2022, 7 (5): 415-450.

[9] LI N, SU W Y, WANG H, et al. Association between solid fuel combustion and diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis [J]. Environ Sci Pollut Res Int, 2022, 29 (52): 78165-78177.

[10] CHEN Y X, FENG S Q, CHANG Z G, et al. Household solid fuel use with diabetes and fasting blood glucose levels among middle-aged and older adults in China [J]. Environ Sci Pollut Res Int, 2022, 29 (45): 68247-68256.

[11] LEE M S, HANG J Q, ZHANG F Y, et al. In-home solid fuel use and cardiovascular disease: a cross-sectional analysis of the Shanghai Putuo study [J]. Environ Health, 2012, 11: 18-25.

[12] HALDER M, KASEMI N, ROY D, et al. Impact of indoor air pollution from cooking fuel usage and practices on self-reported health among older adults in India: evidence from LASI [J/OL]. SSM Popul Health, 2024, 25 (4) [2024-06-13]. https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2024.101653.

[13] LIU Y, SHAO J A, LIU Q T, et al. Association between household fuel combustion and diabetes among middle-aged and older adults in China: a cohort study [J/OL]. Ecotoxicol Environ Saf, 2023, 258 [2024-06-13]. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114974.

[14] KANG N, SONG X Q, ZHANG C Y, et al. Association of household air pollution with glucose homeostasis markers in Chinese rural women: effect modification of socioeconomic status [J/OL]. Ecotoxicol Environ Saf, 2022, 248 [2024-06-13]. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114283.

[15] MA R M, ZHANG Y, SUN Z Y, et al. Effects of ambient particulate matter on fasting blood glucose: a systematic review and meta-analysis [J/OL]. Environ Pollut, 2020, 258 [2024-06-13]. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113589.

[16] KIM M K, HAN K, KOH E S, et al. Cumulative exposure to impaired fasting glucose and future risk of type 2 diabetes mellitus [J/OL]. Diabetes Res Clin Pract, 2021, 175 [2024-06-13]. https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.108799.

[17] ZHANG S Q, MWIBERI S, PICKFORD R, et al. Longitudinal associations between ambient air pollution and insulin sensitivity: results from the KORA cohort study [J]. Lancet Planet Health, 2021, 5 (1): 39-49.

[18] LI H C, CAI J, CHEN R J, et al. Particulate matter exposure and stress hormone levels: a randomized, double-blind, crossover trial of air purification [J]. Randomized Controlled Trial, 2017, 136 (7): 618-627.

[19] RAJAGOPALAN S, BROOK R D. Air pollution and type 2 diabetes: mechanistic insights [J]. Diabetes, 2012, 61 (12): 3037-3045.

[20] LIU C Q, YING Z K, HARKEMA J, et al. Epidemiological and experimental links between air pollution and type 2 diabetes [J]. Toxicol Pathol, 2013, 41 (2): 361-373.

[21] BALASUBRAMANIAN P, SIRIVELU M P, WEISS K A, et al. Differential effects of inhalation exposure to $PM_{2.5}$ on hypothalamic monoamines and corticotrophin releasing hormone in lean and obese rats [J]. Neurotoxicology, 2013, 36: 106-111.

[22] LI L Y, YANG A M, HE X T, et al. Indoor air pollution from solid fuels and hypertension: a systematic review and meta-analysis [J/OL]. Environ Pollut, 2020, 259 [2024-06-13]. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113914.

[23] AGRAWAL S, YAMAMOTO S. Effect of Indoor air pollution from biomass and solid fuel combustion on symptoms of preeclampsia/eclampsia in Indian women [J]. Indoor Air, 2015, 25 (3): 341-352.

[24] LIN L, WANG H H X, LIU Y W, et al. Indoor solid fuel use for heating and cooking with blood pressure and hypertension: a cross-sectional study among middle-aged and older adults in China [J]. Indoor Air, 2021, 31 (6): 2158-2166.

[25] 刘之光, 刘炜达, 宋若齐, 等. 中国城乡地区烹饪用燃料和高血压患病率的关联 [J]. 中国循环杂志, 2022, 37 (1): 69-75.

[26] 古羽舟, 马文军, 刘涛, 等. 广东省农村地区使用生物燃料与女性高血压关系的多水平模型分析 [J]. 中华流行病学杂志, 2014, 35 (8): 901-904.

[27] BAUMGARTNER J, CARTER E, SCHAUER J J, et al. Household air pollution and measures of blood pressure, arterial stiffness and central haemodynamics [J]. Heart, 2018, 104 (18): 1515-1521.

[28] DU W, WANG J Z, ZHANG S S, et al. Impacts of Chinese spring festival on household $PM_{2.5}$ pollution and blood pressure of rural residents [J]. Indoor Air, 2021, 31 (4): 1072-1083.

[29] BAUMGARTNER J, ZHANG Y X, SCHAUER J J, et al. Highway proximity and black carbon from cookstoves as a risk factor for higher blood pressure in rural China [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2014, 111 (36): 13229-13234.

[30] BROOK R D, RAJAGOPALAN S, POPE C A 3rd, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association [J]. Circulation, 2010, 121 (21): 2331-2378.

[31] DONALDSON K, STONE V, SEATON A, et al. Ambient particle inhalation and the cardiovascular system: potential mechanisms [J]. Environ Health Perspect, 2001, 109 (Suppl.4): 523-527.

[32] CROWLEY S D. The cooperative roles of inflammation and oxidative stress in the pathogenesis of hypertension [J]. Antioxid Redox Signal, 2014, 20 (1): 102-120.

[33] FENG R, XU H M, HE K L, et al. Effects of domestic solid fuel combustion emissions on the biomarkers of homemakers in rural areas of the Fenwei Plain, China [J/OL] .Ecotoxicol Environ Saf, 2021, 214 [2024-06-13]. https://doi. org / 10.1016 / j. ecoenv.2021.112104.

[34] SHI W M, ZHANG T T, LI Y Z, et al. Association between household air pollution from solid fuel use and risk of chronic diseases and their multimorbidity among Chinese adults [J/OL]. Environ Int, 2022, 170 [2024-06-13]. https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107635.

[35] 苏旭, 王艺颖, 李雪娇, 等. 家庭烹饪燃料和环境与高血压发病的前瞻性研究 [J]. 现代预防医学, 2022, 49 (15): 2718-2723.

[36] RAUFMAN J, BLANSKY D, LOUNSBURY D W, et al. Environmental health literacy and household air pollution-associated symptoms in Kenya: a cross-sectional study [J]. Environ Health, 2020, 19 (1): 89-94.

收稿日期：2024-03-28 **修回日期**：2024-06-13 **本文编辑**：徐文璐

（上接第678页）

应用 [J]. 中国艾滋病性病, 2023, 29 (11): 1167-1171.

[17] World Health Organization.Pre-exposure prophylaxis (PrEP) [EB/OL]. [2024-06-26] .https://www.who.int/teams/global-hiv-hepatitis-and-stis-programmes/hiv/prevention/pre-exposure-prophylaxis.

[18] World Health Organization.Policy brief: consolidated guidelines on HIV prevention, diagnosis, treatment and care for key populations [EB/OL]. [2024-06-26] .https://www.who.int/hiv/pub/toolkits/keypopulations/en/.

[19] GRULICH A E, GUY R, AMIN J, et al.Population-level effectiveness of rapid, targeted, high-coverage roll-out of HIV pre-exposure prophylaxis in men who have sex with men: the EPIC-NSW prospective cohort study [J] .Lancet HIV, 2018, 5 (11): 629-637.

[20] 孙武, 蔡卫平, 李凌华. 我国男男性行为人群 HIV 非职业暴露后预防的研究进展 [J]. 中国热带医学, 2023, 23 (3): 314-318.

[21] 吴韶彬, 陈亮, 连巧龄, 等 .2013 年福建省流动人口艾滋病相关知识行为调查 [J]. 预防医学论坛, 2016, 22 (6) : 425-427.

[22] 李颖, 姚纯, 王华东, 等. 颍上县流动人口艾滋病梅毒及丙肝知识调查分析 [J]. 安徽预防医学杂志, 2013, 19 (4): 243-246.

[23] 王瑾, 商美丽, 张展, 等. 上海市浦东新区建筑工地外来男工安全性行为干预研究 [J]. 中国艾滋病性病, 2015, 21 (12): 1052-1054.

[24] 杨中荣, 李婧, 刘小琦, 等. 湖州市男性外来务工人员非婚性行为安全套使用情况调查 [J]. 预防医学, 2021, 33 (3): 268-270.

收稿日期：2024-04-09 **修回日期**：2024-06-26 **本文编辑**：徐亚慧