

· 论 著 ·

瘦型非酒精性脂肪性肝病的影响因素分析

陆凤, 徐彬, 庞丽丽

湖州市中心医院感染科, 浙江 湖州 313000

摘要: **目的** 研究瘦型非酒精性脂肪性肝病 (NAFLD) 的影响因素, 为瘦型 NAFLD 的防治提供参考。**方法** 于 2023 年 1 月 1 日—2024 年 3 月 31 日, 在湖州市中心医院体检者中, 采用方便抽样法抽取体质指数 (BMI) <23 kg/m² 的体检者进行调查。通过问卷收集人口学信息、生活方式、饮食习惯和健康体检资料; 采用腹部超声和 BMI 评估瘦型 NAFLD。采用多因素 logistic 回归模型分析瘦型 NAFLD 的影响因素。**结果** 调查 627 人, BMI 为 (20.83±2.01) kg/m²。男性 349 人, 占 55.66%; 女性 278 人, 占 44.34%。检出瘦型 NAFLD 74 例, 检出率为 11.80%。多因素 logistic 回归分析结果显示, BMI (*OR*=1.830, 95%*CI*: 1.165~2.869)、性别 (男, *OR*=2.615, 95%*CI*: 1.402~4.875)、三酰甘油 (*OR*=3.062, 95%*CI*: 1.613~5.812)、丙氨酸氨基转移酶 (*OR*=1.587, 95%*CI*: 1.106~2.277)、蔬果摄入 (150~300 g/d, *OR*=0.416, 95%*CI*: 0.230~0.752; >300 g/d, *OR*=0.303, 95%*CI*: 0.141~0.649)、奶制品摄入 (≥300 mL/d, *OR*=0.369, 95%*CI*: 0.195~0.701) 和含糖饮料摄入 (1~250 mL/d, *OR*=1.601, 95%*CI*: 1.071~2.393; >250 mL/d, *OR*=2.438, 95%*CI*: 1.363~4.354) 是瘦型 NAFLD 的影响因素。**结论** 瘦型 NAFLD 与 BMI、性别、三酰甘油、丙氨酸氨基转移酶及蔬果、奶制品、含糖饮料摄入有关。

关键词: 瘦型非酒精性脂肪性肝病; 体质指数; 影响因素

中图分类号: R575.5 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087 (2024) 11-0953-05

Influencing factors for lean non-alcoholic fatty liver disease

LU Feng, XU Bin, PANG Lili

Department of Infectious Diseases, Huzhou Central Hospital, Huzhou, Zhejiang 313000, China

Abstract: Objective To investigate the factors affecting lean non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD), so as to provide the reference for the prevention and treatment of lean NAFLD. **Methods** Individuals who underwent physical examination at Huzhou Central Hospital from January 1, 2023 to March 31, 2024 and had a body mass index (BMI) <23 kg/m² was selected. Demographic information, lifestyle behaviors, dietary habits and physical examination data were collected through questionnaire surveys. Lean NAFLD was assessed using abdominal ultrasonography combined with BMI. Factors affecting lean NAFLD were analyzed by using a multivariable logistic regression model. **Results** A total of 627 individuals were surveyed, with a mean BMI of (20.83±2.01) kg/m². There were 349 males (55.66%) and 278 females (44.34%). Lean NAFLD was detected in 74 cases, with a detection rate of 11.80%. Multivariable logistic regression analysis identified BMI (*OR*=1.830, 95%*CI*: 1.165~2.869), gender (male, *OR*=2.615, 95%*CI*: 1.402~4.875), triglycerides (*OR*=3.062, 95%*CI*: 1.613~5.812), alanine aminotransferase (*OR*=1.587, 95%*CI*: 1.106~2.277), vegetable and fruit intake (150~300 g/d, *OR*=0.416, 95%*CI*: 0.230~0.752; >300 g/d, *OR*=0.303, 95%*CI*: 0.141~0.649), dairy product intake (≥300 mL/d, *OR*=0.369, 95%*CI*: 0.195~0.701) and sugared beverage intake (1~250 mL/d, *OR*=1.601, 95%*CI*: 1.071~2.393; >250 mL/d, *OR*=2.438, 95%*CI*: 1.363~4.354) as factors affecting lean NAFLD. **Conclusion** The risk of lean NAFLD is associated with BMI, gender, triglyceride, alanine aminotransferase, and the vegetable and fruit, dairy product and sugared beverage intake.

Keywords: lean non-alcoholic fatty liver disease; body mass index; influencing factor

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2024.11.008

作者简介: 陆凤, 本科, 主管医师, 主要从事慢性病防控工作

通信作者: 庞丽丽, E-mail: fangping0201@163.com

非酒精性脂肪性肝病 (non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD) 是一种代谢紊乱性疾病, 为慢性肝病常见的病因之一, 全球患病率为 25%^[1]。NAFLD 的发生常与肥胖相关^[2], 但瘦型 NAFLD 的患病率呈上升趋势^[3]。与肥胖的 NAFLD 患者相比, 瘦型 NAFLD 患者代谢表型较轻, 但疾病进展更快、死亡率更高^[4]。有研究显示, 瘦型 NAFLD 患者并发心血管病、代谢性疾病和恶性肿瘤的风险较肥胖患者更高^[5]。了解瘦型 NAFLD 的影响因素, 有助于发现高危人群并早期干预, 延缓 NAFLD 进展, 改善患者预后。本研究分析湖州市中心医院体检者瘦型 NAFLD 的影响因素, 为瘦型 NAFLD 的防治提供参考。

1 对象与方法

1.1 对象

选择 2023 年 1 月 1 日—2024 年 3 月 31 日湖州市中心医院体检者为调查对象。纳入标准: 年龄 ≥ 18 岁; 体质指数 (BMI) $< 23 \text{ kg/m}^2$; 接受腹部 B 超检查与实验室检查; 临床资料完整。排除标准: 有慢性肝脏疾病史者 (慢性肝炎、肝癌和自身免疫性肝病等); 有慢性病长期用药者; 经常大量饮酒者 (男性饮酒 $> 140 \text{ g/周}$, 女性 $> 70 \text{ g/周}$); 乙型肝炎病毒表面抗原阳性者或血吸虫肝病者; 合并严重的心、脑、肾等脏器病变者; 妊娠期、哺乳期女性; 有精神疾病或视力、听力障碍者。本研究通过湖州市中心医院医学伦理委员会审查, 审批号: 2023030801。调查对象均签署知情同意书。

1.2 方法

参考文献 [1, 3] 自制调查问卷, 通过现场调查和医院信息系统收集调查对象相关资料: (1) 人口学信息, 性别、年龄、文化程度、居住地和婚姻状况等; (2) 生活方式及疾病史, 吸烟、饮酒、睡眠时间、高血压、糖尿病和高尿酸血症等; (3) 饮食习惯, 蔬果、奶制品和含糖饮料的摄入量等; (4) 健康体检资料, 身高、体重、三酰甘油 (TG)、总胆固醇 (TC)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C)、丙氨酸氨基转移酶 (ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶 (AST) 和超敏 C 反应蛋白 (hsCRP) 等。吸烟指吸烟 ≥ 1 支/d, 持续时间 ≥ 6 个月。饮酒指饮酒 ≥ 2 次/周, 持续时间 ≥ 6 个月。

1.3 瘦型 NAFLD 评估

参照《非酒精性脂肪性肝病防治指南》(2018 年

更新版)^[6] 中的腹部超声诊断标准: (1) 肝区近场回声弥漫性增强 (“明亮肝”), 回声强于肾脏; (2) 肝内管道结构显示不清; (3) 肝区远场回声逐渐衰减。具备上述 2 项及以上诊断为 NAFLD。参照 2022 年美国胃肠病协会更新的《瘦型 NAFLD 诊断与管理临床实践》, 瘦型 NAFLD 定义为 BMI $< 23 \text{ kg/m}^2$ (亚洲人群) 或 BMI $< 25 \text{ kg/m}^2$ (非亚洲人群) 并诊断为 NAFLD 的个体^[5]。

1.4 统计分析

采用 SPSS 23.0 软件统计分析。定量资料服从正态分布的采用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 描述, 组间比较采用 t 检验; 定性资料采用相对数描述, 组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 logistic 回归模型分析瘦型 NAFLD 的影响因素。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况

发放问卷 650 份, 回收有效问卷 627 份, 问卷有效率为 96.46%。BMI 为 $(20.83 \pm 2.01) \text{ kg/m}^2$ 。男性 349 人, 占 55.66%; 女性 278 人, 占 44.34%。年龄为 (35.69 ± 7.74) 岁。居住在城市 518 人, 占 82.62%; 农村 109 人, 占 17.38%。文化程度以大专及以上为主, 379 人占 60.45%。吸烟 112 人, 占 17.86%。饮酒 121 人, 19.30%。

2.2 瘦型 NAFLD 的单因素分析

检出瘦型 NAFLD 74 例, 检出率为 11.80%。NAFLD 组 BMI、年龄、吸烟比例、饮酒比例、睡眠时间 $< 6 \text{ h}$ 比例、高血压比例、糖尿病比例、含糖饮料摄入 $> 250 \text{ mL/d}$ 比例、TG、TC、ALT、AST、hsCRP 和 LDL-C 高于非 NAFLD 组; 女性比例、蔬果摄入 $> 300 \text{ g/d}$ 比例、奶制品摄入 $\geq 300 \text{ mL/d}$ 比例和 HDL-C 低于非 NAFLD 组 (均 $P < 0.05$)。见表 1。

2.3 瘦型 NAFLD 影响因素的多因素 logistic 回归分析

以瘦型 NAFLD 为因变量 (0=否, 1=是), 以单因素分析中有统计学意义的变量为自变量进行多因素 logistic 回归分析。结果显示, BMI, 性别, 蔬果、奶制品和含糖饮料摄入, TG 和 ALT 水平是瘦型 NAFLD 的影响因素。见表 2。

3 讨论

本研究 627 名调查对象瘦型 NAFLD 检出率为 11.80%, 与既往研究结果^[7] 基本一致, 且瘦型 NAFLD 在亚洲人群中更常见^[8]。不健康的生活方

表1 瘦型NAFLD的单因素分析
Table 1 Univariable analysis of lean NAFLD

项目	非NAFLD组 (n=553)	NAFLD组 (n=74)	t/χ ² 值	P值	项目	非NAFLD组 (n=553)	NAFLD组 (n=74)	t/χ ² 值	P值
BMI/ (kg/m ²)	20.18±1.49	21.64±1.17	8.099 ^①	<0.001	是	38 (6.87)	10 (13.51)		
性别			10.188	<0.001	糖尿病			4.025	0.045
女	258 (46.65)	20 (27.03)			否	530 (95.84)	67 (90.54)		
男	295 (53.35)	54 (72.97)			是	23 (4.16)	7 (9.46)		
年龄/岁	34.63±7.52	37.22±5.39	2.865 ^①	0.005	高尿酸血症			2.747	0.097
居住地			1.049	0.306	否	541 (97.83)	70 (94.59)		
城市	460 (83.18)	58 (78.38)			是	12 (2.17)	4 (5.41)		
农村	93 (16.82)	16 (21.62)			蔬果摄入/ (g/d)			31.659	<0.001
文化程度			5.250	0.072	<150	147 (26.58)	42 (56.76)		
初中及以下	46 (8.32)	12 (16.22)			150~	181 (32.73)	21 (28.38)		
高中/中专	167 (30.20)	23 (31.08)			>300	225 (40.69)	11 (14.86)		
大专及以上	340 (61.48)	39 (52.70)			奶制品摄入/ (mL/d)			27.422	<0.001
婚姻状况			1.918	0.166	<300	310 (56.06)	65 (87.84)		
未婚/离异/丧偶	218 (39.42)	23 (31.08)			≥300	243 (43.94)	9 (12.16)		
已婚	335 (60.58)	51 (68.92)			含糖饮料摄入/ (mL/d)			20.246	<0.001
吸烟			4.803	0.028	0	164 (29.66)	11 (14.86)		
否	461 (83.36)	54 (72.97)			1~	349 (63.11)	47 (63.52)		
是	92 (16.64)	20 (27.03)			>250	40 (7.23)	16 (21.62)		
饮酒			5.862	0.016	TG/ (mmol/L)	1.92±0.59	3.28±0.67	18.315 ^①	<0.001
否	454 (82.10)	52 (70.27)			TC/ (mmol/L)	4.85±0.44	5.20±0.49	6.338 ^①	<0.001
是	99 (17.90)	22 (29.73)			ALT/ (U/L)	34.29±6.38	44.05±6.93	12.231 ^①	<0.001
睡眠时间/ (h/d)			4.499	0.034	AST/ (U/L)	25.81±3.04	28.69±3.12	7.629 ^①	<0.001
≥6	512 (92.59)	63 (85.14)			hsCRP/ (mg/L)	3.69±0.72	4.14±0.83	4.955 ^①	<0.001
<6	41 (7.41)	11 (14.86)			HDL-C/ (mmol/L)	1.83±0.36	1.62±0.31	4.785 ^①	<0.001
高血压			4.072	0.044	LDL-C/ (mmol/L)	2.86±0.49	3.11±0.60	4.007 ^①	0.001
否	515 (93.13)	64 (86.49)							

注：^①为t值，同列其他项为χ²值。

表2 瘦型NAFLD影响因素的多因素logistic回归分析
Table 2 Multivariable logistic regression analysis of factors affecting lean NAFLD

变量	参照组	β	s _x	Wald χ ² 值	P值	OR值	95%CI
BMI		0.604	0.230	6.896	0.009	1.830	1.165~2.869
性别							
男	女	0.961	0.318	9.133	0.001	2.615	1.402~4.875
蔬果摄入/ (g/d)							
150~	<150	-0.877	0.302	8.433	0.004	0.416	0.230~0.752
>300		-1.194	0.389	9.448	<0.001	0.303	0.141~0.649
含糖饮料摄入/ (mL/d)							
1~	0	0.471	0.205	5.278	0.024	1.601	1.071~2.393
>250		0.891	0.296	9.061	0.001	2.438	1.363~4.354
奶制品摄入/ (mL/d)							
≥300	<300	-0.996	0.327	9.277	<0.001	0.369	0.195~0.701
TG		1.119	0.327	11.710	<0.001	3.062	1.613~5.812
ALT		0.462	0.184	6.304	0.013	1.587	1.106~2.277
常量		12.010	2.159	30.943	<0.001		

式和饮食结构加速了瘦型 NAFLD 的流行^[9], 应引起重视。

男性瘦型 NAFLD 风险是女性的 2.615 倍。相比女性, 男性具有更多的内脏脂肪和异位脂肪, 发生瘦型 NAFLD 的风险更高^[10]。女性体内雌激素具有抗脂肪、抗氧化和抗纤维化的特性, 对肝脏有保护作用; 雌激素还可以调节能量稳态, 增强胰岛素敏感性, 预防肝脏脂肪堆积^[11]。当 BMI < 23 kg/m², BMI 越高, 瘦型 NAFLD 风险越高。虽然瘦型 NAFLD 患者的 BMI 较低, 但多存在内脏脂肪性肥胖^[12], 内脏脂肪能抵抗胰岛素并产生更多的游离脂肪酸, 从而促进肝脏脂肪的生成^[13-14]。此外, 体重增加会促进瘦型 NAFLD 发生, 特别是青年到中年时期的体重增加^[15]。

在血脂、肝功能指标方面, TG 和 ALT 水平升高会增加瘦型 NAFLD 风险。肝脏将游离脂肪酸转化为 TG, 再与载脂蛋白结合为低密度脂蛋白和极低密度脂蛋白, 并在肝内蓄积促使脂肪肝发生。有研究显示合并高 TG 血症的患者脂肪肝患病率比正常人群高 4~5 倍^[16]。ALT 是肝细胞损伤的特异性标志物, 与肝脏炎症相关^[17]。慢性炎症可进一步诱导肝脏脂肪变性与胰岛素抵抗, 促进 NAFLD 的发展^[18]。ALT 对 NAFLD 和肝纤维化的诊断具有较高的临床价值, 伴 ALT 升高的 NAFLD 患者后期发生肝硬化的风险远高于 ALT 正常的患者^[19]。

在饮食习惯方面, 增加蔬果和奶制品的摄入量可降低瘦型 NAFLD 风险, 而增加含糖饮料的摄入量则可能升高瘦型 NAFLD 风险。地中海饮食是目前公认对 NAFLD 有益的健康饮食结构, 蔬菜与水果摄入量, 有利于补充抗氧化剂和抗炎营养素, 增强胰岛素敏感性, 减缓肝脏脂肪变性的发展^[20]。动物研究发现, 奶制品可通过下调 TG 水平来改善肝脏脂质积累, 并可改善 NAFLD 小鼠肠道菌群结构和多样性, 提高物质代谢和能量代谢水平^[21]。此外, 酸奶中的益生菌具有抗炎、抗氧化和免疫调节的作用, 对预防 NAFLD 的发生具有积极作用^[22]。相反, 摄入过多含糖饮料, 会导致内脏脂肪组织增加与肝脏脂肪堆积, 增加 NAFLD 的发生风险^[23]。

综上所述, BMI < 23 kg/m² 的人群瘦型 NAFLD 的风险不容忽视, BMI, 性别, 蔬果、奶制品与含糖饮料摄入, TG 和 ALT 水平是瘦型 NAFLD 的主要影响因素。减少内脏脂肪、控制体重增加和培养健康的饮食习惯有助于预防瘦型 NAFLD 的发生。

参考文献

- [1] LI J, ZOU B Y, YEO Y H, et al. Prevalence, incidence, and outcome of non-alcoholic fatty liver disease in Asia, 1999–2019: a systematic review and meta-analysis [J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2019, 4 (5): 389–398.
- [2] 罗平平, 诸伟红, 邹菁, 等. 非酒精性脂肪性肝病患者疾病感知及影响因素分析 [J]. *预防医学*, 2022, 34 (3): 222–226.
- [3] 孟怡媚, 邱轩, 李钰, 等. 瘦型非酒精性脂肪性肝病研究进展 [J]. *中西医结合肝病杂志*, 2023, 33 (7): 654–659.
- [4] ZOU B Y, YEO Y H, NGUYEN V H, et al. Prevalence, characteristics and mortality outcomes of obese, nonobese and lean NAFLD in the United States, 1999–2016 [J]. *J Intern Med*, 2020, 288 (1): 139–151.
- [5] LONG M T, NOUREDDIN M, LIM J K. AGA clinical practice update: diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease in lean individuals: expert review [J]. *Gastroenterology*, 2022, 163 (3): 764–774.
- [6] 中华医学会肝病学会脂肪肝和酒精性肝病学组, 中国医师协会脂肪性肝病专家委员会. 非酒精性脂肪性肝病防治指南 (2018 年更新版) [J]. *临床肝胆病杂志*, 2018, 34 (5): 947–957.
- [7] NAVARROZA A M C, WONG S N. Comparison of clinical and metabolic profiles of lean versus non-lean nonalcoholic fatty liver disease [J]. *Indian J Gastroenterol*, 2021, 40 (4): 380–388.
- [8] 张瑜娟, 周希乔. 瘦型非酒精性脂肪性肝病的研究进展 [J]. *临床肝胆病杂志*, 2023, 39 (12): 2914–2919.
- [9] HU P F, ZENG X, ZOU Z Y, et al. The presence of NAFLD in nonobese subjects increased the risk of metabolic abnormalities than obese subjects without NAFLD: a population-based cross-sectional study [J]. *Hepatobiliary Surg Nutr*, 2021, 10 (6): 811–824.
- [10] NARISADA A, SHIBATA E, HASEGAWA T, et al. Sex differences in the association between fatty liver and type 2 diabetes incidence in non-obese Japanese: a retrospective cohort study [J]. *J Diabetes Investig*, 2021, 12 (8): 1480–1489.
- [11] 王海强, 李冰琪, 周千瑶, 等. 雌激素对绝经期女性非酒精性脂肪肝病影响的研究进展 [J]. *医学研究杂志*, 2023, 52 (11): 1–5.
- [12] KUCHAY M S, MARTINEZ-MONTORO J I, CHOUDHARY N S, et al. Non-alcoholic fatty liver disease in lean and non-obese individuals: current and future challenges [J/OL]. *Biomedicines*, 2021 [2024-08-23]. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9101346>.
- [13] 高秋爽, 马爱江, 成丽岚, 等. 老年体检人群非酒精性脂肪肝病的患病情况及相关因素分析 [J]. *实用预防医学*, 2022, 29 (9): 1102–1105.
- [14] 周瑞芬, 杜秋菊, 姚国萍, 等. 杭州市 45~69 岁人群非酒精性脂肪性肝病与 2 型糖尿病相关性研究 [J]. *预防医学*, 2020, 32 (8): 809–812.
- [15] ESLAM M, FAN J G, MENDEZ-SANCHEZ N. Non-alcoholic fatty liver disease in non-obese individuals: the impact of metabolic health [J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2020, 5 (8): 713–715.
- [16] 李军祥, 陈諳, 王允亮. 非酒精性脂肪性肝病中西医结合诊疗

- 共识意见 (2017 年) [J]. 中国中西医结合消化杂志, 2017, 25 (11): 805-811.
- [17] 刘珊珊, 陆忠华. ALT 水平正常的慢性乙型肝炎患者的血清学特征及肝组织病理学分析 [J]. 临床肝胆病杂志, 2024, 40 (5): 940-945.
- [18] 康艳. 肝功能、血脂、血糖联合检测应用于非酒精性脂肪肝患者病情评估的价值 [J]. 临床医学, 2023, 43 (2): 47-49.
- [19] LEE J H, BAEK S Y, JANG E J, et al. Oxysveratrol ameliorates nonalcoholic fatty liver disease by regulating hepatic lipogenesis and fatty acid oxidation through liver kinase B1 and AMP-activated protein kinase [J]. Chem Biol Interact, 2018, 289 (3): 68-74.
- [20] 唐英琪, 李英, 田坚. 2 型糖尿病患者合并非酒精性脂肪性肝病的影响因素分析 [J]. 预防医学, 2021, 33 (3): 292-294.
- [21] DAI W, LIU H Y, ZHANG T J, et al. Dairy product consumption was associated with a lower likelihood of non-alcoholic fatty liver disease: a systematic review and meta-analysis [J/OL]. Front Nutr, 2023 [2024-08-23]. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1119118>.
- [22] HAO S Q, MING L, LI Y F, et al. Modulatory effect of camel milk on intestinal microbiota of mice with non-alcoholic fatty liver disease [J/OL]. Front Nutr, 2022, 9 [2024-08-23]. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1072133>.
- [23] AHADI M, MOLOOGHI K, MASOUDIFAR N, et al. A review of non-alcoholic fatty liver disease in non-obese and lean individuals [J]. J Gastroenterol Hepatol, 2021, 36 (6): 1497-1507.

收稿日期: 2024-05-23 修回日期: 2024-08-23 本文编辑: 高碧玲

(上接第 952 页)

本研究存在一定局限性。采用环境监测站 PM_{2.5} 质量浓度代表个体暴露水平, 在评估健康效应时可能存在偏差。其他大气污染物可能与 PM_{2.5} 存在交互作用, 影响评估模型的稳定性。未来研究应进一步考虑这些因素以提高评估的准确性。

参考文献

- [1] World Health Organization. Ambient (outdoor) air pollution [EB/OL]. [2024-10-07]. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- [2] WANG Y Z, WANG Y F, XU H, et al. Ambient air pollution and socioeconomic status in China [J/OL]. Environ Health Perspect, 2022, 130 (6) [2024-10-07]. <https://doi.org/10.1289/EHP9872>.
- [3] 徐珊珊, 吕焯, 刘卫艳, 等. 大气 PM_{2.5} 污染对淳安县居民呼吸系统疾病和症状的影响 [J]. 预防医学, 2021, 33 (10): 988-993.
- [4] LI T T, ZHANG Y, JIANG N, et al. Ambient fine particulate matter and cardiopulmonary health risks in China [J]. Chin Med J (Engl), 2023, 136 (3): 287-294.
- [5] 李朝康, 龚科米, 吕焯, 等. 杭州市大气污染对居民死亡的影响研究 [J]. 预防医学, 2023, 35 (1): 11-16.
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 大气污染人群健康风险评估技术规范: WS/T 666-2019 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [7] 中华人民共和国环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局. 环境空气质量标准: GB 3095-2012 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [8] 张开月, 金武, 姚庆兵, 等. 扬州市空气细颗粒物与居民死亡关系的时间序列分析 [J]. 南通大学学报 (医学版), 2019, 39 (4): 299-301.
- [9] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知 [EB/OL]. [2024-10-07]. https://www.gov.cn/jzwgk/2013-09/12/content_2486773.htm.
- [10] 陈志永, 易仁玲, 陈小岳, 等. 2015—2021 年常州市大气 PM_{2.5} 暴露对人群超额死亡的风险评估 [J]. 实用预防医学, 2024, 31 (6): 641-645.
- [11] 何智敏, 曹子轩, 许滋宁, 等. 南通市大气 PM_{2.5} 污染所致人群超额死亡风险评估 [J]. 环境与健康杂志, 2021, 38 (2): 152-156.
- [12] 黄德生, 张世秋. 京津冀地区控制 PM_{2.5} 污染的健康效益评估 [J]. 中国环境科学, 2013, 33 (1): 166-174.
- [13] 何晓庆, 罗进斌, 王小红, 等. 金华市大气污染物短期暴露对居民死亡和寿命损失年的影响 [J]. 预防医学, 2024, 36 (5): 383-387.
- [14] 王秦, 李焯焯, 陈晨, 等. 我国雾霾天气 PM_{2.5} 污染特征及其对人群健康的影响 [J]. 中华医学杂志, 2013, 93 (34): 2691-2694.
- [15] 陈菁, 彭金龙, 徐彦森. 北京市 2014—2020 年 PM_{2.5} 和 O₃ 时空分布与健康效应评估 [J]. 环境科学, 2021, 42 (9): 4071-4082.
- [16] 孙凤霞, 熊丽林, 杨华凤, 等. 2013—2019 年南京市大气 PM_{2.5} 短期暴露对人群超额死亡风险评估 [J]. 中华疾病控制杂志, 2021, 25 (11): 1257-1263.
- [17] 江文斌, 鲁柯柯, 何加芬, 等. 2016—2020 年南昌市大气 PM_{2.5} 短期暴露对人群循环系统疾病超额死亡的风险评估 [J]. 环境卫生学杂志, 2023, 13 (4): 280-285.

收稿日期: 2024-08-27 修回日期: 2024-10-07 本文编辑: 古兰芳