

· 论著 ·

绝经后女性内脏脂肪指数与心血管疾病的关联性分析：前瞻性队列研究

范转转^{ID}，李文婷，马国亮^{*}

210003 江苏省南京市疾病预防控制中心

^{*} 通信作者：马国亮，副研究员；E-mail: guoliang77899@163.com

【摘要】 背景 心血管疾病是威胁女性健康的主要疾病之一，而绝经后女性是心血管疾病的高危人群。绝经后雌激素水平的下降可能促进内脏脂肪的积累，而内脏脂肪的增加与胰岛素抵抗、慢性炎症反应以及脂质代谢紊乱紧密相关，这可能会提高心血管疾病的风险。然而，目前关于内脏脂肪指数与绝经后女性心血管疾病之间联系的研究相对较少。**目的** 探索绝经后女性内脏脂肪指数（CVAI）与心血管疾病之间的关系，为绝经后女性心血管疾病的预防提供借鉴。**方法** 基于中国健康与养老追踪调查（CHARLS）2015—2020年数据，纳入2015年基线无心血管疾病年龄 ≥ 45 岁绝经后女性4 743人，将参与对象基线CVAI作为暴露因素，将2018年、2020年发生心血管疾病作为结局事件，采用Cox比例风险回归模型分析CVAI与心血管疾病的关系，采用限制性立方样条（RCS）分析评估剂量反应关系。**结果** 随访至2020年，4 743名绝经后女性心血管疾病、心脏病、卒中的发病率分别为20.2%（958/4 743）、13.6%（645/4 743）、8.3%（393/4 743）。研究对象基线CVAI的四分位数Q1、Q2、Q3、Q4分别为 ≤ 84.78 、（84.78~108.49】、（108.49~132.01】、 >132.01 。调整混杂因素后，Cox比例风险回归模型结果显示，以CVAI Q1组为参照，Q3、Q4组绝经后女性心血管疾病的发生风险分别增加69%（ $HR=1.69$ ，95% $CI=1.29\sim 2.21$ ）、82%（ $HR=1.82$ ，95% $CI=1.38\sim 2.14$ ）；卒中的发生风险分别增加76%（ $HR=1.76$ ，95% $CI=1.10\sim 2.82$ ）、95%（ $HR=1.95$ ，95% $CI=1.21\sim 3.14$ ）；心脏病的发生风险分别增加57%（ $HR=1.57$ ，95% $CI=1.14\sim 2.15$ ）、68%（ $HR=1.68$ ，95% $CI=1.21\sim 2.33$ ）。RCS分析发现CVAI与心血管疾病、心脏病、卒中发生风险之间均存在剂量-反应关系（ $P<0.05$ ）。亚组分析结果表明，CVAI与CVD心血管疾病发生风险的关联性在年龄 <65 岁、 ≥ 65 岁、 $BMI<24.35\text{ kg/m}^2$ 、农村绝经后女性中均显著（ $P<0.05$ ）。**结论** CVAI升高显著增加绝经后女性心血管疾病的发病风险，尤其BMI较低及农村人群中，应针对这些亚群加强内脏肥胖的监测与管理，以降低心血管疾病发生风险。

【关键词】 心血管疾病；内脏脂肪指数；冠心病；卒中；绝经后女性

【中图分类号】 R 54 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2025.0117

Relationship Between the Chinese Visceral Adipose Index and Cardiovascular Disease in Postmenopausal Women: a Prospective Cohort Study

FAN Zhuanzhuan, LI Wenting, MA Guoliang^{*}

Nanjing Municipal Center for Disease Control and Prevention, Nanjing 210003, China

^{*}Corresponding author: MA Guoliang, Associate professor; E-mail: guoliang77899@163.com

【Abstract】 Background Cardiovascular disease (CVD) is a major threat to the health of women, particularly postmenopausal women, who are at higher risk. The reduction in estrogen levels following menopause may contribute to visceral fat accumulation, which is closely linked to insulin resistance, chronic inflammation, and lipid metabolism disorders, potentially increasing the risk of CVD. However, the relationship between visceral fat index and CVD risk in this population remains insufficiently explored. **Objective** To explore the relationship between Chinese visceral adipose index (CVAI) and CVD in postmenopausal women, and thereby provide information on the prevention of CVD in this high-risk population. **Methods**

基金项目：南京市卫生科技发展专项资金项目（YKK22195）

引用本文：范转转，李文婷，马国亮. 绝经后女性内脏脂肪指数与心血管疾病的关联性分析：前瞻性队列研究[J]. 中国全科医学，2025. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2025.0117.

FAN Z Z, LI W T, MA G L. Relationship between the Chinese visceral adipose index and cardiovascular disease in postmenopausal women: a prospective cohort study [J]. Chinese General Practice, 2025.

© Editorial Office of Chinese General Practice. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license.

Based on the data of China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) from 2015 to 2020, we enrolled 4 743 postmenopausal women free of CVD at baseline (2015). The CVAI at baseline was used as the exposure, while incident CVD events during follow-up (2018 and 2020) served as the outcome. Cox proportional hazards regression models were employed to assess the association between CVAI and CVD risk. Restricted cubic spline (RCS) analysis was further applied to evaluate potential dose-response relationships. **Results** At the end of the follow-up period, the incidence rates of CVD, heart disease, and stroke among the 4 743 postmenopausal women were 20.2% (958/4 743), 13.6% (645/4 743), 8.3% (393/4 743), respectively. The participants were stratified into quartiles (Q1 - Q4) based on their baseline CVAI levels, with the following cutoff values: Q1 (≤ 84.78), Q2 (84.78~108.49], Q3 (108.49~132.01], and Q4 (>132.01). After adjustment for confounding factors, Cox proportional hazards regression showed that compared to the Q1 reference group, women in the CVAI Q3 and Q4 groups faced significantly elevated risks, the risk of CVD increased by 69% ($HR=1.69$, $95\%CI=1.29-2.21$) in Q3 and 82% ($HR=1.82$, $95\%CI=1.38-2.14$) in Q4, the risk of stroke increased by 76% ($HR=1.76$, $95\%CI=1.10-2.82$) in Q3, 95% ($HR=1.95$, $95\%CI=1.21-3.14$) in Q4 ($HR=1.06$, $95\%CI=1.01-1.10$), and the risk of heart disease increased by 57% ($HR=1.57$, $95\%CI=1.14-2.15$) in Q3, and 68% ($HR=1.68$, $95\%CI=1.21-2.33$) in Q4, respectively. RCS analysis confirmed dose-response relationships between CVAI and risks of CVD, heart disease, and stroke ($P<0.05$). Subgroup analyses further indicated that the association between CVAI and CVD risk remained significant only among women aged <65 years, ≥ 65 years, those with $BMI<24.35$ kg/m², and rural residents ($P<0.05$). **Conclusion** Elevated CVAI significantly increases CVD risk in postmenopausal women, particularly in those with lower BMI, or residing in rural areas. Targeted monitoring and management of visceral obesity in these high-risk subgroups are warranted to mitigate CVD incidence.

[Key words] Cardiovascular diseases; Chinese visceral adipose index; Coronary disease; Stroke; Postmenopausal women

心血管疾病 (cardiovascular disease, CVD) 是一种以心脏、血管 (微血管、静脉、动脉) 等发生不同程度硬化, 并伴有血压下降、心律失常、心动过缓、心搏骤停等特征的循环系统疾病^[1]。CVD 主要包括心脏病和卒中, 具有高发病率、高死亡率、高疾病负担的特点^[2], 多项研究表明其与认知能力下降、抑郁、生活质量下降等相关^[3-5], 是一种严重威胁人类健康的公共卫生问题。2019 年我国 CVD、冠心病、卒中的患病人数分别为 2.9 亿人、0.11 亿人、0.13 亿人^[6], 并呈不断上升趋势, 预计到 2050 年 CVD 的标化发病率将达到 663.62/10 万^[7]。内脏脂肪指数 (Chinese visceral adipose index, CVAI) 是以年龄、BMI、腰围、总三酰甘油和高密度脂蛋白胆固醇为基础构建的适合中国人群的指标, 在预测 CVD、高血压、糖尿病等事件发生风险方面具有较高的价值^[8-10]。现有学者基于 CVAI 与 CVD 的相关性开展了大量研究, 发现 CVAI 与 CVD 密切相关^[11-12]。然而, 当前研究主要关注的群体是中老年人或全人群, 较少有关于 CVAI 与绝经后女性 CVD 相关性的研究。绝经后女性作为特殊的群体, CVD 患病率显著上升, 并成为造成其死亡的主要原因^[13], 而其身体、心理与绝经前女性以及全人群存在较大差异, 现有的研究结果不一定适合绝经后女性。然而, 随着人口老龄化的加剧, 2021 年我国绝经女性的数量已达到 2.56 亿, 到 2030 年将增长到 2.8 亿^[14]。因此, 迫切需要了解 CVAI 与规模不断扩大的绝经后女性 CVD 发生风险的关联。基于此,

本研究利用中国健康与养老追踪调查 (China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS) 2015—2020 年数据探索绝经后女性 CVAI 与 CVD 发生风险的关联性, 为绝经后女性 CVD 的预防提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究数据来自 CHARLS 项目 (<http://charls.pku.edu.cn/>)。该项目以 45 岁及以上的中老年人群为调查对象, 调查范围覆盖全国 30 个省或直辖市共 150 个县 (区) 中的 450 个村 (社区), 调查内容涵盖个人基本情况、健康状况和功能、医疗保健等方面, 所有参与者在参与前签署书面知情同意书, 由北京大学生物医学伦理审查委员会批准 (IRB00001052-11015)^[15]。本研究选取 CHARLS 项目 2015 年、2018 年、2020 年 3 期调查数据, 根据研究目的以 2015 年为基线, 2018 年、2020 年为随访, 将 CVAI 作为暴露因素。排除标准: (1) 2015 年年龄 <45 岁; (2) 2015 年年龄、BMI、腰围、总三酰甘油和高密度脂蛋白胆固醇、卒中、心脏病等信息存在缺失值, $CVAI<0$; (3) 2015 年患有卒中、心脏病等 CVD; (4) 2015 年未绝经; (5) 未参加 2018 年、2020 年任何 1 次随访, 或卒中、心脏病等 CVD 信息缺失。最终纳入 4 743 人进行研究。

1.2 研究指标

1.2.1 暴露因素: 将研究对象 2015 年基线的 CVAI

作为本研究的暴露因素。CVAI 的计算公式为： $CVAI = -187.32 + 1.71 \times \text{年龄} + 4.23 \times \text{BMI} + 1.12 \times \text{腰围} + 39.76 \times \log_{10}(\text{总三酰甘油}) - 11.66 \times \text{高密度脂蛋白胆固醇}$ [8]。

1.2.2 研究结局：根据问题“是否有医生曾经告诉过您有心脏病（如心肌梗塞、冠心病、心绞痛、充血性心力衰竭和其他心脏疾病）？”“是否有医生曾经告诉过您有中风（包括脑梗和脑出血）？”确定结局事件是否发生，如果随访期间上述问题有一道参与者回答为是，就认为被调查者发生了结局事件 CVD。为了区分心脏病、卒中与暴露因素 CVAI 之间关联性是否存在差异，将心脏病、卒中作为本研究的次要结局事件。

1.2.3 协变量：参考以往研究纳入的协变量包括社会人口统计学、生活方式、健康状况等方面因素，包括年龄、受教育程度、婚姻状况、居住地、高血压、自评健康、睡眠时长、吸烟、饮酒、认知功能、生活满意度等。

1.3 统计学方法

所有的统计分析采用 R 4.3.3 完成。连续性变量采用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示；计数资料以频率 (%) 描述，组间比较采用 χ^2 检验或趋势 χ^2 检验。根据四分位数将 CVAI 分为 4 组：Q1、Q2、Q3 和 Q4，采用 Cox 比例风险回归模型计算风险比 (HR) 及 95%CI，探索 CVAI 四分位数与 CVD、心脏病、卒中发生风险之间的关联；其次，将 CVAI 作为一个连续变量纳入模型，使用限制性立方样条 (RCS) 分析探索 CVAI 与 CVD、心脏病、卒中发生风险之间的剂量-反应关系。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 基线基本情况

纳入研究的 4 743 名绝经后女性，2015 年基线的平均年龄为 (62.3 ± 8.6) 岁，平均 CVAI 为 (108.83 ± 36.11) ，CVAI 的四分位数 Q1、Q2、Q3、Q4 分别为 ≤ 84.78 、 $(84.78 \sim 108.49]$ 、 $(108.49 \sim 132.01]$ 、 >132.01 。不同 CVAI 分组者年龄、婚姻状况、居住地、高血压患病情况、BMI、认知功能、自评健康、饮酒情况比较，差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)；不同 CVAI 分组者受教育程度、睡眠时长、吸烟、生活满意度比较，差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)，见表 1。

2.2 结局事件发生情况

经过 5 年随访后，累计随访 21 957 人年（平均每人 4.62 年）。主要结局事件 CVD 发病率为 20.2% (958/4 743)，次要结局事件心脏病、卒中的发病率分别为 13.6% (645/4 743)，8.3% (393/4 743)。其中，CVAI Q1、Q2、Q3、Q4 组 CVD 发病率分别为 12.9% (96/742)、16.8% (210/1 249)、21.4% (313/1 463)、26.3% (339/1 289)；心脏病发病率分别为 9.8% (73/742)、12.6% (157/1

249)、14.0% (204/1 463)、18.1% (233/1 289)；卒中发病率分别为 4.2% (31/742)、6.3% (78/1 249)、8.6% (126/1 463)、12.3% (158/1 289)。趋势 χ^2 检验结果显示，随着 CVAI 的增大，CVD ($\chi^2_{\text{趋势}} = 64.21$, $P < 0.001$)、心脏病 ($\chi^2_{\text{趋势}} = 30.46$, $P < 0.001$)、卒中 ($\chi^2_{\text{趋势}} = 50.28$, $P < 0.001$) 的发生风险均不断增加。

2.3 CVAI 与 CVD 发生风险的相关性

分别以是否发生心脏病、卒中、CVD 为结局变量（赋值：是 =1，否 =0），年为随访时间变量，CVAI 四分位数为暴露因素，年龄、受教育程度、婚姻状况、居住地、高血压、自评健康、睡眠时长、吸烟、饮酒、认知功能、生活满意度为协变量，进行多因素 Cox 比例风险回归分析。结果显示，随着 CVAI 水平的升高，CVD、心脏病与卒中的发生风险均逐渐增加 (P_{trend} 值 < 0.001)。模型 1 未调整混杂因素，结果显示，CVAI Q3、Q4 组绝经后女性发生心脏病的风险高于 Q1 组 ($P < 0.05$)，CVAI Q2、Q3、Q4 组绝经后女性发生卒中和 CVD 的风险高于 Q1 组 ($P < 0.05$)；模型 2 调整年龄（赋值： ≤ 54 岁 =0，55~64 岁 =1，65~74 岁 =2， ≥ 75 岁 =3）、受教育程度（赋值：小学以下 =0，小学 =1，中学 =2，高中及以上 =3）、婚姻状况（赋值：已婚 =1，其他 =0）、居住地（赋值：农村 =0，城镇 =1），结果显示，CVAI Q3、Q4 组绝经后女性发生心脏病、卒中和 CVD 的风险高于 Q1 组 ($P < 0.05$)；模型 3 在模型 2 的基础上进一步调整高血压（赋值：否 =0，是 =1）、自评健康（赋值：好 =0，一般 =1，不好 =2）、睡眠时长（赋值： ≤ 5 h =0，6~7 h =1，7~8 h =2， ≥ 8 h =3）、吸烟（赋值：已戒烟 =0，不吸烟 =1，吸烟 =2）、饮酒（赋值：不饮酒 =0，饮酒 =1）、认知功能（赋值：正常 =0，障碍 =1）、生活满意度（赋值：好 =0，一般 =1，不好 =2），结果显示，CVAI Q3、Q4 组绝经后女性发生心脏病、卒中和 CVD 的风险高于 Q1 组 ($P < 0.05$)，见表 2。

2.4 剂量-反应关系

将 CVAI 作为连续变量引入模型，使用 RCS 曲线拟合。结果显示，调整混杂因素后，CVAI 与 CVD、心脏病、卒中发生风险之间均存在线性剂量-反应关系 (P for overall < 0.05 , P for nonlinear > 0.05)。随着 CVAI 升高，绝经后女性 CVD、心脏病、卒中的发生风险随之增大，见图 1。

2.5 亚组分析

按年龄、BMI、居住地分层分析结果显示，在年龄 < 65 岁、BMI < 24.35 kg/m²、农村个体中，绝经后女性 CVAI 与 CVD、心脏病、卒中发生风险相关 ($P < 0.05$)；在年龄 ≥ 65 岁个体中，绝经后女性 CVAI 与 CVD 发生风险相关 ($P < 0.05$)；在城镇个体中，绝经后女性 CVAI 与心脏病发生风险相关 ($P < 0.05$)。

表 1 2015 年不同 CVAI 组人群的基线特征比较 [例 (%)]

Table 1 Comparison of baseline characteristics of different CVAI groups in 2015

组别	例数	年龄（岁）				受教育程度 ^a				婚姻状况		居住地	
		≤ 54	55~64	65~74	≥ 75	小学以下	小学	中学	高中及以上	已婚	其他	农村	城镇
Q1	742	274 (36.93)	320 (43.13)	124 (16.71)	24 (3.23)	96 (12.94)	58 (7.82)	21 (2.83)	566 (76.28)	645 (86.93)	97 (13.07)	667 (89.89)	75 (10.11)
Q2	1 249	324 (25.94)	587 (47.00)	275 (22.02)	63 (5.04)	133 (10.65)	127 (10.17)	26 (2.08)	963 (77.10)	1 059 (84.79)	190 (15.21)	1 107 (88.63)	142 (11.37)
Q3	1 463	248 (16.95)	643 (43.95)	440 (30.08)	132 (9.02)	168 (11.48)	137 (9.36)	32 (2.19)	1 126 (76.97)	1 201 (82.09)	262 (17.91)	1 209 (82.64)	254 (17.36)
Q4	1 289	115 (8.92)	485 (37.63)	480 (37.24)	209 (16.21)	157 (12.18)	113 (8.77)	29 (2.25)	990 (76.80)	990 (76.80)	299 (23.20)	1 048 (81.30)	241 (18.70)
χ ² 值		440.1				6.9				42.5		47.0	
P 值		<0.001				0.647				<0.001		<0.001	
组别	高血压		BMI		睡眠时长（小时） ^a				认知功能 ^a				
	否	是	偏瘦	正常	超重或肥胖	≤ 5	6~7	7~8	≥ 8	正常	障碍		
Q1	605 (81.54)	137 (18.46)	139 (18.73)	556 (74.93)	47 (6.33)	395 (53.24)	114 (15.37)	132 (17.79)	81 (10.92)	280 (37.74)	436 (58.76)		
Q2	942 (75.42)	307 (24.58)	42 (3.36)	926 (74.14)	281 (22.50)	677 (54.21)	179 (14.34)	230 (18.42)	131 (10.49)	486 (38.92)	724 (57.97)		
Q3	964 (65.89)	499 (34.11)	6 (0.41)	558 (38.14)	899 (61.45)	767 (52.43)	248 (16.96)	261 (17.84)	131 (8.96)	611 (41.77)	792 (54.14)		
Q4	587 (45.54)	702 (54.46)	1 (0.08)	107 (8.30)	1 181 (91.62)	680 (52.76)	198 (15.36)	238 (18.47)	127 (9.86)	458 (35.54)	776 (60.21)		
χ ² 值	365.2		2 226.8		6.2				11.8				
P 值	<0.001		<0.001		0.724				0.008				
组别	自评健康 ^a			吸烟 ^a			饮酒 ^a		生活满意度				
	好	一般	不好	已戒烟	不吸烟	吸烟	不饮酒	饮酒	好	一般	不好		
Q1	140 (18.87)	367 (49.46)	225 (30.33)	4 (0.54)	654 (88.14)	6 (0.81)	616 (83.02)	125 (16.85)	296 (39.89)	409 (55.12)	37 (4.99)		
Q2	247 (19.78)	644 (51.57)	348 (27.87)	4 (0.32)	1 149 (92.00)	4 (0.32)	1 044 (83.59)	204 (16.34)	513 (41.07)	691 (55.32)	45 (3.60)		
Q3	296 (20.24)	752 (51.41)	391 (26.73)	8 (0.55)	1 337 (91.39)	5 (0.35)	1 258 (85.99)	204 (13.95)	604 (41.29)	796 (54.41)	63 (4.31)		
Q4	211 (16.37)	627 (48.65)	430 (33.36)	11 (0.86)	1 150 (89.22)	3 (0.24)	1 144 (88.75)	145 (11.25)	561 (43.52)	664 (51.51)	64 (4.97)		
χ ² 值	19.4			8.1			18.1		7.2				
P 值	0.003			0.229			<0.001		0.300				

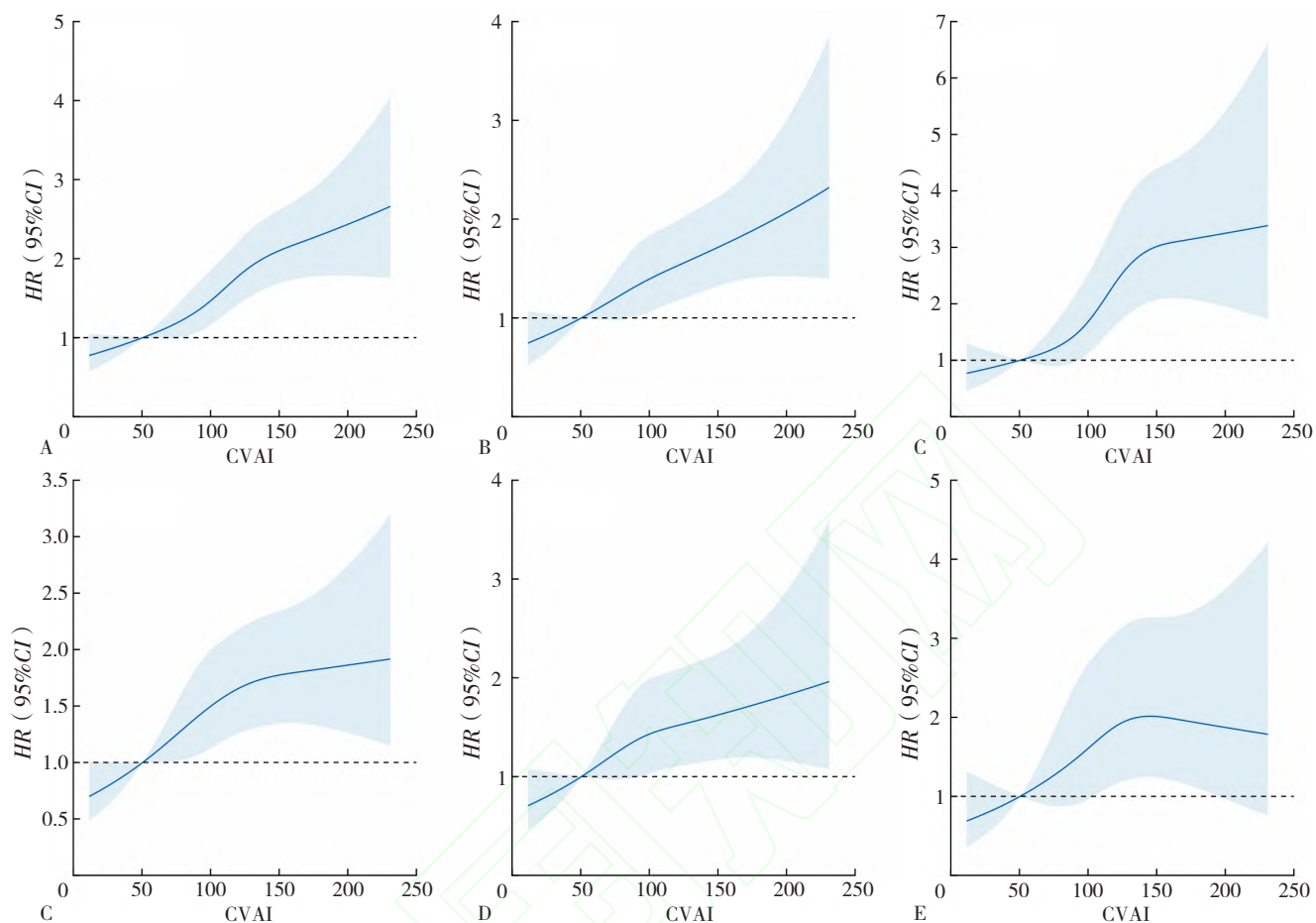
注：^a 表示该变量存在缺失值。

表 2 绝经后女性 CVAI 与心血管疾病发病风险的多因素 Cox 比例风险回归分析

Table 2 Multivariate Cox regression of relationship between the CVAI and cardiovascular disease in postmenopausal women

疾病	CVAI 四分位分组	模型 1		模型 2		模型 3	
		HR (95%CI)	P 值	HR (95%CI)	P 值	HR (95%CI)	P 值
心脏病	Q1	1.00		1.00		1.00	
	Q2	1.30 (0.98~1.72)	0.069	1.26 (0.95~1.67)	0.112	1.28 (0.92~1.77)	0.143
	Q3	1.54 (1.17~2.01)	0.002	1.43 (1.09~1.88)	0.010	1.57 (1.14~2.15)	0.005
	Q4	1.84 (1.41~2.41)	<0.001	1.67 (1.26~2.20)	<0.001	1.68 (1.21~2.33)	0.002
	P _{trend} 值	<0.001		<0.001		<0.001	
卒中	Q1	1.00		1.00		1.00	
	Q2	1.53 (1.01~2.32)	0.045	1.40 (0.92~2.11)	0.123	1.42 (0.87~2.32)	0.163
	Q3	2.12 (1.43~3.15)	<0.001	1.80 (1.21~2.67)	0.004	1.76 (1.10~2.82)	0.018
	Q4	3.11 (2.12~4.58)	<0.001	2.45 (1.65~3.64)	<0.001	1.95 (1.21~3.14)	0.006
	P _{trend} 值	<0.001		<0.001		<0.001	
CVD	Q1	1.00		1.00		1.00	
	Q2	1.35 (1.06~1.71)	0.016	1.28 (1.00~1.63)	0.049	1.33 (1.00~1.76)	0.048
	Q3	1.75 (1.40~2.21)	<0.001	1.59 (1.26~2.00)	<0.001	1.69 (1.29~2.21)	<0.001
	Q4	2.25 (1.80~2.83)	<0.001	1.95 (1.54~2.47)	<0.001	1.82 (1.38~2.41)	<0.001
	P _{trend} 值	<0.001		<0.001		<0.001	

注：模型 1 未调整混杂因素；模型 2 调整年龄、受教育程度、婚姻状况、居住地；模型 3 在模型 2 的基础上进一步调整高血压、自评健康、睡眠时长、吸烟、饮酒、认知功能、生活满意度。



注：A、B、C分别为未调整模型的心脏病、卒中、CVD；D、E、F分别为调整了年龄、受教育程度、婚姻状况、居住地、高血压、自评健康、睡眠时长、吸烟、饮酒、认知功能、生活满意度的心脏病、卒中、CVD。

图1 绝经后女性CVAI与心血管疾病发生风险的剂量-反应关系

Figure 1 Dose-response relationship between CVAI and the risk of cardiovascular disease in postmenopausal women

年龄亚组中， <65 岁女性的CVAI升高与CVD、心脏病及卒中风险相关（ P_{trend} 值 <0.05 ），与Q1组相比，CVAI Q2、Q3、Q4组发生CVD和卒中的风险增加（ $P<0.05$ ），CVAI Q3、Q4组发生心脏病的风险增加（ $P<0.05$ ）； ≥ 65 岁女性的CVAI升高与CVD风险相关（ P_{trend} 值 $=0.006$ ），与Q1组相比，CVAI Q3、Q4组发生CVD的风险增加（ $P<0.05$ ）。

BMI亚组中，BMI <24.35 kg/m²者CVAI与CVD（ P_{trend} 值 <0.001 ）、心脏病（ P_{trend} 值 $=0.036$ ）和卒中（ P_{trend} 值 $=0.004$ ）风险相关，与Q1组相比，CVAI Q2、Q3、Q4组发生CVD的风险增加（ $P<0.05$ ），CVAI Q3组发生心脏病的风险增加（ $P<0.05$ ），CVAI Q3、Q4组发生卒中的风险增加（ $P<0.05$ ）。

居住地亚组中，农村绝经后女性CVAI与CVD（ P_{trend} 值 <0.001 ）、心脏病（ P_{trend} 值 $=0.012$ ）、和卒中（ P_{trend} 值 <0.001 ）风险相关，与Q1组相比，CVAI Q2、Q3、Q4组发生CVD的风险增加（ $P<0.05$ ），CVAI Q3、Q4组发生心脏病和卒中的风险增加（ $P<0.05$ ）；城镇绝经

后女性仅心脏病的发生风险与CVAI升高有关（ P_{trend} 值 $=0.026$ ），与Q1组相比，CVAI Q4组发生心脏病的风险增加（ $P<0.05$ ），见表3。

3 讨论

本研究基于全国性的前瞻性队列研究探讨了绝经后女性CVAI与CVD发生风险的关联性。研究发现，随访结束后，绝经后女性CVD、心脏病、卒中的发病率分别为20.2%、13.6%、8.3%，高于中老年人群整体的发病率14.31%、10.74%、4.71%^[16]。这可能与绝经后女性雌激素的降低^[13]、CVD等相关危险因素的增加积累有关^[17]。雌激素可以增加血管张力、抑制动脉粥样硬化的发展，绝经后女性雌激素降低后，对血管的保护能力减弱，从而增加CVD的发生风险^[18]。此外，大量研究表明绝经后女性可能会发生血脂异常、脂肪再分布、血压升高、胰岛素抵抗等代谢异常，总胆固醇、三酰甘油、总胆固醇/高密度脂蛋白胆固醇比值、高密度脂蛋白胆固醇等显著升高，而这些均为CVD的危险因

表3 绝经后女性 CVAI 与心血管疾病发病风险相关性的亚组分析

Table 3 Subgroup analysis of the relationship between CVAI and the risk of cardiovascular disease in postmenopausal women

因变量	自变量	CVD		心脏病		卒中	
		HR (95%CI)	P 值	HR (95%CI)	P 值	HR (95%CI)	P 值
年龄							
<65 岁	Q1	1.00		1.00		1.00	
	Q2	1.37 (0.99~1.89)	<0.001	1.27 (0.87~1.84)	0.216	1.62 (0.90~2.90)	<0.001
	Q3	1.73 (1.26~2.36)	<0.001	1.59 (1.10~2.28)	0.013	1.95 (1.10~3.44)	<0.001
	Q4	1.99 (1.43~2.77)	<0.001	1.77 (1.20~2.61)	0.004	2.26 (1.26~4.07)	<0.001
	<i>P</i> _{trend} 值	<0.001	0.002	<0.001			
≥ 65 岁	Q1	1.00		1.00		1.00	
	Q2	1.40 (0.79~2.51)	0.251	1.44 (0.73~2.84)	0.292	1.19 (0.47~3.00)	0.708
	Q3	1.84 (1.07~3.18)	0.028	1.69 (0.89~3.21)	0.112	1.71 (0.72~4.02)	0.222
	Q4	1.97 (1.14~3.39)	0.015	1.82 (0.96~3.46)	0.067	1.88 (0.80~4.40)	0.146
	<i>P</i> _{trend} 值	0.006	0.056	0.048			
BMI							
<24.35 kg/m ²	Q1	1.00		1.00			
	Q2	1.40 (1.03~1.88)	0.030	1.41 (1.00~1.99)	0.052	1.35 (0.80~2.27)	0.267
	Q3	1.69 (1.21~2.38)	0.002	1.54 (1.03~2.29)	0.037	1.88 (1.07~3.31)	0.029
	Q4	1.95 (1.61~3.28)	0.011	1.66 (0.88~3.10)	0.116	2.88 (1.30~6.37)	0.009
	<i>P</i> _{trend} 值	<0.001	0.036	0.004			
≥ 24.35 kg/m ²	Q1	1.00		1.00		1.00	
	Q2	1.03 (0.36~2.99)	0.951	0.71 (0.20~2.51)	0.597	2.20 (0.28~17.04)	0.451
	Q3	1.63 (0.60~4.44)	0.337	1.56 (0.49~4.97)	0.450	2.06 (0.28~15.09)	0.475
	Q4	1.72 (0.63~4.67)	0.290	1.65 (0.52~5.27)	0.394	2.08 (0.29~15.14)	0.470
	<i>P</i> _{trend} 值	0.055	0.032	<0.001			
居住地							
农村	Q1	1.00		1.00		1.00	
	Q2	1.30 (0.96~1.76)	<0.001	1.20 (0.85~1.70)	0.298	1.49 (0.87~2.57)	0.147
	Q3	1.67 (1.25~2.24)	<0.001	1.43 (1.02~2.01)	0.037	2.00 (1.18~3.35)	0.037
	Q4	1.82 (1.34~2.45)	<0.001	1.52 (1.07~2.16)	0.020	2.22 (1.31~3.77)	0.020
	<i>P</i> _{trend} 值	<0.001	0.012	<0.001			
城镇	Q1	1.00		1.00		1.00	
	Q2	1.43 (0.66~3.09)	0.365	1.91 (0.70~5.26)	0.209	0.86 (0.26~2.82)	0.802
	Q3	1.69 (0.81~3.51)	0.159	2.62 (1.00~6.85)	0.050	0.80 (0.26~2.46)	0.694
	Q4	1.77 (0.83~3.78)	0.142	2.94 (1.09~7.94)	0.033	0.87 (0.28~2.70)	0.806
	<i>P</i> _{trend} 值	0.149	0.026	0.921			

注：模型调整了社会人口统计学、生活方式、健康状况等方面混杂因素；BMI 按均值作为临界值进行分组。

素，进而导致 CVD 风险升高^[13, 19-20]。

多因素 Cox 比例风险回归分析发现 CVAI 与 CVD 发生风险之间存在正向关联。RCS 结果表明 CVAI 与 CVD、心脏病、卒中发生风险间存在线性剂量 - 反应关系。与 CVAI Q1 组相比，Q3、Q4 组发生 CVD、心脏病、卒中的风险增加 ($P<0.05$)。此关联性与多项研究结果一致^[11, 21]。这种关联性可能与腹部脂肪组织释放出的有害物质有关。研究表明，腹部脂肪组织的增加会诱导炎症细胞因子与氧化低密度脂蛋白的产生^[21]、促进胰岛素抵抗的发展与代谢性综合征的发生^[22]，导致血管

内皮功能损伤，增加 CVD 的发生风险。此外，腹部脂肪组织的增加可能会使瘦素和脂联素之间的表达平衡破坏，而瘦素的增加或者是脂联素的减少会诱导氧化应激和内皮损伤，从而增加 CVD 的发生风险^[23]。腹部脂肪增加是高血压、高血糖、高血脂的诱发因素，而研究发现“三高”也是 CVD 的重要危险因素^[24]。

亚组分析发现，在年龄 <65 岁、BMI 较低及农村人群中 CVAI 与 CVD、心脏病、卒中的发生风险相关，在年龄 ≥ 65 岁人群中 CVAI 升高仅与 CVD 发生风险相关，而在城镇人群中 CVAI 与仅与心脏病发生风险相关。这

一结果可能提示不同人群中心血管代谢异常的病理生理机制或危险因素的异质性。在年龄分层分析中, CVAI 对 <65 岁人群的预测价值更为显著, “累积效用”理论可能可以解释这种现象。即老年群体多合并多种心血管危险因素, 如其他非代谢性危险因素(如动脉硬化、慢性炎症)的累积效应可能会掩盖 CVAI 的作用; 而年轻人群由于较少受衰老相关混杂因素干扰, 其代谢异常可能更直接反映内脏脂肪的病理影响^[25-26]。此外, ≥ 65 岁人群中 CVAI 升高增加 CVD 的发生风险可能是与年龄增长伴随的血管功能不断退化有关。BMI 较低人群中 CVAI 与 CVD 风险的强关联性尤为值得关注。传统观点认为肥胖是 CVD 的主要危险因素, 但本研究提示, 即使 BMI 正常或偏低, 若存在内脏脂肪异常堆积, 仍可能显著增加心血管风险。这一发现支持了“代谢性肥胖正常体重(MONW)”假说, 即肥胖的危害是由肥胖者的代谢状态所决定的, MONW 个体的 BMI 虽正常, 但内脏脂肪分布异常可能导致胰岛素抵抗和代谢紊乱, 代谢代偿能力降低, 相同程度的内脏脂肪积累可能引发更严重的脂毒性、氧化应激和血管内皮损伤, 导致其心血管发生风险与肥胖者相当甚至更高^[27]; 而部分 BMI 偏高者如果不存在血脂异常、胰岛素抵抗等代谢异常, 则不会增加其 CVD 的发生风险。农村人群的显著关联可能凸显了健康不平等的“强者愈强、弱者愈弱”的马太效应。即农村地区医疗资源相对匮乏、居民健康意识相对较低、饮食结构不合理, 居民内脏脂肪更容易超标且难以早期干预, 一旦出现代谢异常, 可能因治疗不及时加速其对心血管的损害, 导致 CVD 发病风险增加^[28-29]。而城市人群医疗资源相对丰富、居民健康素养水平较高, 健康体检服务利用率显著高于农村居民, 频繁的健康筛查和早期干预能够降低 CVAI 的堆积, 从而削弱了 CVAI 对心血管的危害^[30]。而城镇人群中心脏病发生风险与 CVAI 相关, 可能是城镇地区较重的空气污染、较大的生活压力共同作用的结果。


本研究存在以下局限性: 首先, 由于本研究为观察性设计, 未能直接检测瘦素、脂联素等分子标志物, 无法深层次理解 CVAI 与 CVD 的关联; 其次, 本研究未测量 CVAI 动态变化轨迹, 无法探索个体 CVAI 变化情况与 CVD 的关联性。因此, 未来应增加关于瘦素、脂联素及炎症因子等具体机制的实验或分子生物学研究以及 CVAI 动态变化轨迹的研究, 从而更加全面揭示 CVAI 与 CVD 的关联性。

综上所述, 绝经后女性 CVAI 水平的增加与 CVD 发生风险存在正向关联, 尤其在 BMI 较低及农村人群中。因此, 绝经后女性 CVD 的一级预防应关注其 CVAI 水平的变化, 尤其是针对这些亚群应加强内脏肥胖的监测与管理, 以降低 CVD 发生风险。

致谢: 感谢北京大学国家发展研究院和北京大学中国社会科学调查中心提供 CHARLS 数据。

作者贡献: 范转转负责研究的构思与设计、数据分析与文章撰写; 李文婷进行数据的收集与整理, 文章的修改; 马国亮负责文章的质量控制与审查, 对文章整体负责, 监督管理。

本文无利益冲突。

范转转  <https://orcid.org/0000-0002-7002-904X>

参考文献

- [1] 中华医学会心血管病学分会, 中国康复医学会心脏预防与康复专业委员会, 中国老年学和老年医学学会心脏专业委员会, 等. 中国心血管病一级预防指南[J]. 中华心血管病杂志, 2020, 48(12): 1000-1038. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20201009-00796.
- [2] ZHAO D, LIU J, WANG M, et al. Epidemiology of cardiovascular disease in China: current features and implications [J]. Nat Rev Cardiol, 2019, 16(4): 203-212. DOI: 10.1038/s41569-018-0119-4.
- [3] 何洁琼, 陈军. 老年心血管疾病与抑郁的相关性研究进展[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2023, 22(9): 712-715.
- [4] 曹宁, 牛丽薇, 张楠, 等. 内蒙古心血管病患者健康相关生活质量及其影响因素的研究[J]. 现代预防医学, 2021, 48(15): 2857-2861. DOI: 10.20043/j.cnki.mpm.2021.15.035.
- [5] 刘佳月, 冯玉宝. 心血管疾病与认知功能障碍筛查的研究进展[J]. 中国社区医师, 2022, 38(6): 7-9.
- [6] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2021 概要[J]. 中国循环杂志, 2022, 37(6): 553-578.
- [7] 杨继, 张垚, 马腾, 等. 1990—2019 年中国心血管病流行现状、疾病负担及发病预测分析[J]. 中国全科医学, 2024, 27(2): 233-244, 252.
- [8] XIA M F, CHEN Y, LIN H D, et al. A indicator of visceral adipose dysfunction to evaluate metabolic health in adult Chinese [J]. Sci Rep, 2016, 6: 38214. DOI: 10.1038/srep38214.
- [9] BI H R, ZHANG Y Y, QIN P, et al. Association of Chinese visceral adiposity index and its dynamic change with risk of carotid plaque in a large cohort in China [J]. J Am Heart Assoc, 2022, 11(1): e022633. DOI: 10.1161/JAHA.121.022633.
- [10] QIAO T T, LUO T, PEI H L, et al. Association between abdominal obesity indices and risk of cardiovascular events in Chinese populations with type 2 diabetes: a prospective cohort study [J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21(1): 225. DOI: 10.1186/s12933-022-01670-x.
- [11] 杨静芬, 黄晓渝. 中国人内脏脂肪指数与中老年心血管疾病发病风险的关联性研究[J]. 临床心血管病杂志, 2024, 40(1): 40-45. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2024.01.008.
- [12] HUANG Y C, HUANG J C, LIN C A, et al. Comparison of innovative and traditional cardiometabolic indices in estimating atherosclerotic cardiovascular disease risk in adults [J]. Diagnostics, 2021, 11(4): 603. DOI: 10.3390/diagnostics11040603.
- [13] NAIR A R, PILLAI A J, NAIR N. Cardiovascular changes

- in menopause [J]. *Curr Cardiol Rev*, 2021, 17 (4): e230421187681. DOI: 10.2174/1573403X16666201106141811.
- [14] YU Q. Population education of menopausal knowledge in China [J]. *Climacteric*, 2019, 22 (4): 323. DOI: 10.1080/13697137.2019.1609767.
- [15] ZHAO Y H, HU Y S, SMITH J P, et al. Cohort profile: the China health and retirement longitudinal study (CHARLS) [J]. *Int J Epidemiol*, 2014, 43 (1): 61–68. DOI: 10.1093/ije/dys203.
- [16] 陈妍春, 杨洪喜, 张馨予, 等. 中老年人群超重肥胖联合代谢综合征与心血管疾病发病风险的关联研究 [J]. *中国慢性病预防与控制*, 2023, 31 (11): 812–816, 821. DOI: 10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.2023.11.003.
- [17] CALLING S, JOHANSSON S E, WOLFF M, et al. The ratio of total cholesterol to high density lipoprotein cholesterol and myocardial infarction in Women's health in the Lund area (WHILA) a 17-year follow-up cohort study [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2019, 19 (1): 239. DOI: 10.1186/s12872-019-1228-7.
- [18] NAPPI R E, SIMONCINI T. Menopause transition: a golden age to prevent cardiovascular disease [J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2021, 9 (3): 135–137. DOI: 10.1016/S2213-8587 (21) 00018-8.
- [19] JUPPI H K, SIPILÄ S, CRONIN N J, et al. Role of menopausal transition and physical activity in loss of lean and muscle mass: a follow-up study in middle-aged Finnish women [J]. *J Clin Med*, 2020, 9 (5): 1588. DOI: 10.3390/jcm9051588.
- [20] YE X M, ZHANG G R, HAN C Y, et al. The association between Chinese visceral adiposity index and cardiometabolic multimorbidity among Chinese middle-aged and older adults: a national cohort study [J]. *Front Endocrinol*, 2024, 15: 1381949. DOI: 10.3389/fendo.2024.1381949.
- [21] ZHANG Z L, TANG J N, CUI X L, et al. New insights and novel therapeutic potentials for macrophages in myocardial infarction [J]. *Inflammation*, 2021, 44 (5): 1696–1712. DOI: 10.1007/s10753-021-01467-2.
- [22] 张丽, 赵珈艺, 范乐, 等. 内脏脂肪指数、脂质蓄积指数与脑卒中高危人群颈动脉粥样硬化的相关性研究 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2021, 29 (3): 240–246.
- [23] VAN GAAL L F, MERTENS I L, DE BLOCK C E. Mechanisms linking obesity with cardiovascular disease [J]. *Nature*, 2006, 444 (7121): 875–880. DOI: 10.1038/nature05487.
- [24] LI B Q, WANG J, ZHOU X, et al. Chinese visceral adiposity index is more closely associated with hypertension and prehypertension than traditional adiposity indices in Chinese population: results from the REACTION study [J]. *Front Endocrinol*, 2022, 13: 921997. DOI: 10.3389/fendo.2022.921997.
- [25] LIU Z H, ZHANG L, WANG L Y, et al. The predictive value of cumulative atherogenic index of plasma (AIP) for cardiovascular outcomes: a prospective community-based cohort study [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2024, 23 (1): 264. DOI: 10.1186/s12933-024-02350-8.
- [26] RAMEZANKHANI A, TOHIDI M, HADAEIGH F. Association between the systemic immune-inflammation index and metabolic syndrome and its components: results from the multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA) [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2025, 24 (1): 78. DOI: 10.1186/s12933-025-02629-4.
- [27] 周洁, 贾爱华, 姬秋和. 关注正常体重代谢性肥胖和体重波动带来的影响 [J]. *中华糖尿病杂志*, 2017, 9 (4): 209–213. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-5809.2017.04.001.
- [28] 潘磊磊, 游弋, 郭洁, 等. 辽宁省城乡居民血压水平及心血管疾病危险因素聚集情况分析 [J]. *中国慢性病预防与控制*, 2022, 30 (12): 924–928. DOI: 10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.2022.12.009.
- [29] 李小辉, 魏思昂, 陈树嘉, 等. 中国城乡居民饮食结构改变与心血管疾病相关性分析 [J]. *中国食物与营养*, 2023, 29 (2): 81–84, 89. DOI: 10.19870/j.cnki.11-3716/ts.2023.02.005.
- [30] 汤淑女, 尹香君, 崔丽嘉, 等. 基于Blinder-Oaxaca分解分析的中国城乡居民体检服务利用差异研究 [J]. *中国慢性病预防与控制*, 2023, 31 (6): 433–437, 443. DOI: 10.16386/j.cjpcd.issn.1004-6194.2023.06.007.

(收稿日期: 2024-03-20; 修回日期: 2025-06-25)

(本文编辑: 贾萌萌)