

≥ 60 岁人群中国内脏肥胖指数与心血管代谢性共病关系的横断面研究



扫描二维码
查看原文

韩正^{1,2}, 傅方琳^{1,2}, 孙梦^{1,2}, 潘姚佳^{1,2}, 王为强^{1*}

1.234000 安徽省宿州市, 安徽医科大学附属宿州医院(安徽省宿州市立医院)全科医学科

2.230000 安徽省合肥市, 安徽医科大学

*通信作者: 王为强, 主任医师; E-mail: wwq007@126.com

【摘要】 背景 随着中国人口老龄化的加剧及多病共存现象的日益普遍, 心血管代谢性共病(CMM)的高风险特征已成为研究的重要领域。中国内脏肥胖指数(CVAI)作为预测心血管疾病的新指标, 与CMM的关系目前尚不明确。**目的** 探讨≥ 60岁人群CVAI与CMM风险之间的关系, 并评估CVAI在CMM防治中的潜在作用。**方法** 基于2017—2021年安徽省心血管疾病高危人群早期筛查与综合干预项目的60 029例受试者数据, 分析其人口学信息、心血管健康状况、体格检查及实验室检查指标, 计算CVAI。根据CVAI四分位数将不同性别受试者分为4组(男性: T1~T4组; 女性F1~F4组), 比较不同性别受试者4组基线特征, 并采用多因素Logistic回归分析探讨不同性别人群中CVAI与CMM高危风险的关系。通过限制性立方样条(RCS)曲线评估不同性别间CVAI与CMM的关系, 确定OR=1为阈值。**结果** 60 029例受试者中男27 203例(45.32%)、女32 826例(54.68%)。在不同性别CVAI四分位数组中, 年龄、吸烟、饮酒、农村、高中学历、BMI、平均动脉压(MAP)、总胆固醇(TC)、三酰甘油(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、空腹血糖(FPG)及糖尿病、卒中、高血压、缺血性心脏病比例比较, 差异均有统计学意义($P<0.05$)。在女性中, CVAI四分位数组高血压用药史比例比较, 差异有统计学意义($P<0.05$)。多因素Logistic回归分析结果显示, 与T1(F1)组相比, T2~T4(F2~F4)组CMM风险增加($P<0.05$)。在完全调整混杂因素后, T4组男性($OR=2.335$, $95\%CI=1.741\sim 3.180$, $P<0.001$)和F4组女性($OR=2.075$, $95\%CI=1.678\sim 2.686$, $P<0.001$)均表现出最高的CMM风险。各组不同性别间CMM风险比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$)。控制不同的混杂因素后, RCS曲线显示, 男性CVAI与CMM风险呈非线性关系, 且OR=1的阈值为94.75; 女性CVAI与CMM风险呈线性关系, 且OR=1的阈值为114.87。**结论** 高水平CVAI可能与CMM风险密切相关, 且在不同性别中CVAI预测CMM的效能一致。应特别关注CVAI超过94.75的男性和超过114.87的女性以降低CMM风险。

【关键词】 心血管代谢性共病; 中国内脏肥胖指数; 内脏肥胖指标; 肥胖症; 安徽省; 横截面研究

【中图分类号】 R 589.25 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0391

A Cross-sectional Study on the Relationship between the Chinese Visceral Adiposity Index and Cardiometabolic Multimorbidity in Individuals Aged 60 and Above

HAN Zheng^{1,2}, FU Fanglin^{1,2}, SUN Meng^{1,2}, PAN Yaojia^{1,2}, WANG Weiqiang^{1*}

1.Department of General Medicine, Suzhou Hospital Affiliated to Anhui Medical University (Suzhou Municipal Hospital of Anhui Province), Suzhou 234000, China

2.Anhui Medical University, Hefei 230000, China

*Corresponding author: WANG Weiqiang, Chief physician; E-mail: wwq007@126.com

【Abstract】 **Background** With the aging of the population and the increasing prevalence of multimorbidity in China, the high-risk characteristics of cardio-metabolic multimorbidity (CMM) have become an important research field. The exact nature of the relationship between the Chinese visceral adiposity index (CVAI) and CMM remains to be elucidated. **Objective** This study

基金项目: 安徽省科技创新战略与软科学研究专项计划项目(202106f01050042)

引用本文: 韩正, 傅方琳, 孙梦, 等. ≥ 60岁人群中国内脏肥胖指数与心血管代谢性共病关系的横断面研究[J]. 中国全科医学, 2026, 29(6): 693-698, 709. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0391.[www.chinagp.net]

HAN Z, FU F L, SUN M, et al. A cross-sectional study on the relationship between the Chinese visceral adiposity index and cardiometabolic multimorbidity in individuals aged 60 and above[J]. Chinese General Practice, 2026, 29(6): 693-698, 709.

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

aims to investigate the relationship between the CVAI and the high risk of CMM, and to evaluate the potential role of CVAI in the prevention and treatment of CMM in the elderly in China. **Methods** This study was based on the data of 60 029 subjects from the Early Screening and Comprehensive Intervention of High-risk Populations of Cardiovascular Disease in Anhui Province from 2017 to 2021. The demographic information, cardiovascular health status, physical examination and biochemical indicators were analyzed, and the CVAI index was calculated. The subjects were grouped according to the quartile of CVAI (male: T1-T4 group, female: F1-F4 group), and the differences in baseline characteristics were compared. Multivariate Logistic regression analysis was used to explore the relationship between CVAI and the high risk of CMM. The nonlinear relationship between CVAI and CMM between different genders was assessed by restricted cubic spline (RCS) curves, and a threshold of $OR=1$ was determined. **Results**

There were 60 029 subjects, including 27 203 males (45.32%) and 32 826 females (54.68%). There were statistically significant differences in age, smoking, drinking, rural area, high school education, BMI, mean arterial pressure (MAP), total cholesterol (TC), triglyceride (TG), high density lipoprotein (HDL-C), fasting plasma glucose (FPG), diabetes, stroke, hypertension, and ischemic heart disease in CVAI quartiles between different genders ($P<0.05$). There was no significant difference in the history of hypertension medication among males. In women, the difference in medication history of hypertension was statistically significant multivariate. Multivariate Logistic regression analysis showed that compared with T1 (F1) group, the risk of CMM was significantly increased in T2 to T4 (F2 to F4) group. After fully adjusting for confounding factors, the T4 (F4) group showed the highest risk of CMM in both sexes, male ($OR=2.335$, $95\%CI=1.741-3.180$, $P<0.001$), and female ($OR=2.735$, $95\%CI=1.778-2.686$, $P<0.001$). There was no significant difference in the odds ratio between different genders. There was no significant difference in the risk of CMM between males in T4 group and females in F4 group ($P>0.05$). After controlling for different confounding factors, RCS curve suggested that there was a nonlinear relationship between CVAI index and CMM risk in men, and the threshold of $OR=1$ was 94.75. There was a linear relationship between CVAI index and CMM risk in women, and the threshold of $OR=1$ was 114.87. **Conclusion**

High level of CVAI may be closely related to the risk of CMM, and the predictive power is consistent in different genders. Special attention should be paid to men with CVAI over 94.75 and women with CVAI over 114.87 to reduce the risk of CMM.

【Key words】 Cardiometabolic multimorbidity; Chinese visceral adiposity index; Visceral obesity indicator; Obesity; Anhui Province; Cross-sectional study

心血管疾病、糖尿病和卒中等心血管代谢性疾病对人类健康构成重大威胁，特别是在多病共存的情况下。近年来，随着全球肥胖率的上升，心血管代谢性疾病的发生率亦有所增加^[1]。心血管代谢性共病（CMM）被定义为2型糖尿病、卒中和缺血性心脏病中至少2种以上疾病共存，是危险的慢性病共病之一^[2]。

肥胖被广泛认为是CMM最重要的危险因素。一项对欧洲和美国16项队列研究的汇总分析发现，BMI升高与不同心脏代谢疾病组合风险增加有关^[3]。内脏脂肪的分布是心血管代谢性疾病的独立预测因子，减少过度的内脏肥胖对于降低心脏代谢疾病的风险至关重要^[4]。为了准确衡量我国人群的内脏脂肪，有研究基于中国人群的年龄、BMI、腰围、三酰甘油（TG）和高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）数据构建了中国内脏肥胖指数（CVAI）^[5]。

尽管已有部分研究探讨了CVAI与心血管代谢性疾病之间的关联，但关于CVAI与CMM具体关系的研究仍然不足。值得注意的是，针对老年群体中CVAI与CMM风险性别差异的研究尤为匮乏。因此，本研究旨在探讨60岁及以上人群中，CVAI与CMM风险之间的性别差异，以验证CVAI作为CMM早期预警指标的有效性。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选择2017—2021年安徽省心血管疾病高危人群早期筛查与综合干预项目中的人群为研究对象。该项目对安徽省12个县市的社区体检居民进行了调研，共收集60 029份数据。纳入标准：年龄60~75岁；筛查前在该地区居住时间 ≥ 6 个月。排除标准：年龄、吸烟、饮酒、婚姻状况、总胆固醇（TC）、TG、空腹血糖（FPG）和HDL-C及其他基线资料缺失者。

本项目遵循知情同意和自愿参与的原则，研究对象均签署了书面知情同意书。本研究已获得安徽医科大学附属宿州医院伦理委员会的批准（A2022033）。

1.2 研究方法

1.2.1 一般资料

研究对象的人口学信息、体格检查及实验室检查指标均由经过专业培训的医护人员采集和测定。人口学信息包括性别、年龄、吸烟、饮酒史及心血管疾病史等。高血压用药史被定义为在近两周内使用过降压药物（包括中药或西药）。体格检查包括血压、身高、体质量的测量。实验室检查指标包括FPG、TC、TG及HDL-C等。所有受试者在禁食一夜后，于次日清晨空腹采集6 mL

静脉血样进行血生化检测。

1.2.2 相关指标计算方法

CVAI^[5]使用特定性别的公式计算：男性 CVAI = -267.93 + 0.68 × 年龄(岁) + 0.03 × BMI(kg/m²) + 4.00 × WC(cm) + 22.00 × log₁₀[TG(mmol/L)] - 16.32 × HDL-C(mmol/L)；女性 CVAI = -187.32 + 1.71 × 年龄(岁) + 4.32 × BMI(kg/m²) + 1.12 × WC(cm) + 39.76 × log₁₀[TG(mmol/L)] - 11.66 × HDL-C(mmol/L)。根据性别将研究对象分为男性组(n=27 203)和女性组(n=32 826)。再根据不同性别 CVAI 四分位数分组，男性：T1 组(1.61~65.70, n=6 801)，T2 组(65.71~94.74, n=6 801)，T3 组(94.75~122.73, n=6 801)，T4 组(122.74~226.54, n=6 800)；女性：F1 组(10.57~95.32, n=8 207)，F2 组(95.33~114.97, n=8 207)，F3 组(114.98~134.88, n=8 206)，F4 组(134.89~226.50, n=8 206)。

1.2.3 相关定义

CMM 定义为 2 型糖尿病、卒中和缺血性心脏病中的 2 种及以上同时共存^[2]。

1.3 统计学方法

采用 R 4.1.4 和 SPSS 27.0 进行数据分析，不符合正态分布的计量资料以 M(P₂₅, P₇₅) 表示，多组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验；计数资料采用例(%)表示，组间比较采用 χ² 检验，多组间比较采用趋势检验和 Bonferroni 法比较每个分组内差异。分别采用多因素 Logistic 逐步回归分析探究 CVAI 连续变量和不同四分位数时对 CMM 的影响因素，采用 Z 检验明确组间 OR 值

差异。绘制限制性立方样条(RCS)曲线并计算 OR 值为 1 的 CVAI 阈值。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同性别 CVAI 四分位数基线资料比较

60 029 例受试者中男 27 203 例(45.32%)、女 32 826 例(54.68%)。

男性不同 CVAI 四分位数组年龄、吸烟、饮酒、高中学历、农村、BMI、平均动脉压(MAP)、TC、TG、HDL-C、FPG、CMM 及糖尿病、卒中、高血压和缺血性心脏病比例比较，差异有统计学意义(P<0.05)；4 组高血压用药史比例比较，差异无统计学意义(P>0.05)，见表 1。

女性不同 CVAI 四分位数组年龄、吸烟、饮酒、高中学历、农村、BMI、MAP、TC、TG、HDL-C、LDL-C、FPG、CVAI、糖尿病、卒中、高血压、缺血性心脏病和高血压用药史比例比较，差异有统计学意义(P<0.05)，见表 2。

不同性别 CVAI 四分位数组 CMM 患病情况比较，差异有统计学意义(P<0.001)。男性 T2~T4 组与女性 F2~F4 组未合并 CMM 的比例依次少于上一四分位数组，男性 T2~T4 组患 1、2 种 CMM 的比例和女性 F2~F4 组患 1 种 CMM 的比例依次多于上一四分位数组(P<0.05)。女性 F3~F4 组患 2 种 CMM 的比例多于 F1 组，F4 组多于 F2 组，差异有统计学意义(P<0.05)。

男性和女性各组患 3 种 CMM 的比例比较，差异均无统计学意义(P>0.05)，见表 3。

表 1 男性 CVAI 四分位数分组基线资料比较
Table 1 Comparison of different characteristics in quartiles of CVAI index in males

组别	例数	年龄 [M(P ₂₅ , P ₇₅), 岁]	吸烟 [例(%)]	饮酒 [例(%)]	高中学历 [例(%)]	农村 [例(%)]	BMI [M(P ₂₅ , P ₇₅), kg/m ²]	MAP [M(P ₂₅ , P ₇₅), mmHg]	FPG [M(P ₂₅ , P ₇₅), mmol/L]
T1 组	6 801	67.00 (64.00, 70.00)	3 502 (51.5)	2 473 (36.4)	314 (4.6)	5 438 (80.0)	20.91 (19.54, 22.27)	97.33 (89.67, 105.50)	5.70 (5.10, 6.30)
T2 组	6 801	67.00 (64.00, 71.00)	3 082 (45.3)	2 285 (33.6)	522 (7.7)	4 721 (69.4)	23.03 (21.72, 24.24)	99.67 (92.33, 107.83)	5.80 (5.20, 6.50)
T3 组	6 801	67.00 (64.00, 70.00)	2 822 (41.5)	2 187 (32.2)	734 (10.8)	4 124 (60.6)	24.61 (23.36, 25.87)	101.33 (94.33, 109.00)	5.81 (5.30, 6.70)
T4 组	6 800	67.00 (64.00, 71.00)	2 567 (37.8)	2 162 (31.8)	841 (12.4)	4 001 (58.8)	26.99 (25.46, 28.73)	103.33 (96.33, 111.33)	6.20 (5.50, 7.20)
χ ² (H) 值		9.79 ^a	284.85	39.44	298.42	833.18	11 077.61 ^a	683.37 ^a	536.88 ^a
P 值		0.020	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
组别	TC [M(P ₂₅ , P ₇₅), mmol/L]	HDL-C [M(P ₂₅ , P ₇₅), mmol/L]	TG [M(P ₂₅ , P ₇₅), mmol/L]	糖尿病 [例(%)]	缺血性心脏病 [例(%)]	卒中 [例(%)]	高血压 [例(%)]	CMM [例(%)]	高血压用药史 [例(%)]
T1 组	4.35 (3.76, 4.98)	1.78 (1.47, 2.13)	0.89 (0.74, 1.13)	871 (12.8)	63 (0.9)	253 (3.7)	3 456 (50.8)	59 (0.9)	2 007 (29.5)
T2 组	4.30 (3.68, 4.98)	1.50 (1.25, 1.78)	1.09 (0.84, 1.47)	1 259 (18.5)	84 (1.2)	344 (5.1)	4 021 (59.1)	102 (1.5)	2 009 (29.5)
T3 组	4.28 (3.65, 4.97)	1.34 (1.14, 1.60)	1.25 (0.95, 1.78)	1 513 (22.2)	129 (1.9)	383 (5.6)	4 537 (66.7)	160 (2.4)	2 041 (30.0)
T4 组	4.28 (3.62, 4.97)	1.19 (1.02, 1.41)	1.54 (1.12, 2.18)	2 261 (33.3)	171 (2.5)	499 (7.3)	5 234 (77.0)	258 (3.8)	1 971 (29.0)
χ ² (H) 值	21.63 ^a	4 501.17 ^a	3 524.50 ^a	892.22	64.30	89.21	1 089.59	157.02	1.72
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.632

注：MAP=平均动脉压，FPG=空腹血糖，TC=总胆固醇，HDL-C=高密度脂蛋白胆固醇，TG=三酰甘油，CVAI=中国内脏肥胖指数，CMM=心血管代谢性共病；^a表示 H 值；1 mmHg=0.133 kPa。

表 2 女性 CVAI 四分位数分组基线资料比较
Table 2 Comparison of different characteristics in quartiles of CVAI index in females

组别	例数	年龄 [M (P ₂₅ , P ₇₅), 岁]	吸烟 [例 (%)]	饮酒 [例 (%)]	高中及以上学历 [例 (%)]	农村 [例 (%)]	BMI [M (P ₂₅ , P ₇₅), kg/m ²]	MAP [M (P ₂₅ , P ₇₅), mmHg]	FPG [M (P ₂₅ , P ₇₅), mmol/L]
F1 组	8 207	67.00 (64.00, 70.00)	228 (2.8)	402 (4.9)	364 (4.4)	5 824 (71.0)	21.03 (19.61, 22.35)	96.00 (88.67, 104.17)	5.70 (5.20, 6.40)
F2 组	8 207	67.00 (64.00, 71.00)	178 (2.2)	372 (4.5)	340 (4.1)	5 492 (66.9)	23.42 (22.27, 24.61)	98.50 (91.50, 106.50)	5.90 (5.30, 6.60)
F3 组	8 206	67.00 (64.00, 70.00)	166 (2.0)	385 (4.7)	302 (3.7)	5 242 (63.9)	25.27 (24.00, 26.53)	100.33 (93.17, 108.67)	6.00 (5.40, 6.90)
F4 组	8 206	67.00 (64.00, 71.00)	187 (2.3)	279 (3.4)	264 (3.2)	5 200 (63.4)	28.30 (26.67, 30.09)	102.50 (95.00, 111.00)	6.23 (5.55, 7.30)
χ ² (H) 值		1 550.79 ^a	11.72	26.44	18.90	134.51	21 819.21 ^a	1 335.29 ^a	976.17 ^a
P 值		<0.001	0.008	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

组别	TC [M (P ₂₅ , P ₇₅), mmol/L]	HDL-C [M (P ₂₅ , P ₇₅), mmol/L]	TG [M (P ₂₅ , P ₇₅), mmol/L]	糖尿病 [例 (%)]	缺血性心脏 病 [例 (%)]	卒中 [例 (%)]	高血压 [例 (%)]	CMM [例 (%)]	高血压用药史 [例 (%)]
F1 组	4.82 (4.16, 5.49)	1.84 (1.55, 2.16)	1.84 (1.55, 2.16)	1 451 (17.7)	53 (0.6)	282 (3.4)	4 233 (51.6)	87 (1.1)	2 410 (29.4)
F2 组	4.82 (4.14, 5.50)	1.56 (1.32, 1.85)	1.56 (1.32, 1.85)	1 801 (21.9)	68 (0.8)	387 (4.7)	5 060 (61.7)	125 (1.5)	2 368 (28.9)
F3 组	4.84 (4.15, 5.57)	1.44 (1.23, 1.70)	1.44 (1.23, 1.70)	2 268 (27.6)	102 (1.2)	415 (5.1)	5 704 (69.5)	184 (2.2)	2 272 (27.7)
F4 组	4.89 (4.20, 5.63)	1.33 (1.14, 1.56)	1.33 (1.14, 1.56)	2 983 (36.4)	143 (1.7)	522 (6.4)	6 492 (79.1)	272 (3.3)	2 220 (27.1)
χ ² (H) 值	40.19 ^a	5 986.49 ^a	7 948.17 ^a	835.60	53.03	76.48	1 487.74	119.08	13.62
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注：^a表示 H 值。

表 3 不同性别 CVAI 四分位数组 CMM 患病情况比较 [例 (%)]
Table 3 The prevalence of CMM in different gender CVAI quartile groups

性别	例数	0 种 CMM	1 种 CMM	2 种 CMM	3 种 CMM
男性					
T1 组	6 801	5 676 (83.5)	1 066 (16.7)	56 (0.8)	3 (0.0)
T2 组	6 801	5 218 (76.7) ^a	1 481 (21.8) ^a	100 (1.5) ^a	2 (0.0)
T3 组	6 801	4 940 (72.6) ^{ab}	1 701 (25.0) ^{ab}	156 (2.3) ^{ab}	4 (0.1)
T4 组	6 800	4 134 (60.8) ^{abc}	2 408 (35.4) ^{abc}	251 (3.7) ^{abc}	7 (0.1)
χ ² 值			974.85		
P 值			<0.001		
女性					
F1 组	8 207	6 508 (79.3)	1 612 (19.6)	87 (1.1)	0
F2 组	8 207	6 080 (74.1) ^a	2 001 (24.4) ^a	120 (1.5)	5 (0.1)
F3 组	8 206	5 612 (68.4) ^{ab}	2 411 (29.4) ^{ab}	178 (2.2) ^a	6 (0.1)
F4 组	8 206	4 836 (58.9) ^{abc}	3 098 (37.8) ^{abc}	266 (3.2) ^{ab}	6 (0.1)
χ ² 值			916.98		
P 值			<0.001		

注：^a表示与 T1 (F1) 组比较 $P < 0.05$ ，^b表示与 T2 (F2) 组比较 $P < 0.05$ ，^c表示与 T3 (F3) 组比较 $P < 0.05$ ；由于数值修约，部分构成比之和不为 100%。

2.2 男性与女性人群 CMM 患病风险的多因素 Logistic 逐步回归分析

以是否患 CMM 为因变量 (赋值: 是=1, 否=0), 以 CVAI 分组 [赋值: T1 (F1)=1, T2 (F2)=2, T3 (F3)=3, T4 (F4)=4] 为自变量, 进行多因素 Logistic 逐步回归分析, 未控制任何混杂因素的情况下, T2~T4 组男性 CMM 患病风险较 T1 组增加, OR 值分别为 1.740、2.753、4.507 倍 ($P < 0.05$), F2~F4 组女性 CMM 患病风险亦分

别增加, OR 值分别为 1.444、2.141、3.200 ($P < 0.05$); 不同性别各组 CMM 患病风险比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

模型 2 控制了吸烟、饮酒、高中学历、农村、TC 水平和 FPG 水平, T2~T4 组男性 CMM 患病风险较 T1 组增加, OR 值分别为 1.153、2.143、2.929 ($P < 0.05$), F2~F4 组女性 CMM 患病风险较 F1 组增加, OR 值为 1.430、1.896、2.562 ($P < 0.05$); 不同性别各组 CMM 患病风险比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

模型 3 进一步控制了高血压相关因素 (平均 MAP、高血压及高血压用药史), T2~T4 组男性 CMM 患病风险较 T1 组增加 OR 值分别为 1.465、1.855、2.335 ($P < 0.05$), F2~F4 组女性 CMM 患病风险较 F1 组增加, OR 值分别为 1.309、1.643、2.075 ($P < 0.05$); 不同性别各组 CMM 患病风险比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 4。

2.3 CVAI 与 CMM 风险的性别差异及混杂因素控制的影响

在控制婚姻、农村、吸烟、饮酒、TC、FPG、高血压等混杂因素后, 男性 CVAI 与 CMM 之间呈非线性关系。男性 CVAI 与 CMM 风险呈非线性关系, 且 OR=1 的阈值为 94.75; 女性 CVAI 与 CMM 风险呈线性关系, 且 OR=1 的阈值为 114.87, 见图 1。

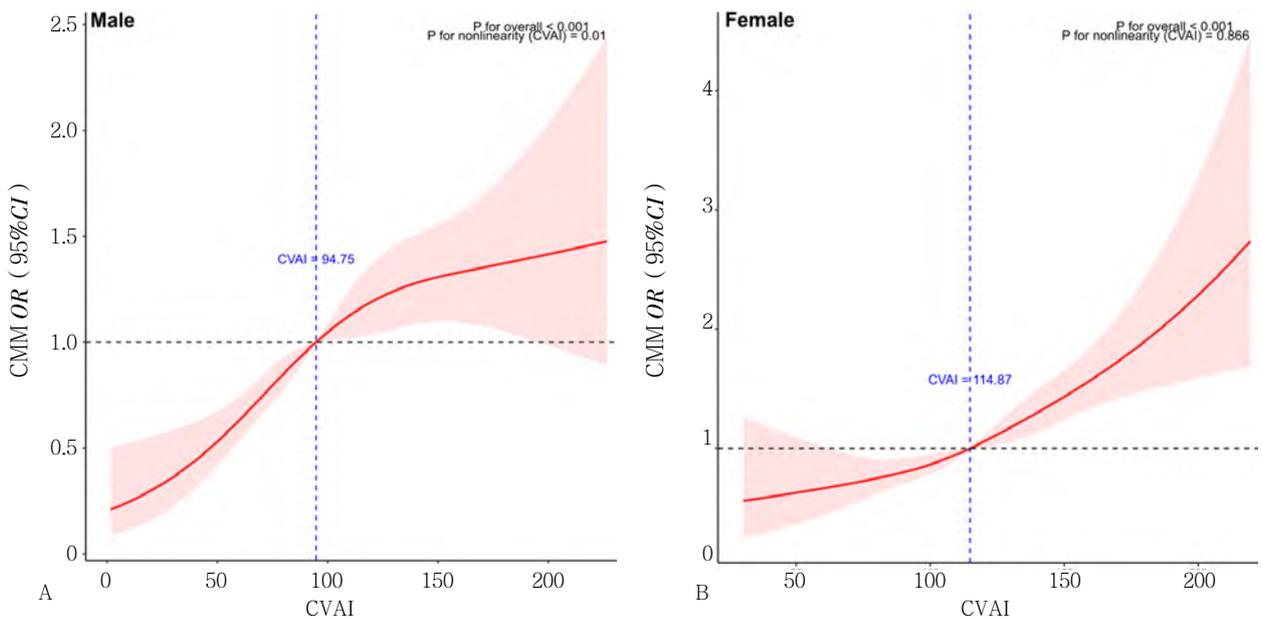
3 讨论

本研究以安徽省心血管高危人群项目中的 60 029 例 60~75 岁老年居民为研究对象, 系统探讨了内脏肥胖指标 CVAI 与 CMM 的关联。结果显示, 不同性别的

表 4 不同性别各组患 CMM 风险的多因素 Logistic 逐步回归分析
Table 4 Multivariate Logistic stepwise regression analysis of CVAI index and CMM by gender

组别	男性		女性		Z 值	P 值
	OR (95%CI)	P 值	OR (95%CI)	P 值		
模型 1 [以 T1 (F1) 为参照]						
T2 (F2)	1.740 (1.265~2.414)	<0.001	1.444 (1.098~1.906)	0.009	0.863	0.388
T3 (F3)	2.753 (2.051~3.745)	<0.001	2.141 (1.662~2.779)	<0.001	1.247	0.212
T4 (F4)	4.507 (3.416~6.045)	<0.001	3.200 (2.520~4.103)	<0.001	1.791	0.073
模型 2 [以 T1 (F1) 为参照]						
T2 (F2)	1.153 (1.154~2.240)	0.005	1.430 (1.084~1.897)	0.012	0.494	0.621
T3 (F3)	2.149 (1.584~2.955)	<0.001	1.896 (1.463~2.475)	<0.001	0.588	0.557
T4 (F4)	2.929 (2.194~3.975)	<0.001	2.562 (2.005~3.306)	<0.001	0.651	0.515
模型 3 [以 T1 (F1) 为参照]						
T2 (F2)	1.465 (1.022~2.053)	0.024	1.309 (0.990~1.738)	0.183	0.497	0.619
T3 (F3)	1.855 (1.364~2.556)	<0.001	1.643 (1.226~2.150)	0.006	0.569	0.569
T4 (F4)	2.335 (1.741~3.180)	<0.001	2.075 (1.678~2.686)	<0.001	0.570	0.569

注：模型 2 在模型 1 的基础上调整了吸烟、饮酒、高中学历、农村、总胆固醇、空腹血糖；模型 3 调整了吸烟、饮酒、高中学历、农村、总胆固醇、空腹血糖、平均动脉压、高血压和高血压用药史。



注：A 为男性预测图，B 为女性预测图；CVAI= 中国内脏肥胖指数，CMM= 心血管代谢性共病；控制了混杂因素：吸烟、饮酒、高中学历、农村、总胆固醇、空腹血糖、平均动脉压、高血压和高血压用药史。

图 1 控制混杂因素后不同性别 CVAI 与 CMM 关系的 RCS 曲线
Figure 1 RCS curves of the relationship between CVAI index and CMM by gender after controlling for confounding factors

CVAI 四分位数组 CMM 患病情况间有显著差异。值得注意的是，患 1 种 CMM 的比例随 CVAI 升高而增多。由于同时在四个分组中罹患 3 种 CMM 的样本数过少，本研究未显示组间有统计学差异。一项汇总了 91 项队列研究的 Meta 分析结果表明，在 60 岁时，同时罹患 3 种 CMM 与预期寿命减少 15 年相关^[6]。

内脏脂肪蓄积是心血管代谢性疾病的独立危险因素。与 BMI 相比，CVAI 是识别我国人群心血管代谢性疾病的优越指标。基于人群的前瞻性研究显示，CVAI

是中国西南地区女性心血管疾病的高效预测指标^[7]。另一项中国人群的大型研究则表明，CVAI 在预测 2 型糖尿病方面较 BMI 等身体测量指标的效果更好，因此该指数可能是识别 2 型糖尿病高危人群的可靠且适用的指标^[8]。同时，也有研究指出 CVAI 与心血管疾病、心脏病和中风的风险呈线性关系，且 CVAI 每增加 1 个标准差，分别与心血管疾病、心脏病和卒中风险增加 17%、12% 和 31% 相关^[9]。本研究进一步拓展了 CVAI 的临床价值，证实其能有效识别 CMM 高风险人群。

本研究发现,在调整所有的混杂因素后,与T1(F1)组相比较,T2~T4组男性CMM患病风险OR值分别为1.465、1.855、2.335,F2~F4组女性CMM患病风险OR值分别为1.309、1.643、2.075。同时,不同性别CVAI四分位数组之间的OR值比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。尽管关于性别差异的研究较少,但本研究显示CVAI是CMM风险的预测因子,在男性和女性中均表现出高度一致的预测效能。本研究结果与现有文献一致。一项针对中国中老年人群的队列研究指出,与CVAI较低的参与者相比,CVAI较高的参与者CMM的风险显著增加^[10]。值得注意的是,本研究在模型3中控制了高血压、平均MAP和高血压用药史后,CVAI与CMM的关联性减弱。这表明,高血压可能是CVAI通过其影响增加CMM风险的潜在中介或影响因素之一。内脏脂肪通过分泌多种促炎因子(如肿瘤坏死因子 α 、白介素6)和激素(如皮质醇),直接影响血压调节机制,导致血管收缩和血压升高,最终增加了卒中和心脏病的风险^[11]。ZHANG等^[12]的研究也表明CVAI高四分位数组者的卒中风险在高血压患者中的关联性减弱。

本研究进行了RCS分析,在控制相关混杂因素后,女性的CVAI在OR=1时的阈值为114.87,整体表现为线性关系。随着CVAI的增加,CMM风险稳定上升,在CVAI超过114.87后,这一趋势持续,CMM风险仍呈现剂量依赖性升高。

在男性中,CVAI达到94.78(OR=1)时,整体表现出非线性关系。在达到94.78之前,CMM风险显著增加,此后风险虽继续上升,但趋于平缓。这表明,女性在内脏脂肪蓄积的早期,风险上升较缓慢,但在后期CMM风险会持续增加;而男性则在内脏脂肪过度增加的早期,CMM风险急剧上升,但达到一定阶段后风险趋于稳定。因此,女性应避免过度肥胖,而男性应在内脏脂肪蓄积的早期采取预防措施。这种差异可能是由于男性脂肪组织更容易发生脂肪毒性和氧化应激^[13],而女性脂肪组织在能量消耗和线粒体功能表达方面显著高于男性,显示出在代谢压力下更强的适应能力^[14]。此外,男性在老年时更容易发生动脉硬化,而动脉硬化是内脏脂肪堆积和慢性炎症反应的直接结果^[15]。因此,随着CVAI的增加,男性的CMM风险在CVAI较低时快速上升,而在较高CVAI时,由于血管功能的恶化已达到某种极限,风险增长趋于平缓。WU等^[16]的研究也指出,早期CVAI累积比晚期累积会导致更大的心血管疾病风险,强调了早期生活中最佳CVAI控制的重要性。

然而,本研究存在一定的局限性。首先,尽管本研究采用数据充足的横断面研究来探索CVAI与CMM之间的关联,但由于横断面研究无法推断因果关系,因此观察性研究存在局限性。未来的研究应采用因果推理方

法,如孟德尔随机化或试验研究设计,以进一步阐明两者之间的因果关系。其次,由于数据库的局限性,本研究未能详细记录参与者的饮食、精确的身体活动及睡眠情况,这可能导致协变量的遗漏,从而引发混杂偏倚。最后,本研究样本仅限于安徽省人群,可能存在选择性偏倚,因此需要在全国范围内进行多中心研究以验证结果。

综上所述,本研究利用多因素Logistic回归分析和RCS分析,揭示了CVAI在不同性别中对CMM风险的预测效力具有高度一致性。男性人群需要在内脏脂肪积累的早期积极干预,以防止风险迅速上升。女性人群的干预重点是防止体质量和内脏脂肪的过度增加,以避免后期CMM风险的显著上升。在临床实践中,应特别关注CVAI超过94.75的男性和超过114.87的女性,针对这些高风险个体实施积极的预防和干预措施,以有效降低CMM的发生风险。

作者贡献:韩正确定研究目标,并负责研究的设计、实施及论文撰写;韩正、傅方琳负责数据收集、整理、统计分析以及图表绘制;孙梦、潘姚佳参与论文修订;王为强负责文章的质量把控、审查及整体监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] JAIME MIRANDA J, BARRIENTOS-GUTIÉRREZ T, CORVALAN C, et al. Understanding the rise of cardiometabolic diseases in low- and middle-income countries[J]. *Nat Med*, 2019, 25(11): 1667-1679. DOI: 10.1038/s41591-019-0644-7.
- [2] HAN Y T, HU Y Z, YU C Q, et al. Lifestyle, cardiometabolic disease, and multimorbidity in a prospective Chinese study[J]. *Eur Heart J*, 2021, 42(34): 3374-3384. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab413.
- [3] KIVIMÄKI M, KUOSMA E, FERRIE J E, et al. Overweight, obesity, and risk of cardiometabolic multimorbidity: pooled analysis of individual-level data for 120 813 adults from 16 cohort studies from the USA and Europe[J]. *Lancet Public Health*, 2017, 2(6): e277-e285. DOI: 10.1016/S2468-2667(17)30074-9.
- [4] VALENZUELA P L, CARRERA-BASTOS P, CASTILLO-GARCÍA A, et al. Obesity and the risk of cardiometabolic diseases[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2023, 20(7): 475-494. DOI: 10.1038/s41569-023-00847-5.
- [5] 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.
- [6] COLLABORATION E R F, DI ANGELANTONIO E, KAPTOGE S, et al. Association of cardiometabolic multimorbidity with mortality[J]. *JAMA*, 2015, 314(1): 52-60. DOI: 10.1001/jama.2015.7008.
- [7] WANG Y Y, ZHAO X D, CHEN Y, et al. Visceral adiposity measures are strongly associated with cardiovascular disease among female participants in Southwest China: a population-based prospective study[J]. *Front Endocrinol*, 2022, 13: 969753. DOI: 10.3389/fendo.2022.969753.

(下转第709页)

- [32] NEELAND I J, LIM S, TCHERNOF A, et al. Metabolic syndrome[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2024, 10: 77. DOI: 10.1038/s41572-024-00563-5.
- [33] KIM D H, ROCKWOOD K. Frailty in Older Adults [J]. *The New England journal of medicine*, 2024, 391(6): 538-548. DOI: 10.1056/NEJMra2301292.
- [34] EL ASSAR M, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ I, ÁLVAREZ-BUSTOS A, et al. Biomarkers of frailty[J]. *Mol Aspects Med*, 2024, 97: 101271. DOI: 10.1016/j.mam.2024.101271.
- [35] FERRUCCI L, FABBRI E. Inflammageing: chronic inflammation in ageing, cardiovascular disease, and frailty[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2018, 15(9): 505-522. DOI: 10.1038/s41569-018-0064-2.
- [36] BEKTAS A, SCHURMAN S H, SEN R, et al. Aging, inflammation and the environment[J]. *Exp Gerontol*, 2018, 105: 10-18. DOI: 10.1016/j.exger.2017.12.015.
- [37] MA L N, SHA G M, ZHANG Y X, et al. Elevated serum IL-6 and adiponectin levels are associated with frailty and physical function in Chinese older adults[J]. *Clin Interv Aging*, 2018, 13: 2013-2020. DOI: 10.2147/CIA.S180934.
- [38] FRAYLING T M, RAFIQ S, MURRAY A, et al. An interleukin-18 polymorphism is associated with reduced serum concentrations and better physical functioning in older people[J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2007, 62(1): 73-78. DOI: 10.1093/gerona/62.1.73.
- [39] PICCA A, COELHO-JUNIOR H J, CALVANI R, et al. Biomarkers shared by frailty and sarcopenia in older adults: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ageing Res Rev*, 2022, 73: 101530. DOI: 10.1016/j.arr.2021.101530.
- [40] KELLER K, ENGELHARDT M. Strength and muscle mass loss with aging process. Age and strength loss[J]. *Muscles Ligaments Tendons J*, 2014, 3(4): 346-350.
- [41] PALMER A K, JENSEN M D. Metabolic changes in aging humans: current evidence and therapeutic strategies[J]. *J Clin Invest*, 2022, 132(16): e158451. DOI: 10.1172/JCI158451.
- [42] KOGA Y, FUJITA M, HARADA K, et al. Increased fat accumulation may be associated with severe muscle wasting in critically ill patients: a prospective observational study[J]. *Sci Rep*, 2025, 15: 11460. DOI: 10.1038/s41598-025-96171-8.
- [43] WU H Z, BALLANTYNE C M. Skeletal muscle inflammation and insulin resistance in obesity[J]. *J Clin Invest*, 2017, 127(1): 43-54. DOI: 10.1172/JCI88880.
- [44] DIMILIA P R, MITTMAN A C, BATSIS J A. Benefit-to-risk balance of weight loss interventions in older adults with obesity[J]. *Curr Diab Rep*, 2019, 19(11): 114. DOI: 10.1007/s11892-019-1249-8.
- [45] VILLAREAL D T, CHODE S, PARIMI N, et al. Weight loss, exercise, or both and physical function in obese older adults[J]. *N Engl J Med*, 2011, 364(13): 1218-1229. DOI: 10.1056/NEJMoa1008234.
- (收稿日期: 2025-04-22; 修回日期: 2025-07-02)
(本文编辑: 康艳辉)

(上接第 698 页)

- [8] HAN M H, QIN P, LI Q M, et al. Chinese visceral adiposity index: a reliable indicator of visceral fat function associated with risk of type 2 diabetes[J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2021, 37(2): e3370. DOI: 10.1002/dmrr.3370.
- [9] REN Y C, HU Q, LI Z, et al. Dose-response association between Chinese visceral adiposity index and cardiovascular disease: a national prospective cohort study[J]. *Front Endocrinol*, 2024, 15: 1284144. DOI: 10.3389/fendo.2024.1284144.
- [10] 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.
- [11] DEMARCO V G, AROOR A R, SOWERS J R. The pathophysiology of hypertension in patients with obesity[J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2014, 10(6): 364-376. DOI: 10.1038/nrendo.2014.44.
- [12] ZHANG Z L, ZHAO L, LU Y T, et al. Association between Chinese visceral adiposity index and risk of stroke incidence in middle-aged and elderly Chinese population: evidence from a large national cohort study[J]. *J Transl Med*, 2023, 21(1): 518. DOI: 10.1186/s12967-023-04309-x.
- [13] LIU R, PULLIAM D A, LIU Y H, et al. Dynamic differences in oxidative stress and the regulation of metabolism with age in visceral versus subcutaneous adipose[J]. *Redox Biol*, 2015, 6: 401-408. DOI: 10.1016/j.redox.2015.07.014.
- [14] NOOKAEW I, SVENSSON P A, JACOBSON P, et al. Adipose tissue resting energy expenditure and expression of genes involved in mitochondrial function are higher in women than in men[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2013, 98(2): E370-E378. DOI: 10.1210/jc.2012-2764.
- [15] HANSEN T, AHLSTRÖM H, SÖDERBERG S, et al. Visceral adipose tissue, adiponectin levels and insulin resistance are related to atherosclerosis as assessed by whole-body magnetic resonance angiography in an elderly population[J]. *Atherosclerosis*, 2009, 205(1): 163-167. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2008.11.007.
- [16] WU Y T, XU W Q, GUO L, et al. Association of the time course of Chinese visceral adiposity index accumulation with cardiovascular events in patients with hypertension[J]. *Lipids Health Dis*, 2023, 22(1): 90. DOI: 10.1186/s12944-023-01852-w.
- (收稿日期: 2025-01-10; 修回日期: 2025-04-15)
(本文编辑: 赵跃翠)