

· 论 著 ·

中老年人人群内脏脂肪代谢水平与心血管疾病的关联研究

孔洁, 黄攀登, 任东静, 赵丹, 张友涛

河北北方学院附属第一医院, 河北 张家口 075000

摘要: **目的** 探讨中老年人人群内脏脂肪代谢水平与CVD的关联, 为中老年人人群CVD的早期识别与防控提供依据。**方法** 基于中国健康与养老追踪调查 (CHARLS) 2011—2020年数据库, 收集≥45岁中老年人人口学信息、生活方式、疾病史等基线资料和CVD患病情况; 收集2012年和2015年身高、体重、腰围和血生化指标等资料, 计算内脏脂肪代谢评分 (METS-VF) 和累计METS-VF, 评估内脏脂肪代谢水平; 采用K-means聚类算法分析METS-VF类别。采用多因素logistic回归模型分析不同METS-VF类别、累计METS-VF与CVD关联, 采用限制性立方样条模型分析累计METS-VF与CVD的剂量-反应关系。**结果** 纳入3 146名研究对象, 年龄 $M(Q_R)$ 为57.00 (12.00)岁。男性1 405人, 占44.66%; 女性1 741人, 占55.34%。METS-VF聚类为持续低水平组、持续中水平组和持续高水平组3类, 分别为497、1 302和1 347人, 占15.80%、41.39%和42.82%。随访至2020年, CVD 540例, 患病率为17.16%, 不同METS-VF类别CVD患病率分别为12.47%、14.36%和21.60%。多因素logistic回归分析结果显示, 调整人口学信息、生活方式和疾病史等, 与持续低水平组相比, 持续高水平组的CVD风险较高 ($OR=1.710$, $95\%CI: 1.263\sim 2.342$); 累计METS-VF与CVD风险呈正相关 ($OR=1.197$, $95\%CI: 1.113\sim 1.289$)。限制性立方样条结果显示累计METS-VF与CVD风险存在线性关系 ($P_{非线性}>0.05$)。**结论** 持续高水平的METS-VF可增加中老年人人群CVD风险, 且累计METS-VF与CVD风险呈正向剂量-反应关系。

关键词: 内脏脂肪代谢评分; 心血管疾病; K-means聚类; 中老年人人群

中图分类号: R54 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087 (2025) 12-1228-05

Association between visceral fat metabolic levels and cardiovascular diseases among middle-aged and elderly population

KONG Jie, HUANG Pandeng, REN Dongjing, ZHAO Dan, ZHANG Youtao

The First Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075000, China

Abstract: Objective To examine the association between visceral fat metabolic levels and cardiovascular disease (CVD) among middle-aged and elderly population, so as to provide the evidence for the early identification and prevention of CVD risk in this population. **Methods** Based on the database of the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) from 2011 to 2020, baseline demographic information, lifestyle, disease history, and CVD status of participants aged ≥45 years were collected. Data on height, weight, waist circumference, and blood biochemical indicators from 2012 and 2015 were collected and used to calculate the metabolic score for visceral fat (METS-VF) and cumulative METS-VF, enabling an assessment of visceral fat metabolism levels. The K-means clustering algorithm was applied to analyze the categories of METS-VF. Multivariable logistic regression models were used to analyze the association between different METS-VF categories, cumulative METS-VF and CVD. A restricted cubic spline model was employed to examine the dose-response relationship between cumulative METS-VF and CVD. **Results** A total of 3 146 participants were included, with a median age of 57.00 (interquartile range, 12.00) years. There were 1 405 males (44.66%) and 1 741 females (55.34%). METS-VF was clustered into three distinct categories: a persistently low-level group, a persistently moderate-level group, and a persistently high-level group, comprising 497, 1 302, and 1 347 individuals, account-

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2025.12.008

基金项目: 河北省医学科学研究课题 (20250892)

作者简介: 孔洁, 本科, 主管护师, 主要从事老年疾病预防工作

通信作者: 张友涛, E-mail: kkkzht009@163.com

ing for 15.80%, 41.39%, and 42.82%, respectively. By the 2020 follow-up, there were 540 cases of CVD, with an overall prevalence of 17.16%. The prevalence of CVD among different METS-VF categories were 12.47%, 14.36%, and 21.60%, respectively. Multivariable logistic regression analysis showed that, after adjusting for demographic factors, lifestyle, and disease history, compared with the persistently low-level group, the persistently high-level group had a higher risk of CVD ($OR=1.710$, $95\%CI: 1.263-2.342$). Cumulative METS-VF was positively associated with CVD risk ($OR=1.197$, $95\%CI: 1.113-1.289$). Restricted cubic spline analysis indicated a linear relationship between cumulative METS-VF and CVD risk ($P_{\text{for nonlinearity}} > 0.05$). **Conclusion** Persistently high levels of METS-VF can increase the risk of CVD among middle-aged and elderly population, and there is a positive dose-response relationship between cumulative METS-VF and CVD risk.

Keywords: metabolic score for visceral fat; cardiovascular disease; K-means clustering; middle-aged and elderly population

心血管疾病 (cardiovascular disease, CVD) 是全球范围内导致死亡和致残的主要原因之一, 其发病涉及动脉粥样硬化、代谢异常等病理过程^[1-2]。全球每年约 1/3 死亡病例与 CVD 相关, 我国脑卒中、冠心病等 CVD 的发病率和死亡率呈持续上升趋势^[3-4]。研究表明, 肥胖是 CVD 的重要影响因素之一, 其致病机制与内脏脂肪过度堆积有关^[5]。内脏脂肪过度堆积可诱发胰岛素抵抗、慢性炎症和氧化应激等, 从而增加心血管事件发生风险^[6]。体质指数 (BMI) 虽是评估肥胖的常用简易指标, 但其难以区分内脏脂肪与皮下脂肪的差异, 无法充分反映脂肪分布的代谢风险^[7]。内脏脂肪代谢评分 (metabolic score for visceral fat, METS-VF) 整合胰岛素抵抗代谢评分 (metabolic score for insulin resistance, METS-IR)、腰围、身高、年龄和性别等多维度数据, 可更好地反映内脏脂肪的代谢异常特征^[8]。既往研究多聚焦于 METS-VF 单一时间点的静态评估^[9], 而忽视了 METS-VF 随时间的动态变化特征。本研究基于中国健康与养老追踪调查 (China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS) 2011—2020 年纵向数据, 评估 METS-VF 动态变化模式、累计水平与 CVD 的关联, 为中老年人 CVD 的早期识别与防控提供依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源

资料来源于 CHARLS 数据库, 该数据库收集全国 28 个省 (自治区、直辖市) 的 150 个县 450 个村 (社区) ≥ 45 岁中老年人的家庭与个人资料。该项目于 2011 年 6 月—2012 年 3 月开展基线调查, 纳入 17 708 人, 分别于 2013 年、2015 年、2018 年和 2020 年完成 4 次随访调查。该项目通过北京大学医学伦理审查委员会审查 (IRB00001052-11015), 调查对象均签署知情同意书。本研究选择参与基线调查的 ≥ 45 岁中老年人作为研究对象。排除标准:

(1) 年龄缺失或 < 45 岁; (2) 2012 年和 2015 年随访调查中确诊 CVD 或 CVD 资料缺失; (3) 2012 年和 2015 年随访调查中空腹血糖 (FBG)、三酰甘油 (TG)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C)、BMI 和腰围资料缺失或数据异常; (4) 2020 年随访调查中 CVD 资料缺失。

1.2 方法

1.2.1 资料收集

收集 CHARLS 项目基线调查资料: (1) 人口学信息, 年龄、性别、文化程度、婚姻状况和居住地; (2) 生活方式, 吸烟、饮酒和睡眠时间; (3) 疾病史, 研究对象自我报告高血压和糖尿病; (4) 抑郁症状; (5) 2012 年和 2015 年随访调查的 BMI、腰围、FBG、TG 和 HDL-C 等。吸烟指研究对象自我报告目前仍在吸烟, 不吸烟指从未吸烟或已戒烟; 饮酒指研究对象自我报告过去 1 年内饮酒 ≥ 1 次/月, 不饮酒指过去 1 年内未饮酒或饮酒 < 1 次/月。CHARLS 项目采用简版流调中心抑郁量表 (Center for Epidemiologic Studies Depression Scale Revised, CESD-10) 评估抑郁症状, 总分 30 分, ≥ 10 分提示可能存在抑郁症状, 评分越高表示抑郁症状越严重。

1.2.2 METS-VF 和累计 METS-VF 计算

采用 METS-VF 评估内脏脂肪代谢水平, 参考文献 [10], 计算 METS-VF: 腰高比 (WHtR) = 腰围 (cm)/身高 (cm), $METS-IR = \ln\{[2 \times FBG (mg/dL) + TG (mg/dL)] \times BMI (kg/m^2) / \ln [HDL-C (mg/dL)]\}$, $METS-VF = 4.466 + 0.01 \times \{[\ln (METS-IR)]^3\} + 3.239 \times \{[\ln (WHtR)]^3\} + 0.319 \times \text{性别} + 0.594 \times [\ln (\text{年龄})]$; 其中性别变量中男性为 1, 女性为 0。累计 $METS-VF = (METS-VF_{2012\text{年}} + METS-VF_{2015\text{年}}) / 2 \times (2015-2012)$ 。METS-VF 和累计 METS-VF 越高表明内脏脂肪蓄积越严重、代谢紊乱程度越重。

1.2.3 CVD 调查

以 CHARLS 调查问卷中“您是否被医生诊断出

患有卒中或心脏病,包括心脏病发作、冠心病、心绞痛、充血性心力衰竭或其他心脏问题?”调查 CVD,回答“是”,判定为有 CVD。

1.2.4 METS-VF 的 K-means 聚类分析

本研究仅包含 2012 年和 2015 年 2 次 METS-VF 测量数据,无法满足潜在增长模型或组轨迹模型至少 3 次测量数据的前提条件,因此采用适用于连续数值型短期重复测量数据的 K-means 聚类算法对 METS-VF 变化进行分类^[11]。计算每位研究对象的 2 次 METS-VF 值,构成其个体水平的二维特征向量,采用 K-means 聚类算法基于最小化类内平方和的迭代更新聚类中心;采用肘部法则比较不同聚类数(K 为 1~10)的类内平方和下降情况,根据类内平方和下降曲线确定最佳聚类数。

1.3 统计分析

采用 R 4.2.3 软件统计分析,采用中位数插补方法填补缺失值。定量资料服从正态分布的采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)描述,组间比较采用单因素方差分析;不服从正态分布的采用中位数和四分位数间距 $[M(Q_R)]$ 描述,组间比较采用 Kruskal-Wallis H 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 回归模型分析不同 METS-VF 类别、累计 METS-VF 与 CVD 的关联;采用限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)模型分析累计 METS-VF 与 CVD 的剂量-反应关系,进一步按年龄、性别、吸烟、饮酒、高血压和糖尿病进行亚组分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线特征

纳入 3 146 名研究对象,年龄 $M(Q_R)$ 为 57.00 (12.00) 岁。男性 1 405 人,占 44.66%;女性 1 741 人,占 55.34%。文化程度以小学及以下为主,2 188 人占 69.55%。已婚 2 858 人,占 90.85%。居住在农村 2 135 人,占 67.86%。吸烟 928 人,占 29.50%。饮酒 1 063 人,占 33.79%。有高血压 671 例,占 21.33%。有糖尿病 164 例,占 5.21%。

2.2 METS-VF 聚类分析

肘部法则结果显示,当 $K=3$ 时,类内平方和下降曲线出现明显拐点,确定 3 类为最佳聚类数。1 类 2012 年 METS-VF 值为 5.80 ± 0.38 ,2015 年为 5.81 ± 0.56 ,观察期间保持稳定且处于较低水平,命名为持续低水平组,497 人占 15.80%;2 类 METS-VF 值从 2012 年的 6.44 ± 0.24 逐步升高至 2015 年的 $6.55\pm$

0.26 ,呈现缓慢上升趋势,命名为持续中水平组,1 302 人占 41.39%。3 类 2012 年 METS-VF 值为 7.04 ± 0.22 ,2015 年增至 7.10 ± 0.22 ,观察期间维持较高水平,命名为持续高水平组,1 347 人占 42.82%。

2.3 不同 METS-VF 类别 CVD 患病率及基本特征比较

随访至 2020 年,CVD 540 例,患病率为 17.16%;其中持续低水平组、持续中水平组和持续高水平组 CVD 分别为 62、187 和 291 例,患病率为 12.47%、14.36% 和 21.60%,差异有统计学意义($\chi^2=33.545$, $P<0.001$)。3 组年龄、性别、居住地、吸烟、CESD-10 评分、高血压和糖尿病比较,差异有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 1。

2.4 METS-VF 与 CVD 的关联分析

以 CVD 为因变量(0=否,1=是),分别以 METS-VF 类别和累计 METS-VF 为自变量,建立 3 个多因素 logistic 回归模型,模型 1 未调整变量,模型 2 调整年龄、性别、文化程度、婚姻状况和居住地,模型 3 在模型 2 的基础上调整吸烟、饮酒、睡眠时间、CESD-10 评分、高血压和糖尿病。结果显示,与持续低水平组相比,持续高水平组的 CVD 风险较高($P<0.05$),持续中水平组与 CVD 关联无统计学意义($P>0.05$);累计 METS-VF 与 CVD 风险呈正相关($P<0.05$)。见表 2。RCS 结果显示,累计 METS-VF 与 CVD 风险存在线性关系($P_{\text{非线性}}=0.212$)。亚组分析结果显示,年龄($P_{\text{交互}}=0.217$)、性别($P_{\text{交互}}=0.294$)、吸烟($P_{\text{交互}}=0.923$)、饮酒($P_{\text{交互}}=0.131$)、高血压($P_{\text{交互}}=0.479$)、糖尿病($P_{\text{交互}}=0.422$)与累计 METS-VF 对 CVD 风险的影响不存在交互作用。

3 讨论

本研究基于 CHARLS 3 146 名研究对象的纵向数据,采用 METS-VF 评估内脏脂肪代谢水平,探讨内脏脂肪代谢水平与中老年人 CVD 风险的关联。结果显示,与 METS-VF 持续低水平中老年人相比,METS-VF 持续高水平中老年人 CVD 风险较高;且累计 METS-VF 与 CVD 风险呈线性剂量-反应关系,表明内脏脂肪堆积增加 CVD 风险,且内脏脂肪随时间持续累积可能是心血管损伤发生发展的重要因素。

METS-VF 作为整合代谢、体成分及人口学信息的指标,已被证实与计算机断层扫描、磁共振成像和双能 X 线吸收法等影像学技术检测的内脏脂肪堆积结果^[12-13]类似,表明 METS-VF 在评估内脏脂肪负

表 1 不同 METS-VF 类别基本特征比较

Table 1 Comparison of basic characteristics across different METS-VF categories

项目	研究对象 (n=3 146)	持续低水平组 (n=497)	持续中水平组 (n=1 302)	持续高水平组 (n=1 347)	统计量	P 值
年龄/岁 ^①	57.00 (12.00)	55.00 (13.00)	56.00 (11.00)	59.00 (12.00)	93.109	<0.001
性别 ^②					14.869	<0.001
女	1 741 (55.34)	245 (49.30)	767 (58.91)	729 (54.12)		
男	1 405 (44.66)	252 (50.70)	535 (41.09)	618 (45.88)		
文化程度 ^②					0.943	0.624
小学及以下	2 188 (69.55)	338 (68.01)	903 (69.35)	947 (70.30)		
中学及以上	958 (30.45)	159 (31.99)	399 (30.65)	400 (29.70)		
婚姻状况 ^②					3.648	0.161
未婚/分居/离异/丧偶	288 (9.15)	49 (9.86)	104 (7.99)	135 (10.02)		
已婚	2 858 (90.85)	448 (90.14)	1 198 (92.01)	1 212 (89.98)		
居住地 ^②					27.981	<0.001
城镇	1 011 (32.14)	124 (24.95)	391 (30.03)	496 (36.82)		
农村	2 135 (67.86)	373 (75.05)	911 (69.97)	851 (63.18)		
吸烟 ^②					23.488	<0.001
否	2 218 (70.50)	306 (61.57)	929 (71.35)	983 (72.98)		
是	928 (29.50)	191 (38.43)	373 (28.65)	364 (27.02)		
饮酒 ^②					1.617	0.446
否	2 083 (66.21)	317 (63.78)	871 (66.90)	895 (66.44)		
是	1 063 (33.79)	180 (36.22)	431 (33.10)	452 (33.56)		
睡眠时间/h ^③	6.42±1.85	6.40±1.90	6.39±1.81	6.44±1.87	0.254	0.776
CESD-10评分 ^①	7.00 (9.00)	7.00 (9.00)	7.00 (8.00)	7.00 (8.00)	8.628	0.013
高血压 ^②					162.680	<0.001
否	2 475 (78.67)	448 (90.14)	1 110 (85.25)	917 (68.08)		
是	671 (21.33)	49 (9.86)	192 (14.75)	430 (31.92)		
糖尿病 ^②					25.005	<0.001
否	2 982 (94.79)	481 (96.78)	1 255 (96.39)	1 246 (92.50)		
是	164 (5.21)	16 (3.22)	47 (3.61)	101 (7.50)		

注：①采用M(Q_k)描述，组间比较采用Kruskal-Wallis H检验；②采用n(%)描述，组间比较采用χ²检验；③采用x̄±s描述，组间比较采用单因素方差分析。

表 2 METS-VF 与 CVD 关联的多因素 logistic 回归分析

Table 2 Multivariable logistic regression analysis of the association between METS-VF and CVD

变量	模型1		模型2		模型3	
	OR 值 (95%CI)	P 值	OR 值 (95%CI)	P 值	OR 值 (95%CI)	P 值
METS-VF 类别						
持续低水平组	1.000		1.000		1.000	
持续中水平组	1.177 (0.870~1.611)	0.300	1.153 (0.851~1.581)	0.368	1.163 (0.865~1.599)	0.343
持续高水平组	1.933 (1.447~2.619)	<0.001	1.853 (1.381~2.520)	<0.001	1.710 (1.263~2.342)	<0.001
累计METS-VF	1.245 (1.162~1.335)	<0.001	1.233 (1.150~1.325)	<0.001	1.197 (1.113~1.289)	<0.001

荷方面具有较好的可靠性。既往研究发现，较高的 METS-VF 可显著增加高血压、糖尿病、慢性肾病和 CVD 的发生风险^[14-16]。本研究 METS-VF 变化经 K-means 聚类分为持续低水平、持续中水平和持续高水平 3 类，持续高水平组 CVD 患病率较高，CVD 风险也较高，而持续中水平组未观察到与 CVD 风险

的统计学关联。这可能与持续中水平组基线代谢风险较低、内脏脂肪增加幅度较缓，或存在健康行为补偿效应有关；同时，可能与该组人群尚未达到内脏脂肪累积诱导的慢性炎症状态及血管损伤的病理阈值有关。本研究结果与纳入 6 827 名参与者的回顾性研究结果^[9]一致，即 METS-VF 与 CVD 风险呈正相关；

同时,本研究进一步补充了动态变化,发现持续高水平与累计 METS-VF 对 CVD 的影响较显著。这可能因为长期处于较高内脏脂肪负荷,可通过胰岛素抵抗、慢性炎症反应、氧化应激和内皮功能障碍等加速动脉粥样硬化进程^[6],从而增加 CVD 风险。

此外,累计 METS-VF 与 CVD 风险呈线性剂量-反应关系,提示任何程度的内脏脂肪长期累积均可能增加 CVD 风险。该结果对公共卫生防控具有重要意义,动态监测 METS-VF 有助于识别潜在高危内脏脂肪肥胖个体,并为 CVD 风险分层管理提供依据。亚组分析结果显示,年龄、性别、吸烟、饮酒、高血压、糖尿病与累计 METS-VF 对 CVD 风险的影响不存在交互作用,表明累计 METS-VF 与 CVD 风险的正相关结果较稳健,不受上述人口学特征和常见 CVD 危险因素的影响。

本研究从动态变化和累计水平角度证实了 METS-VF 与 CVD 风险存在关联,为内脏脂肪相关心血管风险的识别与管理提供了支持。建议对持续高水平或累计负荷较高者,除常规管理血脂、血糖等危险因素外,重点实施针对内脏脂肪的干预措施,如高强度间歇训练和地中海饮食等生活方式调整;同时,在基层医疗机构中建立 METS-VF 动态监测档案,有助于低成本、广覆盖地开展 CVD 的早期筛查与分层管理。未来研究可进一步探索多时间点轨迹特征及验证 METS-VF 的预测效能,以实现 CVD 高危人群的精准监测与早期干预。

参考文献

- [1] ROTH G A, MENSAH G A, JOHNSON C O, et al. Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990–2019: update from the GBD 2019 study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 76 (25): 2982–3021.
- [2] 黄文, 何亮, 傅玲娟, 等. 动脉粥样硬化性心血管疾病高危人群血脂控制达标的影响因素研究 [J]. *预防医学*, 2023, 35 (10): 834–839.
HUANG W, HE L, FU L J, et al. Factors affecting blood lipid control among residents at a high risk of atherosclerotic cardiovascular disease [J]. *China Prev Med J*, 2023, 35 (10): 834–839. (in Chinese)
- [3] MENSAH G A, FUSTER V, ROTH G A. A heart-healthy and stroke-free world: using data to inform global action [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2023, 82 (25): 2343–2349.
- [4] MENSAH G A, FUSTER V, MURRAY C J L, et al. Global burden of cardiovascular diseases and risks, 1990–2022 [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2023, 82 (25): 2350–2473.
- [5] 张小娜. 中老年人肥胖相关人体测量指标变化轨迹的影响因素及其与心血管疾病相关性研究 [D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2024.
ZHANG X N. Factors influencing the trajectory of obesity-related

- anthropometric indicators and their correlation with cardiovascular diseases in middle-aged and elderly people [D]. Wuhan: Hubei University of Chinese Medicine, 2024. (in Chinese)
- [6] 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.
YANG J F, HUANG X Y. Association between visceral fat index and the risk of cardiovascular disease in middle-aged and elderly people in China [J]. *J Clin Cardiol*, 2024, 40 (1): 40–45. (in Chinese)
- [7] ASHWELL M, COLE T J, DIXON A K. Obesity: new insight into the anthropometric classification of fat distribution shown by computed tomography [J]. *Br Med J*, 1985, 290 (6483): 1692–1694.
- [8] FENG L, CHEN T, WANG X, et al. Metabolism score for visceral fat (METS-VF): a new predictive surrogate for CKD risk [J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2022, 15: 2249–2258.
- [9] ZHU Y R, ZOU H J, GUO Y M, et al. Associations between metabolic score for visceral fat and the risk of cardiovascular disease and all-cause mortality among populations with different glucose tolerance statuses [J/OL]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2023 [2025–12–02]. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110842>.
- [10] BELLO-CHAVOLLA O Y, ANTONIO-VILLA N E, VARGAS-VÁZQUEZ A, et al. Metabolic score for visceral fat (METS-VF), a novel estimator of intra-abdominal fat content and cardio-metabolic health [J]. *Clin Nutr*, 2020, 39 (5): 1613–1621.
- [11] SETIAWAN K E, KURNIAWAN A, CHOWANDA A, et al. Clustering models for hospitals in Jakarta using fuzzy c-means and k-means [J]. *Procedia Comput Sci*, 2023, 216: 356–363.
- [12] TORUN C, ANKARALIH, CAŞTUR L, et al. Is metabolic score for visceral fat (METS-VF) a better index than other adiposity indices for the prediction of visceral adiposity [J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2023, 16: 2605–2615.
- [13] KAPOOR N, JIWANMALL S A, NANDYAL M B, et al. Metabolic score for visceral fat (METS-VF) estimation—a novel cost-effective obesity indicator for visceral adipose tissue estimation [J]. *Diabetes Metab Syndr and Obes*, 2020, 13: 3261–3267.
- [14] LIU Q, CUI H Z, SI F, et al. Association of cumulative exposure to metabolic score for visceral fat with the risk of cardiovascular disease and all-cause mortality: a prospective cohort study [J/OL]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2025, 16 (1) [2025–12–02]. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13702>.
- [15] TRIPATHI H, SINGH A, FARHEEN, et al. The Metabolic Score for Visceral Fat (METS-VF) as a predictor of diabetes mellitus: evidence from the 2011–2018 NHANES study [J/OL]. *PLoS One*, 2025, 20 (2) [2025–12–02]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317913>.
- [16] YANG R J, KUANG M B, QIU J J, et al. Assessing the usefulness of a newly proposed metabolic score for visceral fat in predicting future diabetes: results from the NAGALA cohort study [J/OL]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14 [2025–12–02]. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1172323>.

收稿日期: 2025–09–15 修回日期: 2025–12–02 本文编辑: 徐亚慧