·流行病与统计方法·

中国中老年人群相对脂肪量与关节炎的关联研究

薛慧芝[1],陈慧龙[1],姚楠[2],李伟举[1,2],章雨童[1],孔政辉[1],刘育伟[1],吕朝晖[2]
1.广州中医药大学第五临床医学院,广东 广州 510405;2.广东省第二中医院,广东 广州 510095

摘要:目的 本研究旨在探讨相对脂肪量(relative fat mass,RFM)与中国中老年人关节炎风险之间的关联。**方法** 使用2011 年中国健康与养老追踪调查(China Health and Retirement Longitudinal Study,CHARLS)数据进行横断面分析,共纳入 12 921 名参与者,其中男性 6 144 名(47.55%),女性 6 777 名(52.45%),平均年龄(59.49 ± 9.60)岁。采用多因素 logistic 回归和限制立方样条(restricted cubic splines,RCS)分析 RFM 与关节炎之间的横断面关联。将 2011 年横断面研究中 8 350 名未被诊断为关节炎的中老年人纳入纵向研究,随访至 2018 年。采用 Kaplan-Meier 曲线、多因素 Cox 比例风险回归模型和 RCS 分析 2011 年不同基线 RFM 水平与新发关节炎风险之间的纵向关联。同时,通过亚组分析评估该关联在不同人群亚组中的一致性,并利用敏感性分析验证模型结果的稳定性。**结果** 在横断面研究中,多因素 logistic 回归分析显示,在调整混杂因素后,较高的 RFM 与关节炎风险增加相关(*OR*=1.02,95% *CI*:1.02 ~ 1.03),与第一个四分位数(Q1)相比,Q3(*OR*=1.30,95% *CI*:1.15 ~ 1.48)和 Q4(*OR*=1.60,95% *CI*:1.40 ~ 1.82)组中老年人具有更高的关节炎风险。在纵向研究中,随访期间共 916 人被首次诊断为关节炎。多因素 Cox 回归分析显示,在调整混杂因素后,较高的 RFM 与新发关节炎风险增加相关(*HR*=1.02,95% *CI*:1.02 ~ 1.04),与 Q1 相比,Q4(*HR*=1.56,95% *CI*:1.23 ~ 1.98)组的新发关节炎风险显著高于 Q1 组。亚组分析显示,RFM 与各亚组变量之间均未表现出显著的交互作用。敏感性分析的结果与主要分析结论基本一致。构建受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve,ROC)显示,相较 BMI 等肥胖指标,RFM 对关节炎有更好的诊断效能。**结论** 在中国中老年人群中,较高水平的 RFM 与关节炎发病风险增加有关,关注 RFM 水平可能有助于早期识别关节炎风险人群,为疾病的预防和干预提供新的思路。

关键词:关节炎;相对脂肪量;中老年;中国健康与养老追踪调查(CHARLS)
中图分类号:R684.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-8507(2025)21-3872-07
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202506066

Association between relative fat mass and arthritis in a middle-aged and elderly Chinese population

XUE Hui-zhi*, CHEN Hui-long, YAO Nan, LI Wei-ju, ZHANG Yu-tong, KONG Zheng-hui, LIU Yu-wei, LV Zhao-hui
The Fifth Clinical College of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou, Guangdong 510405, China

Abstract: Objective The aim of this study was to investigate the association between relative fat mass (RFM) and the risk of arthritis in middle-aged and elderly Chinese adults. **Methods** A cross-sectional analysis was performed using 2011 CHARLS data and included a total of 12 921 participants, including 6 144 males (47.55%) and 6 777 females (52.45%), with a mean age of (59.49 ± 9.60) years. Multivariable logistic regression and restricted cubic splines (RCS) were used to analyze the cross-sectional association between RFM and arthritis. A total of 8 350 middle-aged and elderly people who were not diagnosed with arthritis in the 2011 cross-sectional study were included in the longitudinal study and followed up until 2018. Kaplan-Meier curves, multivariable Cox proportional hazards regression models, and RCS were used to analyze the longitudinal association between different baseline RFM levels and the risk of incident arthritis in 2011. Meanwhile, the consistency of this association in different population subgroups was assessed by subgroup analysis, and sensitivity analysis was used to verify the stability of the model results. **Results** In the cross-sectional study, multivariable logistic regression analysis showed that higher RFM was associated with an increased risk of arthritis after adjusting for confounders (*OR*=1.02, 95% *CI*: 1.02-1.03). Middle-aged and older adults in the Q3 (*OR*=1.30, 95% *CI*: 1.15-1.48) and Q4 (*OR*=1.60, 95% *CI*: 1.40-1.82) groups had a higher risk of arthritis compared with the first quartile (Q1). In the longitudinal study, a total of 916 individuals were first diagnosed with arthritis during the follow-up period. Multivariable Cox regression analysis showed that higher RFM was associated with an increased risk of incident arthritis after adjusting for confounders (*HR*=1.02, 95% *CI*: 1.02-1.04). The risk

基金项目:广东省基础与应用基础研究基金项目(2025A1515010409);广东省中医药局科研项目(20251020,20221023);广东省第二中医院科研创新基金项目(SEZYY2023A08)
作者简介:薛慧芝(2000—),女,硕士在读,研究方向:中西医结合防治骨关节炎
通信作者:吕朝晖,E-mail: DoctorzhLyu@163.com

of incident arthritis was significantly higher in the Q4 group (*HR*=1.56, 95% *CI*:1.23–1.98) compared with Q1. Subgroup analysis showed no significant interactions between RFM and each subgroup variable. The results of the sensitivity analysis were generally consistent with the conclusions of the primary analysis. ROC curves showed that RFM had a better diagnostic efficacy for arthritis than obesity indicators such as BMI. **Conclusion** Higher levels of RFM are associated with an increased risk of arthritis in the middle-aged and elderly Chinese population, paying attention to RFM levels may help in the early identification of populations at risk for arthritis, providing new insights for disease prevention and intervention.

Keywords: Arthritis; Relative fat mass; Middle-aged and elderly; China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS)

关节炎(arthritis)是一种以关节疼痛、僵硬和功能障碍为主要表现的慢性自身免疫性疾病,主要累及骨、关节及其周围软组织。该病可导致关节畸形、软骨退化,严重影响患者的活动能力和生活质量[1-2]。随着人口老龄化的日益严重,关节炎已成为全球范围内的公共卫生问题[3]。在我国,关节炎在中老年人群中的患病率高达 38%[4],疾病负担突出。因此,深入研究其危险因素并及早识别高风险人群,对于减轻关节炎带来的危害具有重要意义。

多项研究指出,肥胖通过增加机械负荷、诱导软骨炎症等机制显著增加关节炎患病风险[5-6]。

身体质量指数(body mass index,BMI)是评估个体体重状态的常用指标[7],但在临床应用中存在局限性,既无法区分脂肪质量与肌肉质量,也难以反映脂肪分布的性别差异,仅依赖 BMI 对关节炎进行风险评估可能导致偏倚[8]。相对脂肪量(relative fat mass,RFM)是一种新兴的人体测量指标,通过腰围、身高和性别计算得出,相比 BMI 更能准确反映全身脂肪比例[9-10]。目前关于中国人群 RFM 与关节炎风险关联的全国性研究较为有限。

本研究基于中国健康与养老追踪调查(China health and retirement longitudinal study, CHARLS)数据库,探讨中国中老年人群 RFM 与关节炎风险之间的潜在联系。

1　资料与方法

1.1　研究对象　本研究的数据来源于 CHARLS(https://charls.pku.edu.cn/)。CHARLS 是一项针对全国 45 岁及以上中老年人的追踪研究,收集了参与者的健康、经济等多维度数据。CHARLS 基线调查覆盖了全国 28 个省、150 个县 / 区的 450 个村居,总体上代表中国中老年人群。该调查已获得北京大学生物医学伦理委员会的批准(伦理号:IRB00001052-11015),所有研究对象均已签署知情同意书。

本研究中使用 CHARLS 2011—2018 年的数据进行横断面和纵向研究。横断面研究根据以下标准纳入了 12 921 名中老年人:(1)年龄≥45 岁;(2)参与体格检查,用于计算 RFM 的指标完整;(3)报告 2011 年诊断情况;(4) 重要协变量如高血压等完整。在纵向研究中,进一步排除了 CHARLS 2011 年调查中已诊断为关节炎的 4 571 名参与者,最终共纳入 8 350 名参与者。受试者纳入流程图见图 1。

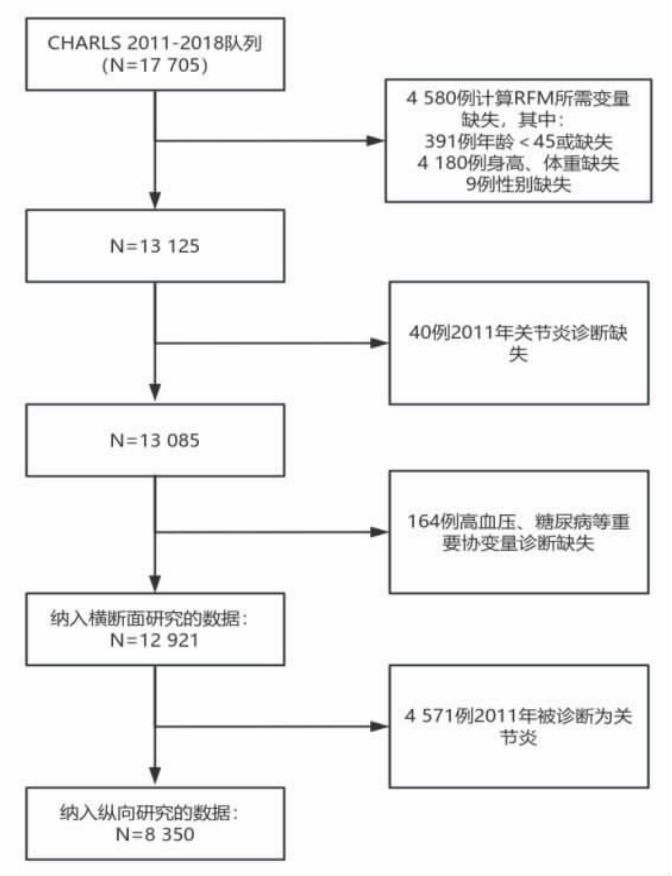


图 1　调查对象纳入流程图

Figure 1　Flowchart of participants selection

1.2　观察指标

1.2.1　关节炎的诊断　关节炎的诊断根据询问受试对象“您是否被医生诊断为关节炎?”的回答进行判断,对这个问题回答“是”的参与者被认为患有关节炎。以往研究显示,CHARLS 项目中受访对象自我陈述的疾病诊断与其医疗记录的吻合程度较高[11]。

1.2.2　RFM　本研究根据既往研究中已经验证的公式计算 RFM[10]:RFM(男性)=64-(20 × 身高 ÷ 腰围)。RFM(女性)=64-(20 × 身高 ÷ 腰围)+12。其中,身高和腰围以米为单位。

1.2.3　协变量　纳入本研究的协变量,包括社会人口学特征(年龄、文化程度、居住地、婚姻状况)、生活

方式(吸烟和饮酒状况)、健康状况(糖尿病、高血压、血脂异常)。高血压定义为收缩压≥140 mm Hg 或舒张压≥90 mm Hg 或自我报告的高血压诊断史或使用任何抗高血压药物。糖尿病定义为空腹血糖≥7.0 mmol/L 或随机血糖≥11.1 mmol/L 或糖化血红蛋白≥6.5%或自我报告的糖尿病诊断史或使用任何降糖药物。血脂异常定义为总胆固醇≥240 mg/dl 或甘油三酯≥150 mg/dl 或低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol,LDL-C)≥160 mg/dl 或高密度脂蛋白胆固醇 (high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)<40 mg/dl 或自我报告的血脂异常诊断史或正在接受降脂治疗。

1.3 统计分析 采用 R 4.2.0 (R Foundation for Statistical Computing)和 SPSS 26.0 软件进行数据统计分析。对横断面研究参与者的基线特征进行描述,根据参与者是否被诊断为关节炎将研究人群分为二组,年龄等符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验。不符合正态分布的计量资料以[$M(P_{25},P_{75})$]表示,两组间比较采用秩和检验。性别等计数资料以频数(百分数)表示,组间比较采用 χ^2 检验。等级资料比较采用秩和检验。采用多因素 logistic 回归和限制立方样条(restricted cubic splines, RCS)曲线分析 RFM 与关节炎之间的关联。

在纵向研究中, 采用 Kaplan-Meier 曲线展示关节炎的累积发病率;采用多因素 Cox 比例风险回归模型计算风险比(hazard ratio, *HR*)和 95% *CI*,评估 2011 年不同的基线 RFM 水平与新发关节炎风险之间的纵向关联;采用 RCS 曲线评估 RFM 水平与新发关节炎风险之间可能存在的非线性关系;采用亚组分析探讨社会人口学特征和健康情况在 RFM 与新发关节炎风险中的调节作用并采用敏感性分析验证模型的稳定性。构建受试者工作特征曲线 (receiver characteristic operating curve,ROC) 并计算曲线下面积 (area under the curve,AUC),比较 RFM 与 BMI、腰围、腰高比对关节炎的诊断效能。本研究制定了三种不同的模型进行多因素 logistic 回归和多因素 Cox 比例风险回归分析:模型 1 没有进行变量调整;模型 2 调整了年龄、婚姻状况、受教育程度、居住地;模型 3 在模型 2 的基础上调整了吸烟情况、饮酒状况、高血压、糖尿病、血脂异常。检验水准 α=0.05。

2 结　果

2.1 横断面研究中对象的基本特征 本研究最终纳入 12 921 名对象,平均年龄(59.49 ± 9.60)岁。其中男性占 47.55%,女性占 52.45%。其中关节炎组 4 571 例(35.38%),无关节炎组 8 350 例(64.62%)。关节炎组 RFM 明显高于无关节炎组,分别为(33.87 ± 8.70)和(32.11 ± 8.54),差异有统计学意义(P<0.01)。关节炎组与无关节炎组在年龄、BMI、身高、体重、性别、婚姻情况、受教育程度、吸烟状况、饮酒状况、糖尿病、血脂异常等方面差异均具有统计学意义(P 均<0.05)。见表 1。

表 1 2011 年关节炎人群与非关节炎人群基线特征对比[($\bar{x} \pm s$),n(%)]

Table 1 Comparison of baseline characteristics between arthritis and non-arthritis populations in 2011 [($\bar{x} \pm s$), n(%)]

组别	总体 (n=12 921)	无关节炎组 (n=8 350)	关节炎组(n=4 571)	t/χ^2 值	P 值
年龄(岁)	59.49 ± 9.60	59.10 ± 9.78	60.20 ± 9.23	-6.34	<0.001
RFM	32.73 ± 8.64	32.11 ± 8.54	33.87 ± 8.70	-11.15	<0.001
BMI(kg/m^2)	23.46 ± 3.90	23.40 ± 3.88	23.57 ± 3.94	-2.22	0.026
身高(cm)	158.11 ± 8.63	158.96 ± 8.60	156.56 ± 8.46	15.23	<0.001
体重(kg)	58.84 ± 11.71	59.32 ± 11.75	57.94 ± 11.58	6.41	<0.001
腰围(cm)	85.30 ± 10.18	85.24 ± 10.07	85.42 ± 10.38	-0.96	0.336
性别				109.89	<0.001
女性	6 777 (52.45)	4 095 (49.04)	2 682 (58.67)		
男性	6 144 (47.55)	4 255 (50.96)	1 889 (41.33)		
婚姻情况				5.89	0.015
已婚并与配偶同居	11 210 (86.76)	7 289 (87.29)	3 921 (85.78)		
未婚 / 分居 / 丧偶	1 711 (13.24)	1 061 (12.71)	650 (14.22)		
文化程度				153.62	<0.001
高中及以上	1 385 (10.72)	1 047 (12.54)	338 (7.39)		
中学	2 612 (20.22)	1 833 (21.95)	779 (17.04)		
小学	5 271 (40.79)	3 264 (39.09)	2 007 (43.91)		
文盲	3 653 (28.27)	2 206 (26.42)	1 447 (31.66)		
居住地				1.00	0.317
农村	1 485 (11.49)	977 (11.70)	508 (11.11)		
城市	11 436 (88.51)	7 373 (88.30)	4 063 (88.89)		
BMI 分类				5.35	0.069
正常范围	6 839 (52.93)	4 482 (53.68)	2 357 (51.56)		

（续表）

组别	总体 (*n*=12 921)	无关节炎组 (*n*=8 350)	关节炎组(*n*=4 571)	t/χ^2 值	*P* 值
超重及肥胖	5 189 (40.16)	3 297 (39.49)	1 892 (41.39)		
体重过轻	893 (6.91)	571 (6.84)	322 (7.04)		
吸烟				37.14	<0.001
无	7 753 (60.00)	4 848 (58.06)	2 905 (63.55)		
有	5 168 (40.00)	3 502 (41.94)	1 666 (36.45)		
饮酒				10.88	<0.001
无	9 720 (75.23)	6 204 (74.30)	3 516 (76.92)		
有	3 201 (24.77)	2 146 (25.70)	1 055 (23.08)		
糖尿病				13.69	<0.001
无	11 284 (87.33)	7 359 (88.13)	3 925 (85.87)		
有	1 637 (12.67)	991 (11.87)	646 (14.13)		
高血压				3.81	0.051
无	7 734 (59.86)	5 050 (60.48)	2 684 (58.72)		
有	5 187 (40.14)	3 300 (39.52)	1 887 (41.28)		
血脂异常				7.34	0.007
无	8 116 (62.81)	5 316 (63.66)	2 800 (61.26)		
有	4 805 (37.19)	3 034 (36.34)	1 771 (38.74)		

2.2　横断面研究中 RFM 与关节炎风险的关联分析

2.2.1　RFM 与关节炎风险的多因素 logistic 回归分析　调整混杂因素后，较高的 RFM 与关节炎风险增加相关，模型 3（*OR*=1.02，95% *CI*：1.02 ~ 1.03，*P*<0.001）表明 RFM 每增加一个单位，关节炎的风险升高 2%。进一步将 RFM 转换为分类变量进行分析，以 RFM 最低四分位数（Q1）作为参照，模型 3 中 Q3 组关节炎风险升高了 30%（*OR*=1.30，95% *CI*：1.15 ~ 1.48，*P*<0.001），Q4 组关节炎风险升高了 60%（*OR*=1.60，95% *CI*：1.40 ~ 1.82，*P*<0.001）。见表 2。

表 2　基于多因素 logistic 回归模型分析 RFM 与关节炎风险的关联

Table 2　Association between RFM and arthritis risk based on multivariable logistic regression analysis

组别	模型 1		模型 2		模型 3	
	OR (95%*CI*)	*P* 值	*OR* (95%*CI*)	*P* 值	*OR* (95%*CI*)	*P* 值
RFM	1.02 (1.02 ~ 1.03)	<0.001	1.02 (1.02 ~ 1.03)	<0.001	1.02 (1.02 ~ 1.03)	<0.001
RFM Q						
Q1	(Reference)		(Reference)		(Reference)	
Q2	1.02 (0.91 ~ 1.13)	0.782	1.05 (0.94 ~ 1.16)	0.394	1.04 (0.93 ~ 1.16)	0.512
Q3	1.29 (1.16 ~ 1.43)	<0.001	1.30 (1.17 ~ 1.45)	<0.001	1.30 (1.15 ~ 1.48)	<0.001
Q4	1.67 (1.50 ~ 1.85)	<0.001	1.61 (1.45 ~ 1.79)	<0.001	1.60 (1.40 ~ 1.82)	<0.001

注：模型 1 没有进行变量调整；模型 2 调整了年龄、居住地、婚姻情况、受教育程度；模型 3 在模型 2 的基础上调整了吸烟情况、饮酒情况、高血压、糖尿病、血脂异常。

2.2.2　RFM 与关节炎发病风险的 RCS 分析　采用 RCS 曲线探究 RFM 与关节炎风险之间的剂量 – 反应关系，结果显示，RFM 与关节炎发病风险存在显著的非线性关联（$P_{整体}$<0.001，$P_{非线性}$=0.016）。见图 2。

2.3　纵向数据 RFM 与新发关节炎风险的关联分析

2.3.1　关节炎发生率　在随访期间共 916 名中老年人被首次诊断为关节炎，发生率为 10.97%。其中 RFM Q1 组、Q2 组、Q3 组、Q4 组分别有 182、205、233 和 296 例。发生率分别为 2.18%、2.46%、2.79%、3.54%。Kaplan–Meier 累积发生率曲线分析显示，随着随访时间的延长，4 组的新发关节炎累积发生率呈明显上升趋势，且组间差异具有统计学意义（log–rank *P*<0.05）。见图 3。

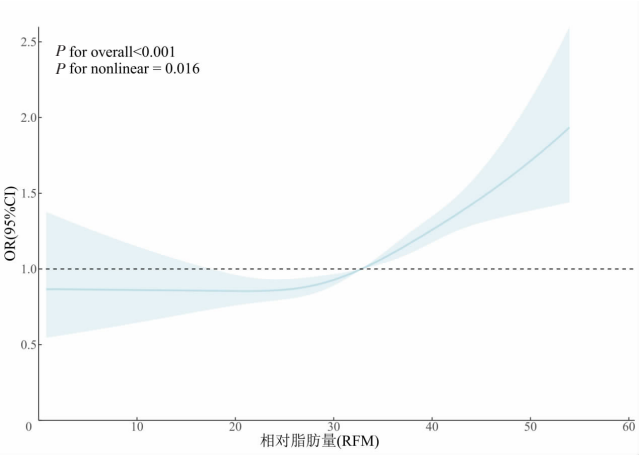


图 2　RFM 与关节炎风险的剂量 – 反应关系

Figure 2　Dose–response relationship between RFM and arthritis risk

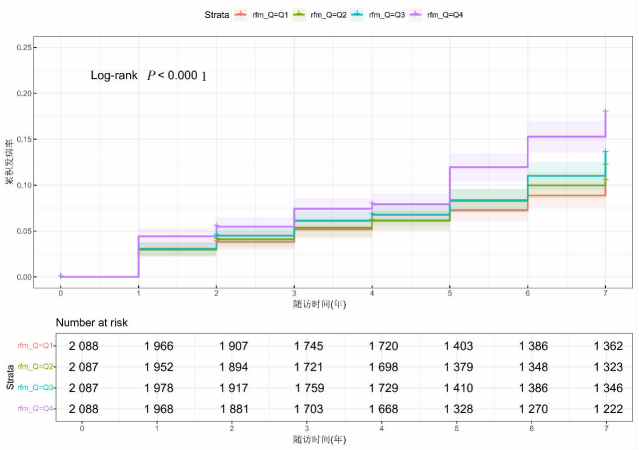


图 3　RFM 与新发关节炎的累积发生率比较

Figure 3　Comparison of the cumulative incidence of incident arthritis across RFM levels

2.3.2　RFM 与新发关节炎发病风险的多因素 COX 回归分析　在调整混杂因素后，较高的 RFM 与新发关节炎风险增加相关，模型 3（*HR*=1.02，95% *CI*：1.01 ~ 1.04，*P*<0.001）表明 RFM 每增加 1 个单位，关节炎的发病风险升高 2%。进一步将 RFM 转换为分类变量进行分析，以 Q1 为参照，模型 3 中 Q4 组关节炎发病风险升高了 56%（*HR*=1.56，95% *CI*：1.23 ~ 1.98，*P*<0.001）。见表 3。

2.3.3　RFM 与新发关节炎风险的 RCS 分析　进一步运用 RCS 风险曲线探究 RFM 与新发关节炎风险之间的剂量 - 反应关系，结果显示，RFM 与新发关节炎风险未呈现显著的非线性关联（$P_{非线性}$=0.688）。见图 4。

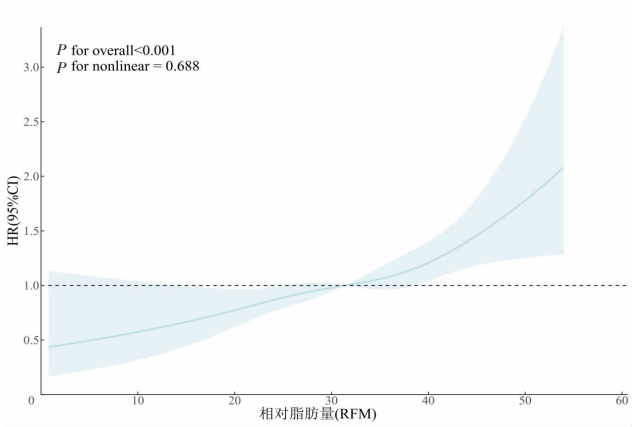


图 4　RFM 与新发关节炎风险的剂量 - 反应关系

Figure 4　Dose-response relationship between RFM and incident arthritis risk

表 3　基于多因素 COX 回归模型分析 RFM 对新发关节炎风险的影响

Table 3　Association between RFM and incident arthritis risk based on multivariable Cox regression analysis

组别	模型 1		模型 2		模型 3	
	OR (95%*CI*)	*P* 值	*OR* (95%*CI*)	*P* 值	*OR* (95%*CI*)	*P* 值
RFM	1.03 (1.02 ~ 1.03)	<0.001	1.03 (1.02 ~ 1.03)	<0.001	1.02 (1.01 ~ 1.04)	<0.001
RFM Q						
Q1	(Reference)		(Reference)		(Reference)	
Q2	1.14 (0.94 ~ 1.40)	0.185	1.15 (0.94 ~ 1.41)	0.165	1.09 (0.89 ~ 1.33)	0.428
Q3	1.28 (1.05 ~ 1.55)	0.013	1.29 (1.06 ~ 1.57)	0.013	1.26 (1.00 ~ 1.59)	0.052
Q4	1.70 (1.41 ~ 2.04)	<0.001	1.68 (1.38 ~ 2.03)	<0.001	1.56 (1.23 ~ 1.98)	<0.001

注：模型 1：没有进行变量调整；模型 2：调整了年龄、居住地、婚姻情况、受教育程度；模型 3：在模型 2 的基础上调整了吸烟情况、饮酒情况、高血压、糖尿病、血脂异常。

2.3.4　RFM 与新发关节炎风险的亚组分析　调整潜在混杂因素后，RFM 与新发关节炎风险之间的正相关关系在绝大多数亚组中依然保持稳定（*HR*>1，*P*<0.05）。此外，RFM 与各亚组变量之间均未表现出显著的交互作用（交互作用均 *P*>0.05）。见图 5。

2.3.5　敏感性分析　排除了在随访开始前两年内新发关节炎的参与者后评估了变量间的关联。结果与未排除的分析结论基本一致，表明研究结果具有较好的稳健性和可靠性。见表 4。

2.3.6　RFM 与部分肥胖指标对关节炎的诊断效能分析　构建 ROC 曲线分析 RFM、BMI、腰围、腰高比对关节炎的诊断效能，结果显示，RFM 诊断效能最优（AUC=0.564）。见图 6。

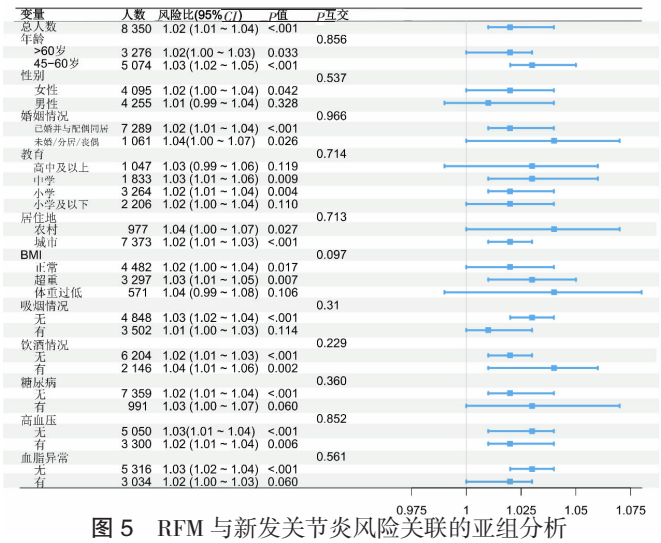


图 5　RFM 与新发关节炎风险关联的亚组分析

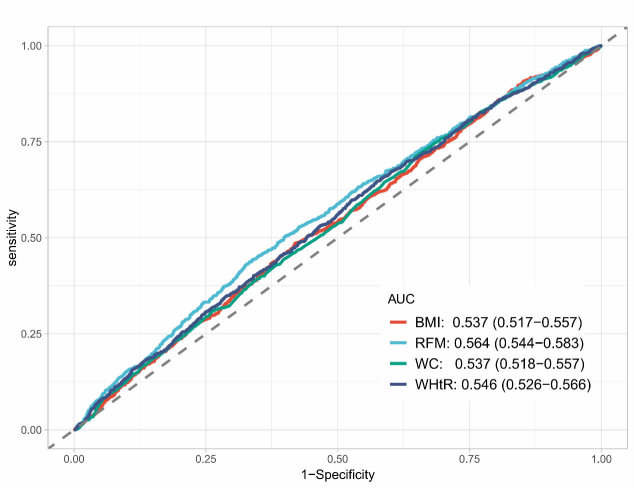
Figure 5　Subgroup analyses of the association between RFM and incident arthritis risk

表 4　RFM 与新发关节炎风险的敏感性分析结果

Table 4　Sensitivity analyses of RFM and incident arthritis risk

组别	模型 1		模型 2		模型 3	
	HR (95%*CI*)	*P* 值	*HR* (95%*CI*)	*P* 值	*HR* (95%*CI*)	*P* 值
RFM	1.03(1.02 ~ 1.04)	<0.001	1.03(1.02 ~ 1.04)	<0.001	1.03(1.02 ~ 1.04)	<0.001
RFM Q						
Q1	(Reference)		(Reference)		(Reference)	
Q2	1.19(0.92 ~ 1.55)	0.179	1.19(0.92 ~ 1.54)	0.193	1.09(0.84 ~ 1.42)	0.507
Q3	1.35(1.05 ~ 1.73)	0.020	1.45(1.12 ~ 1.87)	0.005	1.45(1.07 ~ 1.95)	0.015
Q4	1.88(1.48 ~ 2.38)	<0.001	1.93(1.51 ~ 2.47)	<0.001	1.81(1.33 ~ 2.46)	<0.001

注：模型 1 没有进行变量调整；模型 2 调整了年龄、居住地、婚姻情况、受教育程度；模型 3 在模型 2 的基础上调整了吸烟情况、饮酒情况、高血压、糖尿病、血脂异常。



注：WC为腰围。

图 6　RFM、BMI、腰围、腰高比对关节炎的诊断效能分析

Figure 6　Analysis of the diagnostic efficiency of RFM, BMI, WC, and WHtR for arthritis

3　讨　论

肥胖是关节炎的重要危险因素[12]，其作用机制主要包括增加机械负荷、诱发全身性炎症反应、引起代谢紊乱以及导致肠道菌群失衡等[13-16]，其中，肥胖引发的系统性和局部炎症反应尤为关键[17-18]。脂肪组织尤其是内脏脂肪的过度积累可促进促炎因子如 IL-6 的释放，激活 NF-κB/JNK 等信号通路，诱导滑膜炎症和软骨细胞凋亡。同时，血脂异常还可进一步加剧炎症反应和氧化应激[19-20]。肥胖相关的肠道菌群失调可能通过“肠 - 关节”轴影响免疫稳态，诱发和加重关节炎症。因此，及早识别肥胖人群并采取针对性的预防措施，对于预防和减轻关节炎的危害具有重要意义。

BMI、腰围被广泛应用于评估肥胖及其相关疾病风险[21-23]，然而，两者均存在一定局限：BMI 仅依据身高与体重计算，无法区分脂肪组织与肌肉组织的质量[24]；WC 虽能直接反映腹部脂肪的堆积情况，但其测量结果易受测量者手法、测量位置、受试者呼吸状态等因素影响，且难以全面反映全身脂肪分布情况[25]。RFM 作为一种新兴的肥胖评估指标，基于腰围、身高和性别等简单易获取的数据计算得出，其通过比值形式综合考量身体比例，不仅弥补了 BMI 无法区分身体成分的缺陷，还能更准确估算体脂率，尤其在识别中心性肥胖方面更具优势。此外，RFM 在计算中对性别进行了调整，能更准确地评估不同性别人群的体脂水平。因此，RFM 被认为是 BMI、腰围的补充甚至代替工具。研究发现，RFM 在预测其他疾病如 2 型糖尿病、抑郁症方面也具有出色的表现[26]，其在公共卫生和临床研究多个领域均具有潜在的应用价值[27]。

本项针对中国中老年人的大型横断面及纵向研究进一步验证了 RFM 在关节炎风险评估中的价值。研究发现，RFM 与关节炎风险之间存在显著的正相关关系，其诊断效能优于 BMI 等传统指标，提示 RFM 可作为评估关节炎风险的有效指标。

本研究具有多项优势：首先，研究基于 CHARLS 这一大型、具有全国代表性的队列数据，探讨了中国中老年人群中 RFM 与关节炎风险之间的关联。为增强研究结果的普遍适用性，对多个潜在亚组进行了亚组分析，更准确地评估了 RFM 与关节炎风险之间的关系。此外，本研究还进行了敏感性分析，验证了模型的稳定性。

本研究也存在一定的局限性：一是，本研究的主要终点依赖于参与者自我报告的医生诊断信息，这种方法可能存在回忆偏差。二是，研究缺乏关于关节炎具体亚型的详细信息。此外，尽管在分析中已对多项协变量进行了调整，但仍无法完全排除残余混杂因素的影响。

综上，在中国中老年人群中，较高水平的 RFM 与关节炎发病风险增加有关，对 RFM 水平的密切监测以及将其控制在较低范围，可能在关节炎预防中具有重要意义。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1]　Jang S, Lee K, Ju JH. Recent updates of diagnosis, pathophysiology, and treatment on osteoarthritis of the knee[J]. International Journal of

Molecular Sciences, 2021, 22(5): 2619.

[2] Varela-Eirin M, Loureiro J, Fonseca E, et al. Cartilage regeneration and ageing: Targeting cellular plasticity in osteoarthritis [J]. Ageing Research Reviews, 2018, 42: 56-71.

[3] 贾笛,韦佳佳,段修权,等. 基于全球视角的中国骨关节炎疾病负担分析[J]. 现代预防医学,2022,49(13):2312-2316.
Jia D, Wei JJ, Duan XQ, et al. Analysis of the disease burden of osteoarthritis in China from global perspective[J]. Modern Preventive Medicine, 2022, 49(13): 2312-2316.(In Chinese)

[4] Kloppenburg M, Namane M, Cicuttini F. Osteoarthritis[J]. Lancet (London, England), 2025, 405(10472): 71-85.

[5] Blüher M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis [J]. Nature Reviews Endocrinology, 2019, 15(5): 288-298.

[6] Bliddal H, Leeds AR, Osteoarthritis CR. Obesity and weight loss: evidence, hypotheses and horizons-a scoping review [J]. Obesity Reviews, 2014, 15(7): 578-586.

[7] Elmaleh-Sachs A, Schwartz JL, Bramante CT, et al. Obesity management in adults: a review [J]. JAMA : the Journal of the American Medical Association, 2023, 330(20): 2000-2015.

[8] Godziuk K, Hawker GA. Obesity and body mass index: Past and future considerations in osteoarthritis research [J]. Osteoarthritis and Cartilage, 2024, 32(4): 452-459.

[9] Do prado CB, Martins CA, Cremonini ACP, et al. Cut points of the conicity index and associated factors in Brazilian rural workers [J]. Nutrients, 2022, 14(21): 4487.

[10] Woolcott OO, Bergman RN.Relative fat mass(RFM)as a new estimator of whole-body fat percentage—A cross-sectional study in American adult individuals[J]. Scientific Reports, 2018, 8(1): 10980.

[11] Xie DH, Wang JW. Comparison of self-reports and biomedical measurements on hypertension and diabetes among older adults in China[J]. BMC Public Health, 2020, 20(1): 1664.

[12] Allen KD, Thoma LM, Golightly YM. Epidemiology of osteoarthritis [J]. Osteoarthritis and Cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society, 2022, 30(2): 184-195.

[13] Tong LP, Yu H, Huang XY, et al. Current understanding of osteoarthritis pathogenesis and relevant new approaches [J]. Bone Res, 2022, 10(1): 60.

[14] Chen LZ, Zheng JJY, Li GY, et al. Pathogenesis and clinical management of obesity-related knee osteoarthritis: Impact of mechanical loading[J]. J Orthop Translat, 2020, 24: 66-75.

[15] Sun AR, Udduttula A, Li J, et al. Cartilage tissue engineering for obesity-induced osteoarthritis: Physiology, challenges, and future prospects[J]. J Orthop Translat, 2021, 26: 3-15.

[16] Gløersen M, Steen PP, Neogi T, et al. Associations of body mass index with pain and the mediating role of inflammatory biomarkers in People with hand osteoarthritis[J]. Arthritis Rheumatol, 2022, 74(5): 810-817.

[17] Binvignat M, Sellam J, Berenbaum F, et al. The role of obesity and adipose tissue dysfunction in osteoarthritis pain [J]. Nature Reviews Rheumatology, 2024, 20(9): 565-584.

[18] Sampath SJP, Venkatesan V, Ghosh S, et al. Obesity, metabolic syndrome, and osteoarthritis—an updated review[J]. Current Obesity Reports, 2023, 12(3): 308-331.

[19] Tang RH, Harasymowicz NS, Wu CL, et al. Gene therapy for fat-1 prevents obesity-induced metabolic dysfunction, cellular senescence, and osteoarthritis [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2024, 121(43): e2402954121.

[20] Liu Y, Ding W, Wang HL, et al. Gut microbiota and obesity-associated osteoarthritis [J]. Osteoarthritis and Cartilage/OARS, Osteoarthritis Research Society, 2019, 27(9): 1257-1265.

[21] Jiang LY, Tian WJ, Wang YC, et al. Body mass index and susceptibility to knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis[J]. Joint Bone Spine, 2012, 79(3): 291-297.

[22] Gill SV, Hicks GE, Zhang Y, et al. The association of waist circumference with walking difficulty among adults with or at risk of knee osteoarthritis: the Osteoarthritis Initiative [J]. Osteoarthritis and Cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society, 2017, 25 (1): 60-66.

[23] Zhang FL, Ren JX, Zhang P, et al. Strong association of waist circumference (WC), body mass index (BMI), Waist-to-Height ratio (WHtR), and Waist-to-Hip ratio (WHR) with diabetes: a Population-Based Cross-Sectional study in Jilin province, China[J]. Journal of Diabetes Research, 2021, 2021: 8812431.

[24] Woolcott OO, Seuring T. Temporal trends in obesity defined by the relative fat mass (RFM) index among adults in the United States from 1999 to 2020: a population-based study[J]. BMJ Open, 2023, 13(8): e071295.

[25] Piché ME, Poirier P, Lemieux I, et al. Overview of epidemiology and contribution of obesity and body fat distribution to cardiovascular disease: an update[J]. Progress in Cardiovascular Diseases, 2018, 61 (2): 103-113.

[26] Wang D, Chen ZT, Wu YR, et al. Association between two novel anthropometric measures and type 2 diabetes in a Chinese population [J]. Diabetes Obesity & Metabolism, 2024, 26(8): 3238-3247.

[27] Zhu XL, Yue Y, Li L, et al. The relationship between depression and relative fat mass (RFM): A population-based study [J]. Journal of Affective Disorders, 2024, 356: 323-328.

收稿日期:2025-06-06