·流行病与统计方法·

少肌型腹部肥胖与糖尿病前期人群疾病转归的相关性研究

林小灵[1],艾星星[1],袁香华[2],黄洁微[3],张诗阳[1],刘荞瑀[1],余艳梅[4]
1. 暨南大学 护理学院,广东 广州 510632;2. 暨南大学附属第一医院 心血管内科;
3. 暨南大学附属第一医院 护理部;4. 暨南大学附属第一医院 内分泌科

摘要:目的　少肌肉型腹部肥胖(D/AO)与糖尿病前期(PreDM)转变的关系尚未得到充分探索,尤其在中国中老年人群中。本研究旨在于探究 PreDM 转变与 D/AO 之间的关联。**方法**　纳入了中国健康与退休纵向研究(CHARLS)中 2 438名≥45 岁 PreDM 参与者,采用其 2011 年和 2015 两波数据进行前瞻性分析。通过 logistic 回归模型检验 D/AO 与 PreDM 转变之间的纵向关联,并运用敏感性分析和亚组分析,以评估二者关联的稳健性。**结果**　调整所有协变量后,D/AO 与 PreDM 消退(*OR*:0.556;95 % *CI*:0.340 ~ 0.909)、进展为 DM 显著相关(*OR*:1.780;95% *CI*:1.158 ~ 2.736)。亚组分析显示,在有高血压病史、无高血脂、低社交活跃度、无烟酒史、夜间睡眠时长≤7.5 h 的参与者中,D/AO 与 PreDM 的消退存在关联;在无冠心、无高血压、高血脂病史、夜间睡眠时长、吸烟史、饮酒史及社交活跃度中,D/AO 与 PreDM 的进展为 DM 呈显著关联。**结论**　少肌型腹部肥胖(D/AO)会增加 PreDM 进展为 DM 的风险,同时降低其消退的可能性。这些发现强调,在糖尿病预防策略及公共卫生政策中,需增加针对 PreDM 及高危人群提高肌肉力量、减少腹部肥胖的干预措施。

关键词:少肌型腹部肥胖;糖尿病前期;D/AO;糖尿病前期转归
中图分类号:R587.1　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1003 - 8507(2026)02 - 205 - 08
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202508048

Correlation between dynapenic abdominal obesity and disease outcomes in prediabetic population

LIN Xiao - ling*, AI Xing - xing, YUAN Xiang - hua, HUANG Jie - wei, ZHANG Shi - yang, LIU Qiao - yu, YU Yan - mei
* *School of Nursing, Jinan University, Guangzhou, Guangdong* 510632, *China*

Abstract: Objective　To investigate the association between PreDM transition and D/AO. The relationship between dynapenic abdominal obesity (D/AO) and the transition of prediabetes (PreDM) has not been fully explored, especially in middle - aged and elderly Chinese populations. **Methods**　A total of 2 438 PreDM participants aged ≥ 45 years from the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) were included, and data from two waves (2011 and 2015) were used for prospective analysis. Logistic regression models were applied to examine the longitudinal association between D/AO and PreDM transition, while sensitivity analysis and subgroup analysis were conducted to evaluate the robustness of this association. **Results** After adjusting for all covariates, D/AO was significantly associated with both PreDM regression (*OR*: 0.556; 95% *CI*: 0.340 - 0.909) and progression to diabetes mellitus (DM) (*OR*: 1.780; 95% *CI*: 1.158 - 2.736). Subgroup analysis showed that D/AO was significantly associated with PreDM regression in participants with a history of hypertension, without hyperlipidemia, with low social activity, without smoking or drinking habits, and with nighttime sleep duration ≤7.5 hours. Additionally, D/AO was significantly associated with PreDM progression to DM in participants without coronary heart disease, without hypertension, with a history of hyperlipidemia, and across different subgroups of nighttime sleep duration, smoking history, drinking history, and social activity levels. **Conclusion**　Dynapenic abdominal obesity (D/AO) increases the risk of PreDM progressing to DM and reduces the likelihood of PreDM regression. These findings emphasize that in diabetes prevention strategies and public health policies, interventions aimed at improving muscle strength and reducing abdominal obesity should be enhanced for PreDM individuals and high - risk populations.

Keywords: Sarcopenic abdominal obesity; Prediabetes; D/AO; Outcome of prediabetes

基金项目:广东省护士协会面上项目(gdshsxh2024ms24)
作者简介:林小灵(1999—),女,硕士在读,研究方向:慢性病护理与管理
通信作者:黄洁微,E - mail:Dmapn@126.com

糖尿病前期(Prediabetes mellitus, PreDM)是发展为 2 型糖尿病的高危状态,其特征是血糖水平高于正常水平,但低于糖尿病的诊断阈值[1]。根据中国全国代表性人群的横断面研究[2]显示,2013 至 2018 年我国 PreDM 的患病率有所增加,从 35.7% 增长至 38.1%。PreDM 的发展包括进展为糖尿病(Diabetes Mellitus, DM)或消退为正常血糖(Normal Fasting Glucose, NFG)[3-4]。PreDM 在 5 年内进展为 DM 的发生率为 18% 至 39%,而 NFG 消退率为 33% ~ 59%[5]。与维持 PreDM 状态不变相比,PreDM 进展为 DM 时,会加剧各种心血管和代谢疾病,导致严重的不良结局,当 PreDM 转归至 NFG 时,并发症风险降低[6]。因此,必须系统地评估影响 PreDM 进展和消退的关键因素。

随着年龄的增长,肌肉力量的下降超过了肌肉质量的下降,这种与年龄相关的肌肉力量损失可称之为“动力不足”。同时存在动力不足(定义为肌肉力量低下)和腹部肥胖(AO)的情况被描述为少肌型腹部肥胖(D/AO)[7]。研究[8]指出肌肉减少性肥胖所介导的胰岛素抵抗(Insulin Resistance, IR)可伴随着慢性炎症和氧化应激,在代谢和功能障碍的病理生理学中起负协同作用,肥胖和肌肉力量下降都会增加患糖尿病的风险[9],因此 D/AO,可能与 PreDM 的转变存在显着相关。越来越多的研究证明[10-12],D/AO 对个体的影响,但目前更多是聚焦于心血管疾病、慢性肾脏病等之间的关系,缺乏 D/AO 与 PreDM 人群之间关系的研究。基于此,本研究提出假设:D/AO 可能与 PreDM 的转变相关,并旨在利用中国健康与退休纵向研究(CHARLS)数据,深入探讨 D/AO 对 PreDM 转变的影响。

1 方 法

1.1 *数据源和研究人群* CHARLS 作为一项具备全国代表性的队列研究,本研究利用了 2011 年 2015 年进行的两波 CHARLS 调查的数据[13]。基线调查于 2011 年至 2012 年进行,随访至 2015 年。最初包括 18 855 名参与者。排除标准:(1)基线时自我报告患有 DM 的个体;(2)基线空腹血糖(FPG) < 5.6mmol/L、≥7.0 mmol/L 或 HbA1c 5.7% ~ 6.4% 的参与者;(3)基线时缺乏自我报告 DM 诊断记录、疾病史、相关生活史等资料,且缺少 FPG、HbA1c、WC(腰围)、BMI 以及握力值极端的个体数据的个体;(4)随访信息(自我报告 DM、FPG、HbA1c 数据等)不完整的参与者;(5)年龄未记录或小于 45 岁的人。最终共有 2 438名参与者被纳入最终分析。该研究获得北京大学生物医学伦理审查委员会(IRB00001052 - 11015)的批准,所有参与者在入组前均提供书面知情同意书[13]。详见图 1。

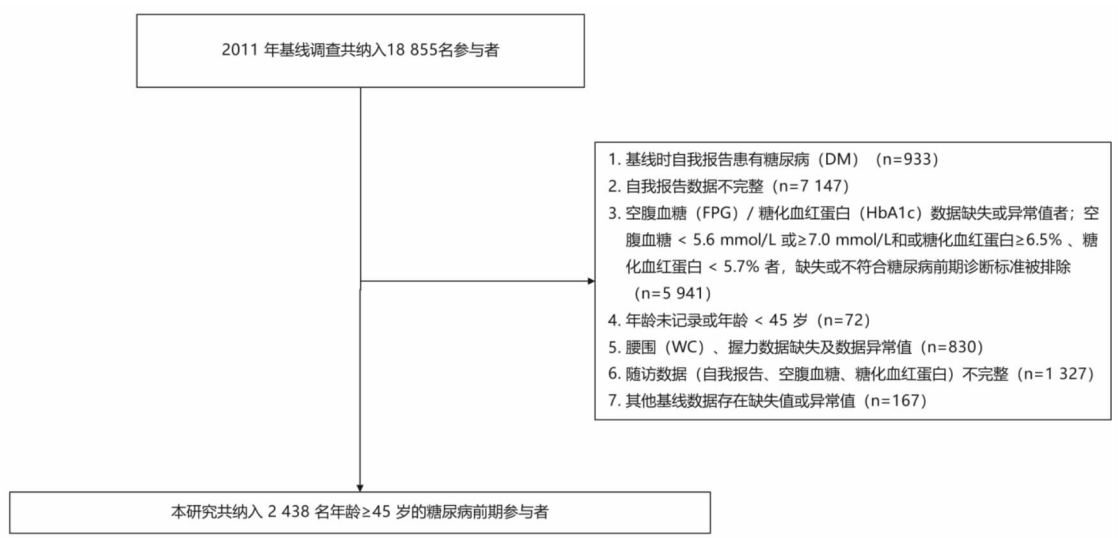


图 1 参与者选择过程详细流程图

Fig. 1 Flow chart of participant selection process

2 测 量

2.1 *糖尿病的诊断和随访* 糖尿病前期的发展包括进展为糖尿病(DM)和消退(NFG)。根据空腹血糖受损以 ADA 标准评估血糖状况[14]。消退至正常血糖(NFG)定义为随访时空腹血糖(Fasting Plasma Glucose, FPG) < 5.6 mmol/L 和 HbA1c < 5.7%,且未自我报告为糖尿病者;糖尿病前期定义为随访时 FPG

5.6 ~ 6.9 mmol/L 或 HbA1c 5.7% ~ 6.4%，且未自我报告为糖尿病者；糖尿病定义为随访时 FPG ≥ 7.0 mmol/L、HbA1c ≥ 6.5% 或自我报告糖尿病病史者。

2.2　肌力减少性和腹部肥胖　握力（Hand Grip Strength，HGS）是整体肌肉力量的代表，由训练有素的工作人员使用标准化测力计（粤剑 WL - 1000，中国）进行测量，根据亚洲肌肉减少症工作组（AWGS）2019 年标准[15]，男性握力 < 28 公斤，女性握力 < 18 公斤定义为肌力减少。参照 2024 年中华医学会肥胖管理指南[16]，采用腰围（WC）评估腹部肥胖：男性 ≥ 90 厘米，女性 ≥ 85 厘米。参与者分为四组[11]：非少肌及无腹部肥胖型（ND/NAO）、单独腹部肥胖型（ND/AO）、单独少肌型（D/NAO）和少肌腹部肥胖型（D/AO）。

2.3　潜在协变量　标准化结构化问卷记录了人口统计信息（性别、年龄、婚姻史、教育程度、自我感觉）、疾病信息（高血糖、高血压、冠心病、高血脂）、体重指数、健康行为（吸烟、饮酒、睡眠状况、进食状况、社交活动）和实验室参数。高血脂、高血压、冠心病依据参与者自我报告病史定义。受试者禁食过夜后采静脉血，送北京中心实验室，以标准生化法测空腹血糖与 HbA1c。以社交活跃度来评估参与者社交活动情况，CHARLS 问卷含 11 项老年人社交活动参与情况（如串门、打麻将等），每项需填写活动有无（有 = 1 分，无 = 0 分）与频率（不经常 = 1 分，每周 = 2 分，每天 = 3 分），两者相乘得单项得分，11 项相加总分为社交活跃度[17]，≤2 分为社交活跃度低，> 2 分为社交活跃度高[17]。

2.4　统计学分析　具有正态分布的连续变量表示为均值 ± 标准差（*SD*），非正态分布变量以中位数（25%，75%）表示。分类变量以频率和百分比表示。组间比较采用 χ^2 检验、单因素 ANOVA 和/或非参数 Kruskal Wallis 检验。通过 logistic 回归分析评估 D/AO 与 PreDM 转变的关联，计算 3 个模型中的比值比（*OR*）和 95% 置信区间（*CI*）。按参与者特点进行亚组分析，检验水准 $\alpha = 0.05$。所有统计分析都采用 R 4.3.2 进行操作。

3　结　果

3.1　研究参与者的基线特征　表 1 显示，2 438 名参与者的平均年龄 59.48 ± 8.69 岁，其中 20.9%（511 人）实现糖尿病前期消退，16.4%（400 人）进展为糖尿病，62.7%（1 527 人）仍维持糖尿病前期。在消退者中，年龄更低、男性、有饮酒史、BMI < 24 kg/m^2、非少肌及无腹部肥胖型（ND/NOA）及单独少肌型（D/NAO）比例更高；进展者中，年龄更高、女性、无饮酒史、高血压、高血脂、BMI ≥ 24 kg/m^2、少肌型腹部肥胖（D/AO）、单纯腹部肥胖型（ND/AO）发生率更高；在维持糖尿病中，无高血压、无高血脂比例更高。

表 1　研究参与者的基线特征

Table 1　Baseline characteristics of study participants

变量	Total（*n* = 2 438）	消退（*n* = 511）	维持（*n* = 1 527）	进展（*n* = 400）	F/χ^2	*P* 值
教育程度					8.875	0.064
小学及以下	1 735(71.2)	340(66.5)	1 097(71.8)	298(74.5)		
初中	514(21.1)	121(23.7)	320(21.0)	73(18.3)		
高中及以上	189(7.8)	50(9.8)	110(7.2)	29(7.2)		
性别					14.418	0.001
男	1 138(46.7)	276(54.0)	689(45.1)	173(43.3)		
女	1 300(53.3)	235(46.0)	838(54.9)	227(56.8)		
吸烟					2.458	0.293
无	1 497(61.4)	299(58.5)	953(62.4)	245(61.3)		
有	491(38.6)	212(41.5)	574(37.6)	155(38.8)		
饮酒					6.232	0.044
无	1 630(66.9)	324(63.4)	1 021(66.9)	285(71.3)		
有	808(33.1)	187(36.6)	506(33.1)	115(28.7)		
婚姻史					2.525	0.283
已婚	2 136(87.6)	456(89.2)	1 337(87.6)	343(85.8)		
其他	302(12.4)	55(10.8)	190(12.4)	57(14.2)		
高血压					12.141	0.002
无	1 841(75.5)	388(75.9)	1 178(77.1)	275(68.8)		
有	597(24.5)	123(24.1)	349(22.9)	125(31.3)		
高血脂					7.791	0.020
无	2 221(91.1)	467(91.4)	1 404(91.9)	350(87.5)		
有	217(8.9)	44(8.6)	123(8.1)	50(12.5)		
冠心病					2.641	0.267

（续表）

变量	Total（n=2 438）	消退（n=511）	维持（n=1 527）	进展（n=400）	F/χ^2	P 值
无	2 143(87.9)	453(88.6)	1 348(88.3)	342(85.5)		
有	295(12.1)	58(11.4)	179(11.7)	58(14.5)		
午睡时长(h)					5.794	0.447
无	1 132(46.4)	250(48.9)	709(46.4)	173(43.3)		
≤0.5	223(9.1)	72(14.1)	266(17.4)	68(17.0)		
≤1	650(26.7)	119(23.3)	332(21.7)	95(23.8)		
>1	433(17.8)	70(13.7)	220(14.4)	64(16.0)		
夜间睡眠(h)					1.243	0.537
≤7.5	1 705(69.9)	356(69.7)	1 078(70.6)	271(67.8)		
>7.5	733(30.1)	155(30.3)	449(29.4)	129(32.3)		
饮食情况					1.599	0.450
规律	2 107(86.4)	77(15.1)	205(13.4)	49(12.3)		
不规律	331(13.6)	434(84.9)	1322(86.6)	351(87.8)		
功能障碍					4.480	0.106
无	2 270(93.1)	481(94.1)	1 426(93.4)	363(90.8)		
有	168(6.9)	30(5.9)	101(6.6)	37(9.3)		
自我感觉					0.542	0.969
很好	462(18.9)	95(19.6)	290(19.0)	77(19.3)		
一般	1 206(49.5)	253(49.5)	761(49.8)	192(48.0)		
不好	770(31.6)	163(31.9)	476(31.2)	131(32.8)		
体重指数					38.205	<0.001
<24	1 382(56.7)	320(62.6)	889(58.2)	173(43.3)		
≥24	1 056(43.3)	191(37.4)	638(41.8)	227(56.8)		
DO					72.933	<0.001
ND/NAO	1 033(42.4)	261(51.1)	659(43.2)	113(28.2)		
D/AO	213(8.7)	26(5.1)	133(8.7)	54(13.5)		
D/NAO	321(13.2)	74(14.5)	207(13.6)	40(10.0)		
ND/AO	871(35.7)	150(29.4)	528(34.6)	193(48.3)		
社交活跃度					4.039	0.133
低社交组	1 753(71.9)	382(74.8)	1 096(71.8)	275(68.8)		
高社交组	685(28.1)	129(25.2)	431(28.2)	125(31.3)		
年龄(岁)	59.48 ± 8.6	57.94 ± 8.51	59.64 ± 8.63	60.88 ± 8.86	13.592[a]	<0.001

注：连续变量表示为均值 ± 标准差，分类变量以 n(%)表示；a：表示 F 值；非少肌及无腹部肥胖型(ND/NAO)、单独腹部肥胖型(ND/AO)、单独少肌型(D/NAO)和少肌型腹部肥胖(D/AO)。

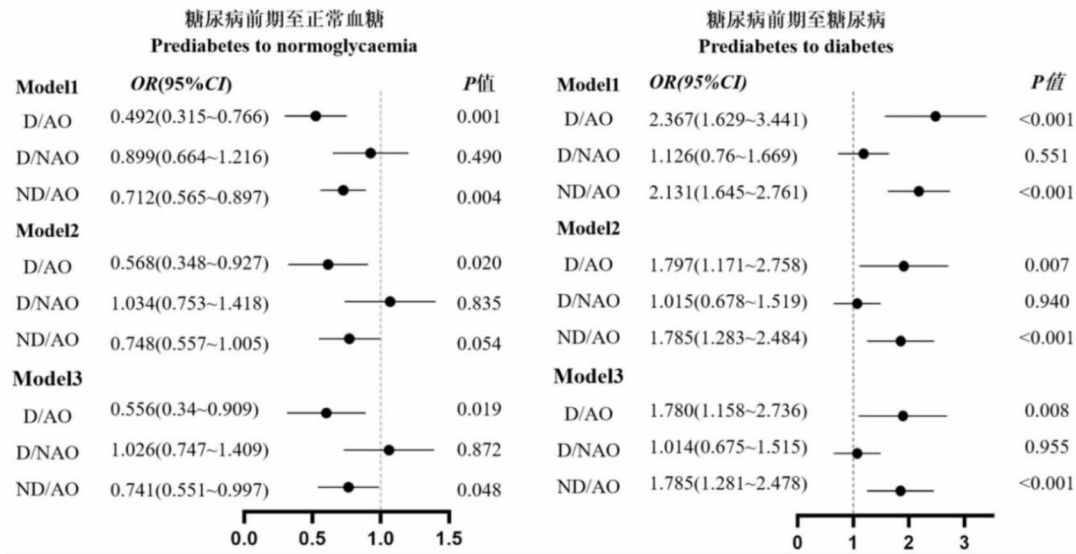
3.2 *不同肌肉－脂肪分布分型与糖尿病前期人群转归的关联分析* 图2的多变量logistic回归结果显示，与非少肌及无腹部肥胖(ND/NAO)组相比，少肌型腹部肥胖(D/AO)组在未调整模型中，消退至正常血糖的可能性显著下降（*OR*：0.492；95% *CI*：0.315 ~ 0.766），进展为糖尿病的风险显著增加（*OR*：2.367；95% *CI*：1.629 ~ 3.441）；调整年龄、性别、教育等因素后（模型Ⅲ），仍存在关联（P <0.05）。单独腹部肥胖型(ND/AO)在除糖尿病前期至正常血糖的模型Ⅱ外，其余模型均与糖尿病前期转变相关（P <0.05），而单独少肌型(D/NAO)在各模型中均无显著关联（P >0.05）。

3.3 *少肌型腹部肥胖与糖尿病前期人群转归的亚组分析* 图3显示D/AO与PreDM疾病变化关联的亚组分析及各分类 *OR* 和95% *CI*。调整混杂变量后，D/AO与PreDM转归在高血压病史、无高血脂病史、低社交组、无烟酒史、夜间睡眠≤7.5 h中关联显著（P <0.05），且与夜间睡眠存在交互作用（P =0.014）。在进展为糖尿病方面，D/AO与无高血压、高血脂病史、无冠心病、夜间睡眠时长、饮酒史、吸烟史、社交活动存在关联（P <0.05）。

3.4 *敏感性分析* 对1 300名女性参与者的子集进行分析，调整多个协变量后结果表明，与ND/NAO相比，D/AO进展为糖尿病风险 *OR* 为2.019（95% *CI*：1.152 ~ 3.537）、消退至正常血糖 *OR* 为0.440（95% *CI*：0.232 ~ 0.832）。其次，在排除高血脂参与者并调整混杂因素后，观察到类似的结果。这些敏感性分析共同证实了该研究主要发现的稳健性和可靠性，详见图4。

4 讨 论

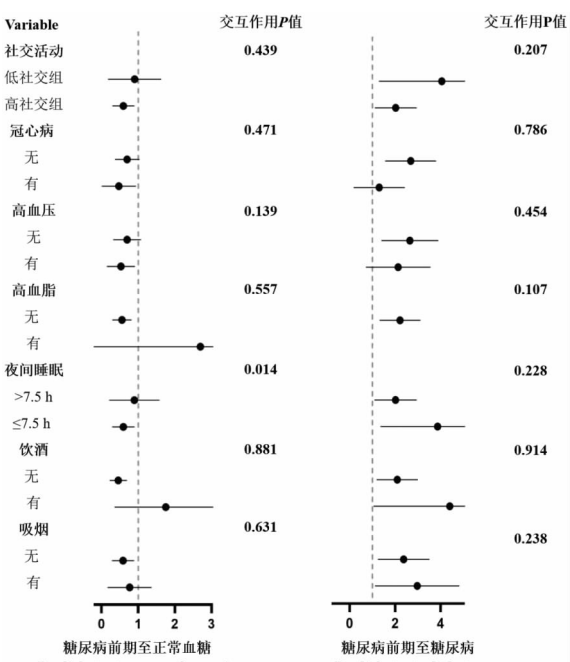
本研究基于中国健康与退休纵向研究(CHARLS)的全国性队列数据，系统探讨了少肌型腹部肥胖(D/AO)与中国中老年PreDM人群转归的关



注：模型Ⅰ：未校正；模型Ⅱ：校正年龄、教育程度、性别、婚姻史、高血压、高血脂、冠心病、功能障碍、自我感觉、体重指数；模型Ⅲ：校正年龄、教育程度、性别、婚姻史、高血压、高血脂、冠心病、功能障碍、自我感觉、体重指数、吸烟史、饮酒史、午睡时长、夜间睡眠时长、饮食情况、社交活跃度。非少肌和无腹部肥胖型（ND/NAO）、单独腹部肥胖型（ND/AO）、单独少肌型（D/NAO）和少肌型腹部肥胖（D/AO）。

图 2　不同肌肉－脂肪分布分型与糖尿病前期人群转归的关联分析

Fig. 2　Association analysis between different muscle－fat distribution phenotypes and outcomes in people with prediabetes



注：校正年龄、教育程度、性别、婚姻史、高血压、高血脂、冠心病、功能障碍、自我感觉、体重指数、吸烟史、饮酒史、午睡时长、夜间睡眠时长、饮食情况、社交活动。

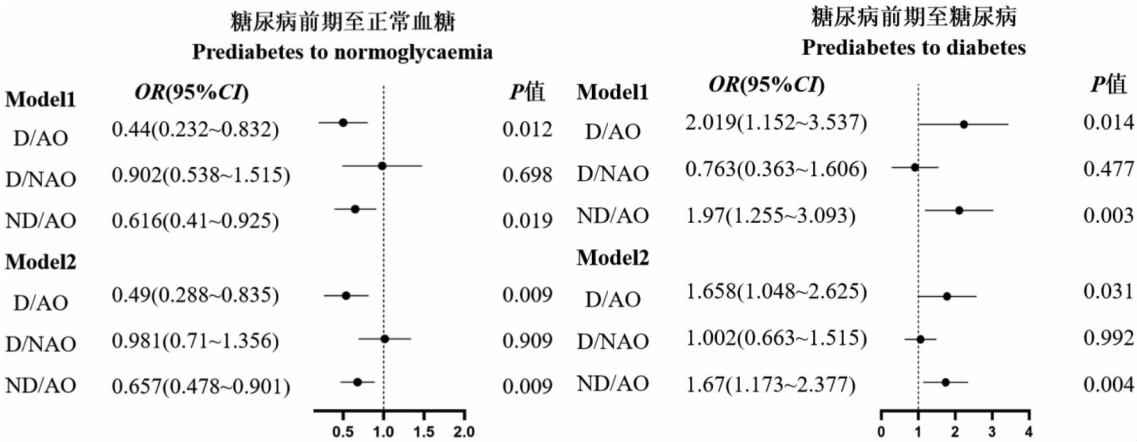
图 3　少肌肉型腹部肥胖与糖尿病前期人群转归的亚组分析

Fig. 3　Subgroup analysis of the outcome of individuals with sarcopenic abdominal obesity and prediabetes

联。结果显示，8.7% 的 PreDM 患者伴有 D/AO，其中仅 5.1% 的 D/AO 患者 3 年内转归至正常血糖，13.5% 的患者进展为 DM，8.7% 的患者维持于糖尿病前期。与 ND/NAO 个体相比，D/AO 个体转归至 NFG 的发生率低，进展至 DM 的发生率更高。校正混杂因素后，虽增加了消退可能性及减轻进展风险，但该关联仍存在，提示 D/AO 与糖尿病风险增加有关。相对于 ND/NAO 参考组，ND/AO 患 DM 的风险升高了 78.5%、发生消退的可能性为 74.1%。而 D/NAO 与 PreDM 的转变均无关联（$P > 0.05$）。这提示肌肉肌力下降和腹部肥胖之间存在协同作用，二者同时发生放大了进展为 DM 的风险。

本研究发现，D/AO 作为肌肉力量下降（动力减少）与腹部肥胖的共现状态，对 PreDM 的转变具有显著的负面影响，这与既往研究[8]一致，即肌肉与脂肪组织的病理交互作用可通过胰岛素抵抗（insulin resistance，IR）、慢性炎症等途径加剧代谢紊乱。腹部肥胖通过脂质溢出导致骨骼肌内脂肪沉积，引发肌肉胰岛素抵抗和质量下降而肌肉力量减弱则进一步降低葡萄糖摄取和代谢能力，形成“肥胖—肌少—代谢恶化”的恶性循环[18-19]。这种协同效应可能解释了为何 D/AO 对 PreDM 进展的风险高于单纯腹部肥胖型，而与单纯少肌型（D/NAO）无关联，提示肌肉力量与腹部脂肪的平衡可能是代谢健康的关键调控因素。此外，本研究中 D/AO 是 PreDM 消退的危险因素，提示改善肌肉力量与减少腹部肥胖在逆转糖代谢异常中的重要性。

亚组分析结果表明，在 PreDM 消退方面，D/AO 的抑制作用在无高血脂、无烟酒史人群中更为显著。这可能与饮酒对肌肉代谢的影响有关，少量饮酒可能



注：Model 1：校正年龄、教育程度、吸烟、饮酒、婚姻史、高血压、高血脂、冠心病、午睡时长、夜间睡眠时长、饮食情况、功能障碍、自我感觉、体重指数、社交活动；Model 2：校正年龄、教育程度、性别、吸烟、饮酒、婚姻史、高血压、冠心病、午睡时长、夜间睡眠时长、饮食情况、功能障碍、自我感觉、体重指数、社交活动。

图 4 敏感性分析

Fig. 4 Sensitivity analysis

通过改善胰岛素敏感性暂时缓解代谢压力[20]，而长期酗酒则加剧肌肉分解和脂肪堆积[21]，从而增加 D/AO 的负面影响。此外，在无高血压、无冠心病及无高血脂的人群中，D/AO 与 PreDM 进展的关联更为显著，但在高血压、冠心病的人群中并未表现出关联（$P>0.05$）。相关研究[12]指出 D/AO 可通过炎症[19]、IR[22]及脂质失调等途径增加基础心血管疾病的发生风险，而对于已存在冠心病等基础疾病的人群而言，其本身可能已存在更严重的代谢紊乱，因而 D/AO 对 PreDM 进展的边际效应不显著。

在生活因素中，夜间睡眠时长与 D/AO 对糖尿病消退存在交互作用（$P=0.014$），且在睡眠≤7.5 小时的人群中，D/AO 的人群更有可能维持糖尿病前期的现状。研究表明[23]睡眠时间短、质量差与多种疾病进展相关，睡眠不足可致 IR 增加[24]和炎症细胞因子[25]增加，还会限制恢复性睡眠对肌肉修复与再生的促进作用，导致腹部脂肪堆积，影响肌肉修复和再生可能，从而加剧代谢综合征的发生[26]，不利于 PreDM 患者实现血糖转归；而休息或睡眠时间较多的人群可能较少进行体力活动[27]，导致新陈代谢减慢、肌肉流失和肥胖增加[28]，进而促使糖尿病前期转化为 DM。研究表明社会参与[29]可促进下健康行为建立、提升活动能力改善心理状态，但在本研究中，相较于低社交组、高社交组进展为 DM 的风险更高，推测高社交活动频率或伴随聚餐致能量过剩，抵消活动益处，加重少肌型腹型肥胖（D/AO），推动 PreDM 进展。

综上，D/AO 与 PreDM 消退及进展存在关联，校正混杂因素等后，其消退可能性增加、疾病进展风险下降，提示针对性干预 D/AO 可能显著降低 PreDM 转化风险。现有指南[30]多聚焦于体重控制或血糖监测，而本研究提示可将“肌肉力量评估（如握力）+ 腰围测量”纳入糖尿病前期风险分层，并对糖尿病前期 D/AO 人群实施强化干预（如抗阻训练、腹型肥胖管理）。此外，亚组分析中夜间睡眠时长、饮酒的交互作用提示行为干预需结合 PreDM 个体生活习惯进行个性化制定。

但本研究也存在局限性：数据来自 CHARLS 队列的中老年人群，结果外推至年轻人群时需谨慎；本研究中未纳入参与者糖尿病家族史及运动情况进行混杂变量校正；现有数据及随访设计无法获取转归发生的具体时间，仅能确定随访终点时的状态，缺乏从暴露到结局的精准时间信息，进而无法量化 D/AO 与糖尿病前期转变风险之间的时间关联强度；随访时间仅为 3 年，缺乏更长时间的追踪数据，难以评估 D/AO 长期变化的影响；D/AO 的定义基于握力和腰围的单一时间点测量，未能捕捉动态变化。因此未来研究可通过纵向监测肌肉—脂肪动态变化，并延长随访时间，进一步阐明 D/AO 在 PreDM 消退、进展中的作用机制。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Formagini T, Brooks JV, Roberts A, et al. Prediabetes prevalence and awareness by race, ethnicity, and educational attainment among U. S. adults [J]. Front Public Health, 2023, 11: 1277657.

[2] Wang LM, Peng W, Zhao ZP, et al. Prevalence and treatment of diabetes in China, 2013 – 2018 [J]. JAMA: the Journal of the

American Medical Association, 2021, 326(24): 2498 – 2506.
[3] Wallace AS, Rooney MR, Fang M, et al. Natural history of prediabetes and long – term risk of clinical outcomes in middle – aged adults: the atherosclerosis risk in communities (ARIC) study [J]. Diabetes Care, 2023, 46(2): e67 – e68.
[4] Zou Y, Lu S, Li DD, et al. Exposure of cumulative atherogenic index of plasma and the development of prediabetes in middle – aged and elderly individuals: evidence from the CHARLS cohort study[J]. Cardiovascular Diabetology, 2024, 23(1): 355.
[5] Richter B, Hemmingsen B, Metzendorf MI, et al. Development of type 2 diabetes mellitus in People with intermediate hyperglycaemia [J]. Cochrane Database of Systematic Reviews (Online), 2018, 10(10): CD012661.
[6] Cho Y, Chang Y, Ryu S, et al. Persistence or regression of prediabetes and coronary artery calcification among adults without diabetes [J]. European Journal of Endocrinology / European Federation of Endocrine Societies, 2023, 188(1): lvac001.
[7] Almeida – Menezes AF, Conceição – Machado MEPD, Gusmão MHL, et al. Diabetes and smoking are associated with dynapenic abdominal obesity in patients with chronic kidney disease: a cross – sectional study[J]. Sao Paulo Medical Journal, 2025, 143(3): e2023232.
[8] Hong SH, Choi KM. Sarcopenic obesity, insulin resistance, and their implications in cardiovascular and metabolic Consequences [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2020, 21(2): 494.
[9] Kowall B. Lower body muscle strength, dynapenic obesity and risk of type 2 diabetes – longitudinal results on the chair – stand test from the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE)[J]. BMC Geriatrics, 2022, 22(1): 924.
[10] Zhou SL, Luo NJ, Si HB, et al. Association between dynapenic abdominal obesity and arthritis among the middle – aged and older Chinese: a longitudinal study[J]. Aging Clinical and Experimental Research, 2024, 36(1): 198.
[11] Chen ZP, Zhao F, Li SQ. Dynapenic abdominal obesity and chronic kidney disease: Results from a nationwide prospective cohort study of middle – aged and older adults in China [J]. Archives of Gerontology and Geriatrics, 2025, 136: 105879.
[12] Lin LC, Xue Y, Huang DX, et al. Dynapenic abdominal obesity and the risks of heart disease and all – cause mortality: a 7 – year longitudinal study among middle – aged and older Chinese adults [J]. BMC Public Health, 2025, 25(1): 2470.
[13] Zhao YH, Hu YS, Smith JP, et al. Cohort profile: the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) [J]. International Journal of Epidemiology, 2014, 43(1): 61 – 68.
[14] American Diabetes Association. 2. classification and diagnosis of diabetes: standards of medical care in diabetes – 2021 [J]. Diabetes Care, 2021, 44(Suppl 1): S15 – S33.
[15] Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment [J]. Journal of the American Medical Directors Association, 2020, 21(3): 300 – 307. e2.
[16] 中华医学会糖尿病学分会,国家基本公共卫生服务项目基层糖尿病防治管理办公室. 国家基层肥胖症综合管理技术指南(2025)[J]. 中华内科杂志,2025,64(7):604 – 613.
Chinese Medical Association Diabetes Branch, National Basic Public Health Service Project Grassroots Diabetes Prevention and Control Management Office. National Grassroots Comprehensive Management Technical Guidelines for Obesity (2025)[J]. Chinese Journal of Internal Medicine, 2025, 64(7): 604 – 613. (In Chinese)
[17] 刘超,郝志梅. 老年人社交活跃度对衰弱的影响[J]. 现代预防医学,2024,51(5):899 – 903.
Liu C, Hao ZM. The influence of social activity on frailty in the elderly[J]. Modern Preventive Medicine, 2024, 51(5): 899 – 903. (In Chinese)
[18] Denisenko YK, Kytikova OY, Novgorodtseva TP, et al. Lipid – Induced mechanisms of metabolic syndrome [J]. Journal of Obesity, 2020, 2020: 5762395.
[19] Kaur I, Das S, Chandel S, et al. Possible sarcopenia, sarcopenic obesity phenotypes and their association with diabetes: Evidence from LASI wave – 1 (2017 – 18) [J]. Diabetes & Metabolic Syndrome, 2025, 19(2): 103185.
[20] Mezue K, Osborne MT, Abohashem S, et al. Reduced Stress – Related neural network activity mediates the effect of alcohol on cardiovascular risk [J]. Journal of the American College of Cardiology, 2023, 81(24): 2315 – 2325.
[21] Romero – Herrera I, Nogales F, Diaz – Castro J, et al. Binge drinking leads to an oxidative and metabolic imbalance in skeletal muscle during adolescence in rats: endocrine repercussion [J]. Journal of Physiology and Biochemistry, 2023, 79(4): 799 – 810.
[22] Blüher M. Adipose tissue dysfunction contributes to obesity related metabolic diseases [J]. Best Practice & Research. Clinical Endocrinology & Metabolism, 2013, 27(2): 163 – 177.
[23] Zhou YG, Ni YJ, Jones M, et al. Sleep behaviors and progression of multimorbidity in Middle – Aged and older adults: a prospective cohort study from China[J]. The Journals of Gerontology. Series a, Biological Sciences and Medical Sciences, 2023, 78(10): 1871 – 1880.
[24] Coleman C, Grosicki G, Jonnalagadda SS, et al. Associations of sleep duration and quality with risk of incident obesity, diabetes, and metabolic syndrome: Results from the Midlife in the United States study [J]. Chronobiology International, 2025, 42(11): 1528 – 1535.
[25] Liang ZZ, Jin W, Huang L, et al. Association between diverse obesity indicators and sleep quality in elderly Chinese People: a National Study[J]. Front Nutr, 2024, 11: 1459480.
[26] Han WJ, Wang TM, He ZQ, et al. Interaction effect between sleep duration and dynapenic abdominal obesity for predicting functional disability: A longitudinal study[J]. Journal of Nutrition Health & Aging, 2025, 29(4): 100510.
[27] Jin BW, Zhang H, Song FC, et al. Interaction of sleep duration and depression on cardiovascular disease: a retrospective cohort study[J]. BMC Public Health, 2022, 22(1): 1752.
[28] Kim J, Yoon K, Park JE. Associations between sleep deprivation, sleep irregularity, depressive symptoms, and obesity using the KNHANES 2020 [J]. Comprehensive Psychoneuroendocrinology, 2025, 24: 100318.

(下转第 279 页)

[15] 熊智强. 社交媒体使用对青年人睡眠质量的影响研究 - -以重庆市为例[D]. 重庆:重庆大学,2020.
Xiong ZQ. Use of social media associated with sleep quality among young people—take Chongqing youth as an example [D]. Chongqing: Chongqing University, 2020. (In Chinese)

[16] 肖利敏. 妊娠特有焦虑问卷的编制及孕早期妊娠特有焦虑状况研究[D]. 合肥:安徽医科大学,2010.
Xiao LM. Development of the pregnancy - specific anxiety questionnaire and pregnancy - specific anxiety status in early pregnancy [D]. Hefei: Anhui Medical University, 2010. (In Chinese)

[17] 温忠麟,谢晋艳,王惠惠. 潜在类别模型的原理、步骤及程序[J]. 华东师范大学学报:教育科学版,2023,41(1):1 - 15.
Wen ZL, Xie JY, Wang HH. Principles, procedures and programs of latent class models[J]. Journal of East China Normal University (Education Sciences), 2023, 41(1): 1 - 15. (In Chinese)

[18] 王孟成,邓俏文,毕向阳,等. 分类精确性指数 Entropy 在潜剖面分析中的表现:一项蒙特卡罗模拟研究[J]. 心理学报,2017,49(11):1473 - 1482.
Wang MC, Deng QW, Bi XY, et al. Performance of the entropy as an index of classification accuracy in latent profile analysis: A Monte Carlo simulation study[J]. Acta Psychologica Sinica, 2017, 49(11): 1473 - 1482. (In Chinese)

[19] 胡伟,蒋一鹤,王琼,等. 短视频社交媒体依赖与大学生睡眠障碍的关系:夜间社交媒体使用的中介作用及性别差异[J]. 中国临床心理学杂志,2021,29(1):46 - 50.
Hu W, Jiang YH, Wang Q, et al. Relationship between short - form video social media addiction and sleep disturbance of college students: the mediating role of nighttime social media use and the moderating role of gender [J]. Chinese Journal of Clinical Psychology, 2021, 29(1): 46 - 50. (In Chinese)

[20] Dissing AS, Andersen TO, Nørup LN, et al. Daytime and nighttime smartphone use: A study of associations between multidimensional smartphone behaviours and sleep among 24,856 Danish adults [J]. Journal of Sleep Research, 2021, 30(6): e13356.

[21] Andersen TO, Sejling C, Jensen AK, et al. Nighttime smartphone use, sleep quality, and mental health: investigating a complex relationship[J]. Sleep, 2023, 46(12): zsad256.

[22] Li JL, Yu ZW, Liang JJ, et al. A pathway study of factors influencing anxiety in patients with gestational diabetes mellitus [J]. BMC Pregnancy and Childbirth, 2025, 25(1): 202.

[23] Brosnan B, Haszard JJ, Meredith - Jones KA, et al. Screen use at bedtime and sleep duration and quality among youths[J]. JAMA Pediatrics, 2024, 178(11): 1147 - 1154.

[24] He QQ, Ji LW, Wang YY, et al. Acetate enables metabolic fitness and cognitive performance during sleep disruption [J]. Cell Metabolism, 2024, 36(9): 1998 - 2014. e15.

[25] Mcsorley VE, Bin YS, Lauderdale DS. Associations of sleep characteristics with cognitive function and decline among older adults[J]. American Journal of Epidemiology, 2019, 188(6): 1066 - 1075.

[26] 李叶. 妊娠相关焦虑及母体免疫炎症状态对子代生长发育的影响[D]. 银川:宁夏医科大学,2024.
Li Y. Effects of pregnancy - related anxiety and maternal immune inflammation on offspring growth and development[D]. Yinchuan: Ningxia Medical University, 2024. (In Chinese)

[27] 唐爱萍,林宏,程治磊,等. 山东省青岛市 467 例孕妇妊娠相关焦虑现况及影响因素分析[J]. 中国妇幼卫生杂志,2023,14(1):17 - 23.
Tang AP, Lin H, Cheng ZL, et al. Investigation and factors analysis associated with pregnancy - related anxiety among 467 pregnant women in Qingdao, Shandong [J]. Chinese Journal of Women and Children Health, 2023, 14(1): 17 - 23. (In Chinese)

[28] Exelmans L, Van Den Bulck J. Binge viewing, sleep, and the role of Pre - Sleep arousal [J]. Journal of Clinical Sleep Medicine, 2017, 13(8): 1001 - 1008.

[29] Tähkämö L, Partonen T, Pesonen AK. Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm [J]. Chronobiology International, 2019, 36(2): 151 - 170.

[30] Adams SK, Kisler TS. Sleep quality as a mediator between technology - related sleep quality, depression, and anxiety [J]. Cyberpsychology, Behavior and Social Networking, 2013, 16(1): 25 - 30.

[31] Mewengkang A, Pandolos T, Sengkey MM, et al. Sleep quality vs. mental health: A complex relationship with psychosis [J]. Psychiatry Research, 2025, 348: 116441.

[32] Samra A, Warburton WA, Collins AM. Social comparisons: A potential mechanism linking problematic social media use with depression[J]. Journal of Behavioral Addictions, 2022, 11(2): 607 - 614.

[33] Shen GH, Huang GY, Wang MT, et al. The longitudinal relationships between problematic Mobile phone use symptoms and negative emotions: a cross - lagged panel network analysis [J]. Comprehensive Psychiatry, 2024, 135: 152530.

收稿日期:2025-07-14

(上接第 211 页)

[29] 赵传欣,魏巍,宫春博. 社交活跃度视角下我国老年人社会参与情况对其健康状况的影响[J]. 医学与社会,2025,38(7):86 - 92, 122.
Zhao CX, Wei W, Gong CB. Impact of social participation status on health status of elderly People in China based on the perspective of social activity[J]. Medicine and Society, 2025, 38(7): 86 - 92, 122. (In Chinese)

[30] 中华医学会内分泌学分会,中华医学会糖尿病学分会,中国医师协会内分泌代谢科医师分会. 中国成人糖尿病前期干预的专家共识(2023 版)[J]. 中华糖尿病杂志,2023,15(6):484 - 494.
Chinese Medical Association Endocrinology Branch, Chinese Medical Association Diabetes Branch, Chinese Medical Doctor Association Endocrinology and Metabolism Physicians Branch. Expert consensus on the intervention of prediabetes in Chinese adults(2023 Edition)[J]. Chinese Journal of Diabetes Mellitus, 2023, 15(6): 484 - 494. (In Chinese)

收稿日期:2025-08-04