

# 内脏脂肪率、肌肉率在绝经年龄与血糖关系中的中介作用

罗娇玲<sup>1</sup>, 张维森<sup>2</sup>, 柴智浩<sup>1</sup>, 朱峰<sup>2</sup>, 朱彤<sup>2</sup>, 靳雅丽<sup>2</sup>, 潘静<sup>2</sup>, 江朝强<sup>2</sup>

1. 广州医科大学附属市十二人民医院分子流行病学研究室, 广东 广州 510620;

2. 广州市第十二人民医院广州生物库队列研究组, 广东 广州 510620

**摘要:**目的 探究自然绝经后女性内脏脂肪率、肌肉率在绝经年龄与血糖关系的中介作用, 为防控绝经后女性糖尿病提供参考。方法 研究对象从广州中老年人慢性病前瞻性队列研究中选取, 基线收集一般人口特征指标和女性生理数据, 测量内脏脂肪率、肌肉率、空腹血糖、血脂等指标; 采用广义线性模型分析绝经年龄与内脏脂肪率、肌肉率和血糖之间的关系。结果 本研究纳入绝经年龄 $\geq 46$ 岁的自然绝经后女性 1 939 名, 平均年龄(59.1 $\pm$ 5.1)岁, 平均绝经年龄(50.9 $\pm$ 2.4)岁。调整相关混杂因素后, 绝经年龄分别与内脏脂肪率( $\beta=0.054$ , 95%CI: 0.024~0.083)、肌肉率( $\beta=-0.113$ , 95%CI: -0.193~-0.032)和血糖( $\beta=0.032$ , 95%CI: 0.009~0.055)呈线性相关, 内脏脂肪率和肌肉率部分介导了绝经年龄和血糖之间的关系, 中介效应分别占 17.04%和 11.65%。结论 绝经年龄延迟可能部分通过增加内脏脂肪量和减少肌肉质量的介导进而影响血糖水平。

**关键词:** 绝经年龄; 内脏脂肪率; 肌肉率; 绝经后妇女; 血糖

中图分类号: R173 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2025)13-2305-06

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202501391

## Mediating effects of visceral fat rate and muscle rate on the relationship between menopausal age and blood glucose levels

LUO Jiao-ling\*, ZHANG Wei-sen, CHAI Zhi-hao, ZHU Feng, ZHU Tong, JIN Ya-li, PAN Jing, JIANG Chao-qiang

*Molecular Epidemiology Laboratory, Guangzhou Twelfth People's Hospital Affiliated to Guangzhou Medical University,*

*Guangzhou, Guangdong 510620, China*

**Abstract: Objective** To investigate the mediating effects of visceral fat rate and muscle rate on the relationship between menopausal age and blood glucose levels in naturally postmenopausal women, providing references for diabetes prevention. **Methods** Participants were selected from the Guangzhou Chronic Disease Prospective Cohort Study. Baseline data including demographic characteristics, menopausal status, visceral fat rate, muscle rate, fasting blood glucose and lipid profiles were collected. Generalized linear models were used to analyze the relationships between menopausal age and visceral fat rate, muscle rate, and blood glucose levels. **Results** The study included 1 939 naturally postmenopausal women with menopausal age  $\geq 46$  years (mean age 59.1 $\pm$ 5.1 years, mean menopausal age 50.9 $\pm$ 2.4 years). After adjusting for confounders, menopausal age showed linear associations with visceral fat rate ( $\beta=0.054$ , 95%CI: 0.024-0.083), muscle rate ( $\beta=-0.113$ , 95%CI: -0.193 to -0.032), and blood glucose ( $\beta=0.032$ , 95%CI: 0.009-0.055). Visceral fat rate and muscle rate partially mediated the relationship between menopausal age and blood glucose, accounting for 17.04% and 11.65% of the total effect respectively. **Conclusion** Later menopausal age may influence blood glucose levels partially through increasing visceral fat accumulation and decreasing muscle mass in postmenopausal women.

**Keywords:** Menopausal age; Visceral fat rate; Muscle rate; Postmenopausal women; Blood glucose

糖尿病是一种由于胰岛素分泌不足或作用缺陷导致血糖升高的代谢性疾病<sup>[1]</sup>, 近年来致残率和病死

率呈上升趋势, 患病率较高<sup>[2]</sup>。截至 2021 年, 全球约有 5.37 亿例糖尿病患者, 预测每年增加 0.1 亿糖尿病患者<sup>[3]</sup>。随着经济发展、营养水平提升, 女性绝经年龄逐渐推迟, 目前我国女性的平均绝经年龄约为 48~50 岁<sup>[4-5]</sup>。国内外研究发现, 绝经年龄延迟与糖尿病风险增加相关<sup>[6-8]</sup>。本团队前研究发现, 绝经年龄延迟可增

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC0907105)

作者简介: 罗娇玲(1999—), 女, 硕士在读, 研究方向: 慢性非传染性疾病

通信作者: 张维森, E-mail: zwsgzen@163.com

加高内脏脂肪率<sup>[9]</sup>和低肌肉率<sup>[9]</sup>的风险;内脏脂肪率和肌肉率与血糖水平之间存在相关性,内脏脂肪减少<sup>[10]</sup>、肌肉比例增加<sup>[11]</sup>均可降低血糖水平,反而内脏脂肪率越高,肌肉率越低,血糖水平也越高<sup>[12-13]</sup>。研究提示内脏脂肪率和肌肉率可能在绝经年龄与糖尿病之间的关系中扮演着一定的角色,然而,目前关于内脏脂肪率、肌肉率在绝经年龄与绝经后女性血糖水平相关性中的中介效应,相关研究报道甚少<sup>[14-15]</sup>。因此,本文在前研究基础上<sup>[4,9,16]</sup>利用国家重点研发计划项目子课题“广州中老年人慢性病前瞻性队列研究”基线数据,探讨内脏脂肪率、肌肉率在绝经年龄与血糖关系中的中介作用,以期对绝经女性糖尿病预防与控制措施的制定提供科学参考。

## 1 对象与方法

**1.1 对象** 研究对象来自国家重点研发计划项目子课题“广州中老年人慢性病前瞻性队列研究”,本研究纳入标准:广州户籍居民,自愿报名参加,绝经年龄 $\geq 46$ 岁者,能自行到项目单位广州市第十二人民医院参加问卷调查和免费体检。排除标准:有子宫、卵巢或乳腺切除者,有性激素替代治疗者,或绝经年龄 $\leq 45$ 岁者;存在认知或其他神经、精神疾患且无法正常沟通者,或来自门诊或住院的患者。满足条件且血糖、绝经年龄、体成分和相关协变量指标数据齐全者选入本研究分析,共有 1 939 名。本研究获得广州市第十二人民医院医学伦理委员会审查批准 [第(2017002)号],所有研究对象了解研究内容并签署知情同意书,自愿参与。

**1.2 方法** (1)问卷调查:参考国家示范队列和广州生物库队列制定标准化电子问卷,由 5~6 名经培训合格的研究助理进行面对面调查和信息录入,收集内容包括一般人口特征(性别、年龄、婚姻状况等)、社会经济状况(文化程度、职业、家庭年收入等)、生活方式(吸烟、饮酒、体力活动和饮食习惯等)、女性生育和生理健康情况(绝经年龄、初潮年龄、生育孩子数、激素代替治疗史、妇科疾病史、手术史和既往病史等)。(2)采集清晨空腹静脉血,血糖、总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇和甘油三酯等生化指标均于当天检测,检测设备为 cobasc311 型全自动生化仪(瑞士罗氏公司)。内脏脂肪率、肌肉率采用日本 TANITA 百利达 BC-567 人体成分分析仪(东莞百利达健康器材有限公司)测量。读数精确到 0.1。

**1.3 变量指标定义和诊断标准** (1)自然绝经年龄分正常(46~54岁)和推迟( $\geq 55$ 岁)两组<sup>[17-18]</sup>。(2)职业分为手工作业、非手工作业和其他<sup>[19]</sup>。手工作业包括工人、农林牧渔场所劳动者、销售、服务人员;非手

工作业者包括行政管理、行政技术人员及军人警察;其他职业包括家庭主妇及没有职业或职业不明确者。(3)吸烟和饮酒各分三组,分别为不吸烟、已戒烟和目前吸烟<sup>[20]</sup>,以及不饮酒、已戒酒和目前饮酒<sup>[21]</sup>。不吸烟指研究对象以前或者现在都不吸烟;已戒烟指以前吸烟但是现在已经不吸烟超过一年;目前吸烟指每天吸烟至少一支且持续一年以上。不饮酒指以前或现在都不喝酒;已戒酒指以前饮酒但现在至少一年不喝酒;目前饮酒指过去一年内有饮酒行为。(4)体力活动:采用简版国际体力活动问卷(IPAQ)短卷<sup>[22]</sup>,根据其过去 7 d 不同强度活动类型的活动天数和时间计算总的代谢能量值(MET),然后排序按三分类划分将体力活动强度分为低、中、高三组。

**1.4 统计分析** 采用 SPSS 28.0 专业统计软件进行分析,不同自然绝经年龄的一般人口特征指标分布比较用 $\chi^2$ 检验;年龄、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、内脏脂肪率及肌肉率的组间比较用方差分析;中介效应分析采用广义线性模型。中介分析根据 Baron 和 Kenny 准则计算<sup>[23]</sup>。中介效应等于间接效应(indirect effect),即等于系数乘积  $ab$ ,它与总效应和直接效应有下面关系<sup>[24]</sup>: $c=c'+ab$ 。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 研究对象的基本情况** 1 939 名研究对象平均年龄( $59.1 \pm 5.1$ )岁,平均绝经年龄( $50.9 \pm 2.4$ )岁。表 1 显示,绝经年龄推迟组( $\geq 55$ 岁)年龄较大( $P < 0.001$ )。研究对象大部分为已婚、高中文化、家庭年收入 $\geq 7.0$ 万元、不吸烟、不饮酒( $P=0.037$ )、饮食没有什么限制、体力活动代谢能量中等、多数初潮年龄正常(13~16岁)、只生育 1 个孩子、绝经年限 $\leq 6$ 年( $P < 0.001$ )、从事手工作业,但推迟组( $\geq 55$ 岁)大部分从事非手工作业,职业组间差异具有显著性( $P=0.002$ )。推迟组的低密度脂蛋白胆固醇( $P=0.095$ )、高密度脂蛋白胆固醇( $P=0.021$ )及总胆固醇( $P=0.176$ )较低,但甘油三酯较高( $P=0.025$ )、高密度脂蛋白胆固醇和甘油三酯组间差异具有显著性。内脏脂肪率随着绝经年龄增加升高( $P < 0.001$ ),肌肉率随着绝经年龄增加降低( $P=0.014$ )。

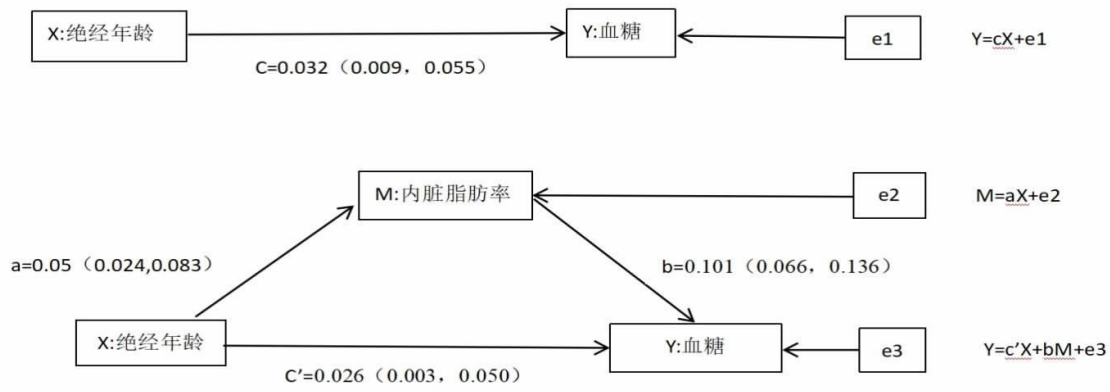
**2.2 中介效应分析** 图 1 显示,绝经年龄分别与内脏脂肪率和血糖正相关,内脏脂肪率也与血糖正相关,内脏脂肪率部分介导了绝经年龄和血糖之间的关系,中介效应占 17.04%。图 2 显示,绝经年龄与肌肉率负相关,与血糖正相关;肌肉率与血糖负相关,肌肉率部分介导了绝经年龄和血糖之间的关系,中介效应占 11.65%。

表 1 1 939 名研究对象一般人口特征指标分布 $[(\bar{x} \pm s), n(\%)]$

Table 1 Distribution of general demographic characteristics among 1 939 study participants  $[(\bar{x} \pm s), n(\%)]$

变量	自然绝经年龄(岁)			F/ $\chi^2$ 值	P 值
	$\geq 46$ (n=1 939)	46~54 (n=1 762)	$\geq 55$ (n=177)		
年龄(岁)	59.1 ± 5.1	58.9 ± 5.1	61.3 ± 4.5	38.913	<0.001
婚姻状况				1.645	0.200
已婚	1 741(89.8)	1 587(90.1)	154(87.0)		
单身	198(10.2)	175(9.9)	23(13.0)		
文化程度				3.866	0.276
$\leq$ 小学	146(7.5)	131(7.4)	15(8.4)		
初中	371(19.1)	342(19.4)	29(16.4)		
高中	1 097(56.6)	1 002(56.9)	95(53.7)		
$\geq$ 大专	325(16.8)	287(16.3)	38(21.5)		
职业				12.311	0.002
手工作业	823(42.4)	762(43.2)	61(34.5)		
非手工作业	549(28.4)	479(27.2)	70(39.5)		
其他	567(29.2)	521(29.6)	46(26.0)		
家庭年收入(万元)				3.152	0.207
<7.0	821(42.3)	735(41.7)	86(48.6)		
$\geq 7.0$	1 103(56.9)	1 013(57.5)	90(50.8)		
不确定	15(0.8)	14(0.8)	1(0.6)		
吸烟				1.508	0.470
不吸烟	1 836(94.7)	1 670(94.8)	166(93.8)		
戒烟	95(4.9)	84(4.8)	11(6.2)		
目前吸烟	8(0.4)	8(0.4)	0(0)		
饮酒				6.593	0.037
不饮酒	1 427(73.6)	1 310(74.3)	117(66.1)		
戒酒	366(18.9)	326(18.5)	40(22.6)		
目前饮酒	146(7.5)	126(7.2)	20(11.3)		
饮食习惯				2.114	0.549
没有什么限制	987(50.9)	906(51.4)	81(45.8)		
多吃肉类	44(2.3)	40(2.3)	4(2.2)		
多吃蔬菜水果	760(39.2)	683(38.8)	77(43.5)		
特别饮食 <sup>a</sup>	148(7.6)	133(7.5)	15(8.5)		
体力活动				4.003	0.135
低	474(24.4)	420(23.8)	54(30.5)		
中	1 414(72.9)	1 296(73.6)	118(66.7)		
高	51(2.7)	46(2.6)	5(2.8)		
初潮年龄(岁)				4.034	0.258
<13	425(21.9)	386(21.9)	39(22.0)		
13~16	1 308(67.4)	1 194(67.7)	114(64.4)		
>16	193(10.0)	172(9.8)	21(11.9)		
未知	13(0.7)	10(0.6)	3(1.7)		
绝经年限(年)				34.580	<0.001
$\leq 6$	755(38.9)	653(37.1)	102(57.6)		
7~9	536(27.7)	490(27.8)	46(26.0)		
$\geq 10$	648(33.4)	619(35.1)	29(16.4)		
生育孩子数(个)				3.595	0.309
0	133(6.9)	123(7.0)	10(5.6)		
1	1 509(77.8)	1 370(77.7)	139(78.5)		
2	221(11.4)	204(11.6)	17(9.6)		
$\geq 3$	76(3.9)	65(3.7)	11(6.3)		
VFP(%)	6.7 ± 1.6	6.7 ± 1.6	7.2 ± 1.6	15.845	<0.001
MR(%)	63.1 ± 4.4	63.2 ± 4.4	62.4 ± 4.4	6.002	0.014
TCHO(mmol/L)	5.6 ± 1.0	5.6 ± 1.0	5.5 ± 1.0	1.833	0.176
TRIG(mmol/L)	1.7 ± 1.2	1.6 ± 1.1	1.8 ± 1.4	5.060	0.025
HDL-C(mmol/L)	1.8 ± 0.4	1.8 ± 0.4	1.7 ± 0.4	5.295	0.021
LDL-C(mmol/L)	3.1 ± 0.8	3.1 ± 0.8	3.0 ± 0.8	2.788	0.095

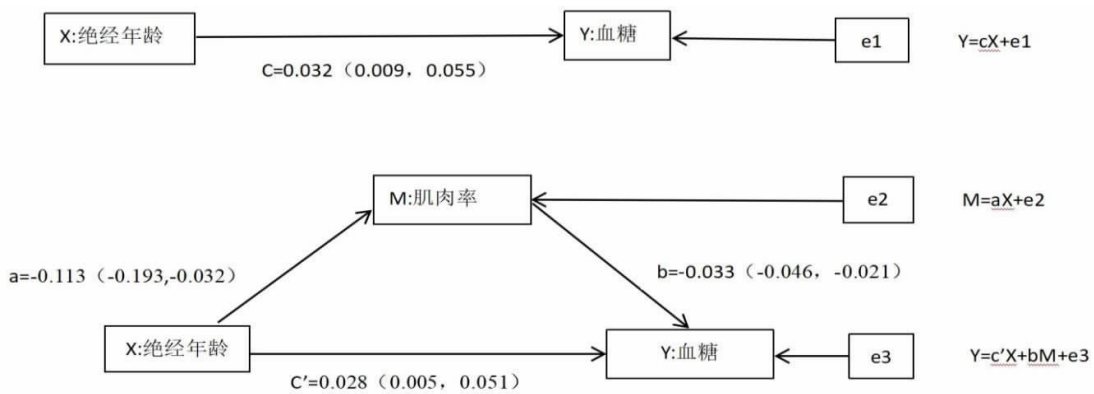
注:<sup>a</sup>特别饮食是指素食或接受糖尿病、肾病等饮食治疗;VFP 内脏脂肪率;MR 肌肉率;TCHO 总胆固醇;TRIG 甘油三酯;HDL-C 高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C 低密度脂蛋白胆固醇。



注：“c”表示自变量 X 对因变量 Y 的总效应，“a”表示 X 对中介变量 M 的影响，“b”表示在控制 X 后 M 对 Y 的影响，“c'”表示在控制 M 后 X 对 Y 的直接效应，“e1,e2,e3”表示方程的误差项；中介效应为“a\*b”，总效应“c”等于中介效应“a\*b”加上直接效应 c'，即  $c=c'+a*b$ ；模型调整了年龄、婚姻状况、教育程度、职业、家庭年收入、吸烟状况、饮酒状况、饮食情况、体力活动、初潮年龄、生育孩子数、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇。

图 1 内脏脂肪率在绝经年龄与血糖之间的中介效应分析

Figure 1 Mediation effect analysis of visceral fat rate on the relationship between menopause age and blood glucose



注：“c”表示自变量 X 对因变量 Y 的总效应，“a”表示 X 对中介变量 M 的影响，“b”表示在控制 X 后 M 对 Y 的影响，“c'”表示在控制 M 后 X 对 Y 的直接效应，“e1,e2,e3”表示方程的误差项；中介效应为“a\*b”，总效应“c”等于中介效应“a\*b”加上直接效应 c'，即  $c=c'+a*b$ ；模型调整了年龄、婚姻状况、教育程度、职业、家庭年收入、吸烟状况、饮酒状况、饮食情况、体力活动、初潮年龄、生育孩子数、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇。

图 2 肌肉率在绝经年龄与血糖之间的中介效应分析

Figure 2 Mediation analysis of muscle mass on the relationship between menopause age and blood glucose

### 3 讨论

本研究对广州社区 1 939 名绝经年龄 46 岁及以上的自然绝经中老年女性的调查发现，绝经年龄与血糖水平相关，内脏脂肪率和肌肉率部分介导了两者间的关系，中介效应占比分别为 17.04% 和 11.65%。

雌激素在调控能量代谢、脂肪组织分布和心血管疾病、糖尿病等方面有着积极作用。随着社会发展、营养水平的提升，女性绝经年龄也在逐渐推迟，由此也带来雌激素水平的变化和相应的健康问题。虽然已有研究发现，绝经年龄延迟与肥胖<sup>[25]</sup>和糖尿病<sup>[6-8]</sup>相关，但是，关于肥胖在介导绝经年龄与绝经后血糖水平的相关性方面，相关研究报道甚少，用“绝经年龄”和“中介效应”作为检索词在知网和中华核心期刊网上检索，以及用“(age at menopause) AND (mediation) AND (diabetes)”在 Pubmed 上联合检索，仅找到 1 篇

横断面研究报道，研究提示，身体质量指数(BMI)部分介导了绝经年龄与空腹血糖和 2 h 餐后血糖之间的关系，中介效应占比分别为 5.42% 和 7.69%<sup>[26]</sup>。暂未发现关于内脏脂肪率、肌肉率介导绝经年龄与绝经后女性血糖水平间关系的相关报道。本研究发现内脏脂肪率和肌肉率的中介效应分别为 17.04% 和 11.65%，高于 Zhao 的报道，研究提示，控制体重，尤其是控制内脏脂肪堆积和保持或减少肌肉量丢失对防控绝经年龄延迟者绝经后糖尿病高发风险有一定作用。女性从围绝经期起雌激素下降加速，雌激素缺乏将同时驱动内脏脂肪堆积和肌肉流失，形成协同代谢损害，导致糖尿病发生风险增高，即所谓的代谢紊乱双通道假说(脂肪-肌肉失衡假说)<sup>[27]</sup>。本研究的两个中介路径累加效应达 28.69%，提示若做好绝经后体成分管理，可能使绝经年龄延迟者获得 1/2 到 1/3 的

控糖收益,从而大大减少发生糖尿病风险。

本研究基于“广州中老年人慢性病前瞻性队列研究”,收集的相关协变量较为系统、完整,全程进行质量控制,同时对收集的数据进行严格清洗并剔除缺失值、异常值。而且排除基线调查前已患糖尿病患者服用降糖药带来的不利影响,能够更好地解释内脏脂肪率、肌肉率在绝经年龄与血糖关系中的中介效应。不足之处在于是基于基线调查的横断面研究,自报的绝经年龄可能具有回忆偏倚,但是绝经女性生理特征明显,回忆偏倚误差较小。

综上所述,内脏脂肪率和肌肉率可部分介导绝经年龄与血糖的关系。建议关注绝经年龄延迟者绝经后内脏脂肪和肌肉质量状况,采取有效的综合措施控制体重,尤其是降低体脂率,同时加强阻抗性体育锻炼减缓肌肉退化流失,预防糖尿病。

**利益冲突声明** 本研究不存在任何利益冲突

#### 参考文献

- [ 1 ] 朱彦媛,朱婧怡,白姣姣. 老年 2 型糖尿病合并肌少症患者运动和营养干预的研究进展[J]. 上海护理,2024,24(9):19-22.  
Zhu YY, Zhu JY, Bai JJ. Advances in exercise and nutritional interventions for elderly patients with type 2 diabetes mellitus and sarcopenia[J]. Shanghai Nursing, 2024, 24(9): 19-22.(In Chinese)
- [ 2 ] Khan M, Hashim MJ, King JK, et al. Epidemiology of type 2 Diabetes-Global burden of disease and forecasted trends [J]. Journal of Epidemiology and Global Health, 2020, 10(1): 107-111.
- [ 3 ] Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF diabetes Atlas: global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045[J]. Diabetes Research and Clinical Practice, 2022, 183: 109119.
- [ 4 ] 罗娇玲,张维森,柴智浩,等. 自然绝经年龄与绝经后内脏和非内脏脂肪率的相关性研究 [J]. 中国慢性病预防与控制, 2025,33(1):47-50.  
Luo JL, Zhang WS, Chai ZH, et al. Study on the correlation between age of natural menopause and postmenopausal visceral and non-visceral fat rates [J]. Chinese Journal of Prevention and Control of Chronic Diseases, 2025, 33(1): 47-50.(In Chinese)
- [ 5 ] Yang L, Li L, Millwood IY, et al. Adiposity in relation to age at menarche and other reproductive factors among 300 000 Chinese women: findings from China Kadoorie Biobank study[J]. International Journal of Epidemiology, 2017, 46(2): 502-512.
- [ 6 ] Leblanc ES, Kappahn K, Hedlin H, et al. Reproductive history and risk of type 2 diabetes mellitus in postmenopausal women: findings from the Women's Health Initiative[J]. Menopause (New York), 2017, 24(1): 64-72.
- [ 7 ] Wang M, Gan W, Kartsonaki C, et al. Menopausal status, age at natural menopause and risk of diabetes in China: a 10-year prospective study of 300,000 women [J]. Nutrition & Metabolism, 2022, 19(1): 7.
- [ 8 ] Yang A, Liu S, Cheng N, et al. Reproductive factors and risk of type 2 diabetes in an occupational cohort of Chinese women[J]. Journal of Diabetes and Its Complications, 2016, 30(7): 1217-1222.
- [ 9 ] 罗娇玲,张维森,柴智浩,等. 绝经年龄与绝经后肌肉率和骨量占比关系[J]. 中国公共卫生,2025,41(1):55-60.  
Luo JL, Zhang WS, Chai ZH, et al. The correlation between early or late natural menopausal age and muscle mass percentage and bone mass percentage in postmenopausal women [J]. Chinese Journal of Public Health, 2025, 41(1): 55-60.(In Chinese)
- [ 10 ] 马玮乐. 社会支持与 T2DM 患者及高危人群血糖控制的关系 [D]. 上海:上海交通大学,2019.  
Ma WL. The relationship between social support and blood glucose control in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM)and High-Risk populations[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2019.(In Chinese)
- [ 11 ] 王金涛,胡坚. 老年人 2 型糖尿病与肌少症的关系研究进展 [J]. 实用老年医学,2024,38(5):529-532.  
Wang JT, Hu J. Research progress on the relationship between type 2 diabetes mellitus and sarcopenia in the elderly[J]. Practical Geriatric Medicine, 2024, 38(5): 529-532.(In Chinese)
- [ 12 ] Chen K, Shen Z, Gu W, et al. Prevalence of obesity and associated complications in China: A cross-sectional, real-world study in 15.8 million adults [J]. Diabetes Obesity & Metabolism, 2023, 25(11): 3390-3399.
- [ 13 ] 余璐璐,牛改红,万紫娟,等. 人体成分分析指标与 2 型糖尿病血糖水平的相关性分析 [J]. 罕少疾病杂志,2025,32(2): 161-162.  
Yu LL, Niu GH, Wan ZJ, et al. Correlation analysis between body composition indicators and blood glucose levels in type 2 diabetes[J]. Journal of Rare Diseases, 2025, 32(2): 161-162.(In Chinese)
- [ 14 ] 云佩佩,史丽萍,李秋云,等. 糖尿病危险因素的研究进展[J]. 中国综合临床,2014,(z1): 140-142.  
Yun PP, Shi LP, Li QY, et al. Research progress on risk factors for diabetes mellitus [J]. Clinical Medicine of China, 2014, (z1): 140-142.(In Chinese)
- [ 15 ] 邹焱,汪小华. 糖尿病饮食管理评价工具的研究进展[J]. 中国实用护理杂志,2017,33(7):556-560.  
Zou Y, Wang XH. Development of the dietary management evaluation instruments for diabetes mellitus patients [J]. Chinese Journal of Practical Nursing, 2017, 33(7): 556-560.(In Chinese)
- [ 16 ] 吴永君,张维森,朱峰,等. 自然绝经年龄与绝经后代谢综合征的相关性研究[J]. 中华预防医学杂志,2023,57(3):433-437.  
Wu YJ, Zhang WS, Zhu F, et al. Study on the relationship between the age at natural menopause and postmenopausal metabolic syndrome [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2023, 57(3): 433-437.(In Chinese)
- [ 17 ] Fu Y, Yu Y, Wang S, et al. Menopausal age and chronic diseases in elderly women: a Cross-Sectional study in Northeast China [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016, 13(10): 936.
- [ 18 ] Mishra GD, Chung HF, Cano A, et al. EMAS position statement: Predictors of premature and early natural menopause [J]. Maturitas, 2019, 123: 82-88.
- [ 19 ] Xu L, Lam TH, Jiang CQ, et al. Changes in adiposity in an older Chinese population in rapid economic transition [J]. Obesity (Silver Spring, Md.), 2016, 24(10): 2217-2223.
- [ 20 ] 何权瀛,高莹慧. 关于吸烟问题若干名词定义[J]. 中华结核和呼吸杂志,2009,32(1):56.

- [ 29 ] Burgess S, Daniel RM, Butterworth AS, et al. Network mendelian randomization: using genetic variants as instrumental variables to investigate mediation in causal pathways [J]. *Environment Epidemiology*, 2015, 44(2): 484–495.
- [ 30 ] Ye CJ, Kong LJ, Wang YY, et al. Mendelian randomization evidence for the causal effects of socio-economic inequality on human longevity among Europeans[J]. *Nat Hum Behav*, 2023, 7(8): 1357–1370.
- [ 31 ] Yao Y, Li C, Meng P, et al. An Atlas of genetic correlations between gestational age and common psychiatric disorders [J]. *Autism Research*, 2022, 15(6): 1008–1017.
- [ 32 ] Xia Y, Xiao J, Yu Y, et al. Rates of neuropsychiatric disorders and gestational age at birth in a Danish population[J]. *JAMA Netw Open*, 2021, 4(6): e2114913–e2114913.
- [ 33 ] Pannek K, Hatzigeorgiou X, Colditz PB, et al. Assessment of structural connectivity in the preterm brain at term equivalent age using diffusion MRI and T2 relaxometry: a network-based analysis [J]. *PLoS One*, 2013, 8(8): e68593–e68593.
- [ 34 ] Broekman BF, Wang C, Li Y, et al. Gestational age and neonatal brain microstructure in term born infants:a birth cohort study [J]. *PLoS One*, 2014, 9(12): e115229–e115229.
- [ 35 ] Fitzgerald E, Boardman JP, Drake AJ. Preterm birth and the risk of neurodevelopmental Disorders–Is there a role for epigenetic dysregulation?[J]. *Current Genomics*, 2018, 19(7): 507–521.
- [ 36 ] Abbott AE, Nair A, Keown CL, et al. Patterns of atypical functional connectivity and behavioral links in autism differ between default, salience, and executive networks [J]. *Cerebral Cortex*, 2016, 26(10): 4034–4045.
- [ 37 ] Petersen SE, Sporns O. Brain networks and cognitive architectures [J]. *Neuron*, 2015, 88(1): 207–219.
- [ 38 ] Andrews-Hanna JR. The brain's default network and its adaptive role in internal mentation[J]. *Neuroscientist*, 2012, 18(3): 251–270.
- [ 39 ] Yeo BT, Krienen FM, Sepulcre J, et al. The organization of the human cerebral cortex estimated by intrinsic functional connectivity [J]. *Journal of Neurophysiology*, 2011, 106(3): 1125–1165.
- [ 40 ] 徐晓晓, 蒋军. 自闭症谱系障碍患者异常的大尺度脑网络研究 [J]. *心理学进展*, 2017, 7(12): 1419–1429.
- Xu XX, Jiang J. Atypical large scale brain network in autism spectrum disorders [J]. *Advances in Psychology*, 2017, 7 (12): 1419–1429.(In Chinese)
- [ 41 ] Menon V, Palaniyappan L, Supekar K. Integrative brain network and salience models of psychopathology and cognitive dysfunction in schizophrenia[J]. *Biological Psychiatry*, 2023, 94(2): 108–120.
- [ 42 ] Wang YM, Cai XL, Zhang RT, et al. Altered brain structural and functional connectivity in schizotypy [J]. *Psychological Medicine*, 2022, 52(5): 834–843.
- [ 43 ] Clouchoux C, Guizard N, Evans AC, et al. Normative fetal brain growth by quantitative in vivo magnetic resonance imaging [J]. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 2012, 206(173): e1–173.
- [ 44 ] Kambeitz J, Kambeitz-Illankovic L, Cabral C, et al. Aberrant functional Whole-Brain network architecture in patients with schizophrenia:a meta-analysis [J]. *Schizophrenia Bulletin*, 2016, 42 (Suppl 1): S13–S21.

收稿日期: 2024–12–25

(上接第 2309 页)

- He QY, Gao YH. Definitions of several terms related to smoking[J]. *Chinese Journal of Tuberculosis and Respiratory Diseases*, 2009, 32 (1): 56.(In Chinese)
- [ 21 ] 马冠生, 朱丹红, 胡小琪, 等. 中国居民饮酒行为现状[J]. *营养学报*, 2005, 27(5): 362–365.
- Ma GS, Zhu DH, Hu XQ, et al. Current status of drinking behavior among Chinese residents [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2005, 27(5): 362–365.(In Chinese)
- [ 22 ] Deng HB, Macfarlane DJ, Thomas GN, et al. Reliability and validity of the IPAQ-Chinese: the Guangzhou Biobank Cohort study [J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2008, 40(2): 303–307.
- [ 23 ] Baron RM, Kenny DA. The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic, and statistical considerations[J]. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1986, 51(6): 1173–1182.
- [ 24 ] Mackinnon DP, Warsi G, Dwyer JH. A simulation study of mediated effect measures [J]. *Multivariate Behavioral Research*, 1995, 30(1): 41.
- [ 25 ] 吴永君, 张维森, 周柏靖, 等. 自然绝经年龄与绝经后肥胖关系 [J]. *中国公共卫生*, 2022, 38(12): 1544–1548.
- Wu YJ, Zhang WS, Zhou BJ, et al. Correlation between age at natural menopause and postmenopausal obesity: a population-based cross-sectional study in Guangzhou city[J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2022, 38(12): 1544–1548.(In Chinese)
- [ 26 ] Zhao Y, Wang S, Yang Y, et al. Mediation effect of body mass index on the association between age at menopause and type 2 diabetes mellitus in postmenopausal Chinese women [J]. *Menopause (New York)*, 2022, 29(5): 590–598.
- [ 27 ] Park JY, Chung YJ, Song JY, et al. Sarcopenic obesity: a comprehensive approach for postmenopausal women [J]. *J Menopausal Med*, 2024, 30(3): 143–151.

收稿日期: 2025–01–23