

基于移动健康技术的孕期体重生活方式干预 对超重肥胖孕妇代谢性指标的影响

孟颖¹,王海雪^{2,3,4,5},李萍^{4,5},韩娜¹,李楠¹,焦明远¹,
叶琪¹,牟莹莹^{5,6},曾杰^{5,6},李钦凤^{5,6},张钰格⁷,王海俊^{4,5}

(1.北京市通州区妇幼保健院,北京 101100;2.北京大学第三医院骨科,北京 100191;3.北京大学健康医疗大数据国家研究院,北京 100191;4.北京大学公共卫生学院妇幼卫生学系,北京 100191;5.北京大学医学部-潍坊市妇幼健康联合研究中心,北京 100191;6.山东省潍坊市妇幼保健院,山东 潍坊 261011;7.山东第二医科大学,山东 潍坊 261053)

[摘要]目的 本研究旨在探讨基于移动健康技术的孕期体重生活方式干预对超重肥胖孕妇妊娠中期空腹血糖(FBG)、血脂[总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)]、空腹胰岛素(FINS)、糖化血红蛋白(HbA1c)等代谢性指标的影响。**方法** 采用随机对照试验设计,在山东省潍坊市妇幼保健院和北京市通州区妇幼保健院各选取100名超重肥胖孕妇,按孕前体质指数(BMI)、年龄、产次分层,随机分为干预组和对照组。干预组通过微信公众号干预平台进行管理,以改善饮食行为、增加身体活动水平为目标,从健康教育、饮食行为目标设定、饮食行为监测、运动监测、体重监测、和评估反馈六个方面进行干预。干预从妊娠10~14周开始,每2周开展一次面对面随访或电话随访;收集孕妇孕前体重、妊娠8~14周和28周左右血常规、血生化检测的FBG、TC、TG、HDL-C、LDL-C结果。通过留取两个时点的血常规、血生化剩余血样,测量FINS和HbA1c指标;妊娠24~28周进行口服葡萄糖耐量试验常规产检时收集孕妇空腹体重。对照组按各妇幼保健院常规产检模式进行管理。采用广义线性混合模型分析干预对妊娠中期体重和代谢指标的影响,采用R语言Mediation包分析中介作用。**结果** 在纳入分析的178名孕妇中,与对照组相比,妊娠24~28周中期随访时,干预组孕期增重明显低于对照组,调整后平均组间差异为-1.63kg(95%CI:-2.80~-0.46, $t=-2.736$, $P=0.007$);干预可有效降低FBG变化值,调整后平均组间差异为-0.34(95%CI:-0.53~-0.14, $t=-3.409$, $P<0.001$),中介作用分析结果显示,孕24~28周前增重介导了31.0%($P=0.036$)的FBG变化。**结论** 基于移动健康技术以控制妊娠期增重为目的的生活方式干预可有效降低超重肥胖孕妇的妊娠中期空腹血糖水平,且孕期增重(GWG)发挥了中介作用。

[关键词]移动健康;孕前;超重肥胖;孕期;体重管理;生活方式干预;代谢结局

Doi:10.3969/j.issn.1673-5293.2025.11.007

[中图分类号]R173

[文献标识码]A

[文章编号]1673-5293(2025)11-0045-07

The effect of mobile health-based gestational weight lifestyle interventions on metabolic indicators in overweight and obese pregnant women

MENG Ying¹, WANG Haixue^{2,3,4,5}, LI Ping^{4,5}, HAN Na¹, LI Nan¹, JIAO Mingyuan¹, YE Qi¹,
MOU Yingying^{5,6}, ZENG Jie^{5,6}, LI Qinfeng^{5,6}, ZHANG Yuge⁷, WANG Haijun^{4,5}

(1. Maternity and Child Health Hospital of Tongzhou District, Beijing 101100, China; 2. Department of Orthopaedics, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China; 3. National Institute of Health Data Science, Peking University, Beijing 100191, China; 4. Department of Maternal and Child Health, School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China; 5. Peking University Health Science Center-Weifang Joint Research Center for Maternal and Child Health, Beijing 100191, China; 6. Weifang Maternal and Child Health Hospital, Shandong Weifang 261011, China; 7. Shandong Second medical university, Shandong Weifang 261053, China)

[Abstract] Objective This study aimed to investigate the effects of a mobile health-based lifestyle intervention for gestational weight management on metabolic indicators, including fasting blood glucose (FBG), blood lipids [total cholesterol (TC), triglycerides (TG), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C)], fasting insulin (FINS), and glycated hemoglobin (HbA1c), in overweight and obese pregnant women during the second trimester of pregnancy. **Methods** A

[收稿日期]2025-04-16

[基金项目]国家自然科学基金面上项目(82473640),北京大学医学部-潍坊市妇幼健康联合研究中心基金项目(PKUWF-Y09)

[作者简介]孟颖(1975—),女,主管检验技师,主要从事医学检验生免凝血方面研究。王海雪(1989—),女,主管技师,主要从事公共卫生干预研究和医疗质量控制研究。孟颖、王海雪为共同第一作者。

[通讯作者]王海俊,教授。

randomized controlled trial (RCT) was conducted at Weifang Maternal and Child Health Hospital (Shandong Province) and Tongzhou District Maternal and Child Health Hospital (Beijing), each enrolling 100 overweight or obese pregnant women. Participants were stratified by pre-pregnancy body mass index (BMI), age, and parity, and then randomly assigned to an intervention group or a control group. The intervention group received management through a WeChat-based platform aimed at improving dietary behaviors and increasing physical activity, focusing on six components: health education, dietary goal setting, dietary behavior monitoring, exercise monitoring, weight tracking, and evaluation feedback. The intervention began at 10-14 gestational weeks, with face-to-face or telephone follow-ups every two weeks. Data were collected on pre-pregnancy weight, FBG, TC, TG, HDL-C, and LDL-C at 8-14 and around 28 gestational weeks. Residual serum samples from these two time points were used to measure FINS and HbA1c. Maternal fasting weight was recorded during the routine oral glucose tolerance test (OGTT) at 24-28 weeks. The control group received routine prenatal care according to standard institutional procedures. A generalized linear mixed model (GLMM) was applied to assess the effects of the intervention on gestational weight gain (GWG) and metabolic indicators. Mediation analysis was conducted using the "Mediation" package in R. **Results** Among the 178 pregnant women included in the analysis, compared with the control group, the intervention group had significantly lower gestational weight gain at 24-28 weeks, with an adjusted mean difference of -1.63kg (95% CI: -2.80 to -0.46 , $t = -2.736$, $P = 0.007$). The intervention effectively reduced FBG change, with an adjusted mean group difference of -0.34 mmol/L (95% CI: -0.53 to -0.14 , $t = -3.409$, $P < 0.001$). Mediating results showed that weight gain in the second trimester mediated 31.0% ($P = 0.036$) of the changes in FBG before and after the intervention. **Conclusion** The lifestyle intervention based on mobile health technology to control weight gain during pregnancy can effectively reduce the level of FBG in overweight and obese pregnant women in the second trimester, and gestational weight gain (GWG) exerted partial mediating roles in reducing FBG.

[Key words] mobile health; weight management; lifestyle intervention; overweight and obesity; metabolic outcome

育龄女性孕前超重肥胖及孕期增重过多(excessive gestational weight gain, EGWG)是全球重要的公共卫生问题。2019 年我国育龄女性超重、肥胖率分别为 21.05%、6.08%，与 2013 年相比分别增加了 2.43% 和 1.54%^[1]。大约一半的孕妇会出现 EGWG^[2]，超重肥胖孕妇发生 EGWG 的风险更高^[3]。正常妊娠期间，母体的血糖及血脂代谢、胰岛素敏感性会发生生理性变化。然而，孕前超重肥胖和 EGWG 会加剧这种变化，扰乱母体葡萄糖稳态、脂肪氧化、胰岛素抵抗等功能^[4]，进而增加妊娠期糖尿病、血脂异常、子痫前期等的发生风险^[5]，增加巨大儿的发生率^[5]。

生活方式干预已被证明可有效预防超重肥胖孕妇 EGWG^[6]，但基于移动健康技术开展的、可有效预防超重肥胖孕妇 EGWG 的证据较少^[7]，且现有研究大多关注干预对妊娠期增重和妊娠结局的影响^[6,8]，生活方式干预对改善妊娠期血糖、血脂、胰岛素等代谢性指标的效果尚无定论^[9-13]。此外，既往横断面研究证据显示，孕期增重(gestational weight gain, GWG)与妊娠期代谢指标的变化相关^[14]。然而，目前生活方式干预研究重点关注干预对 GWG 或对代谢指标的影响，缺乏基于临床随机对照资料对 GWG 在干预和代谢性指标结局之间作用机制的探索^[9,11]。

本研究基于一项以控制妊娠期增重为目标的随机对照试验^[15]，评价基于移动健康技术开展的生活方式干预对改善孕 24~28 周前增重、血糖、血脂、胰岛素等代谢性指标的效果，并分析妊娠期增重在干预改变代谢性指标中发挥的中介作用，为指导妊娠糖尿病等妊娠并发症的干预提供科学依据。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用随机对照试验设计，在山东省潍坊市妇幼保健院和北京市通州区妇幼保健院各选择 100 名超重肥胖孕妇进行研究。根据孕前体质指数(body mass index, BMI) ($24\text{kg/m}^2 \leq \text{BMI}$ 为超重, $28\text{kg/m}^2 \leq \text{BMI}$ 为肥胖)、年龄(<30 岁, ≥ 30 岁)、产次(是否初产)进行分层区组随机化，将孕妇以 1:1 分为干预组和对照组。本研究经北京大学生物医学伦理委员会审查批准(批号: IRB00001052-24010)，所有孕妇均签署书面知情同意书。本研究为干预性研究，无法对参与者和研究人员进行盲法，但是所有进行指标检测的工作人员均采取盲法。

1.2 干预方法

本研究基于移动健康技术，以多阶段行为改变理论为指导，依托微信公众号“人群健康服务平台”

中开发的“孕妇健康-体重管理”模块,自2024年4月开始干预,2024年12月孕中期随访结束。干预措施涵盖以下几个方面:①健康教育:每2周通过面对面或电话随访开展个性化指导,并结合公众号推送图文及短视频素材,内容涉及EGWG危害、孕期增重范围、饮食与运动知识等;②饮食行为目标设定及监测:依据“两不六少”原则,每4周设定2项饮食行为目标,孕妇每周在线记录8种饮食行为并获取自动反馈;③运动干预措施及监测:推荐每周150分钟中等强度运动及每日6000步目标,提供运动视频并借助运动手环监测步数与心率,辅以Borg量表评估运动强度;④孕期增重目标及体重监测:根据孕前BMI设定个体化增重目标,通过蓝牙体重秤每周监测体重,并在平台可视化增重曲线;⑤评估反馈:平台每周自动生成报告,综合评估饮食、运动与体重数据,提供反馈与支持。对照组则按常规产检流程管理。详细干预措施见已发表文章^[15]。

1.3 资料收集与变量定义

通过问卷调查收集孕妇年龄等基本信息。根据孕妇自我报告的孕前体重和客观测量的身高计算孕前BMI(kg/m^2),妊娠24~28周常规产检时收集孕妇空腹体重,妊娠中期GWG为妊娠24~28周与孕前体重的差值。留取孕妇基线(8~14周)和中期随访(24~31周)常规产检血常规、血生化剩余血样,从医疗机构信息系统收集对应的实验室检查结果,包括空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)。利用血生化剩余血清测量空腹胰岛素(fasting insulin, FINS),利用血常规剩余血测量糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)。采用胰岛素抵抗指数(homeostatic model assessment for insulin resistance, HOMA-IR)评估个体的胰岛素抵抗水平,采用胰岛 β 细胞功能指数(homeostatic model assessment of β -cell function, HOMA- β)评估个体的胰岛 β 细胞功能^[16]。

1.4 统计分析

采用R 4.4.0软件进行统计分析。根据意向性分析(intention-to-treat, ITT)原则对体重结局指标

进行分析。正态分布的计量资料采用均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)进行描述,计数资料采用频数(百分比)[$n(\%)$]进行描述。采用独立样本 t 检验比较干预前后各计量指标的差异,采用卡方检验或Fisher精确检验比较干预前后各分类指标差异,采用广义线性混合模型分析干预对妊娠中期增重(与孕前体重比较)和代谢性指标变化的影响,考虑医院的聚集效应,并调整年龄、孕次、产次、孕前营养状况、社会经济状况、及基线指标等协变量;为减少因两家妇幼保健院检测方法不同导致的偏倚,采用干预前后各代谢指标的差值(妊娠中期—基线)作为因变量,评价干预对改善代谢性指标的效果。分别在基线中期FPG、TC、TG、HDL-C、LDL-C均无缺失、基线中期FINS均无缺失、基线中期HbA1c均无缺失的研究对象子集中,采用“Mediation”包进行中介效应分析,采用广义线性混合模型,考虑医院的聚集效应,并校正年龄、孕次、产次、社会经济状况、及孕前BMI分类,构建3个回归模型,计算总效应、间接效应、直接效应和中介效应占总效应的百分比。以双侧检验 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象基线特征

共入组200名符合条件的孕妇,干预组和对照组各100名,每家妇幼保健机构干预组和对照组各50名。入组孕妇平均年龄为(30.16 ± 3.97)岁,平均孕周为(11.31 ± 3.97)周,孕前BMI均值为(27.88 ± 3.25) kg/m^2 。孕前超重妇女122人(61.00%)。两组孕妇的基本人口学特征差异无统计学意义($P > 0.05$),见表1。妊娠中期随访时干预组失访10名孕妇,对照组失访12名孕妇,纳入分析孕妇(178名)和失访孕妇(22名)基本人口特征差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2.2 干预对改善妊娠中期增重的效果

干预组中期调查孕周为(26.14 ± 1.21)周,对照组中期调查孕周为(25.83 ± 1.18)周,两组差异无统计学意义($P > 0.05$)。孕24~28周随访时干预组孕妇增重为(5.00 ± 3.72)kg,对照组孕妇增重为(6.57 ± 4.28)kg。在调整年龄、孕次、产次、地区孕前BMI分类、社会经济状况协变量后,干预组比对照组增重降低 -1.63kg (95%CI: $-2.80 \sim -0.46$, $P = 0.007$)。

表 1 干预组和对照组研究对象基本特征比较 $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

Table 1 Comparison of baseline characteristics of participants between the intervention and the control group $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

基本特征	合计(n=200)	对照组(n=100)	干预组(n=100)	t/χ^2	P^*
年龄(岁)	30.16±3.97	29.83±3.95	30.49±3.99	-1.176	0.244
基线孕周(周)	11.31±1.56	11.26±1.52	11.35±1.61	-0.419	0.504
孕前 BMI(kg/m ²)	27.88±3.25	27.68±3.03	28.08±3.45	-0.871	0.596
孕前 BMI 分类				<0.001	>0.999
超重	122(61.0)	61(61.0)	61(61.0)		
肥胖	78(39.0)	39(39.0)	39(39.0)		
基线孕期增重(kg)	0.62±3.07	0.81±3.24	0.43±2.89	0.882	0.178
教育水平				0.153	0.558
大专以下	31(15.5)	14(14.0)	17(17.0)		
大专以上	169(84.5)	86(86.0)	83(83.0)		
Green 评分	64.89±8.63	64.83±8.53	64.95±8.76	-0.097	0.824
孕次(次)				0.569	0.752
1	93(46.5)	49(49.0)	44(44.0)		
2	70(35.0)	34(34.0)	36(36.0)		
3	37(18.5)	17(17.0)	20(20.0)		
初产妇				0.359	0.454
否	67(33.5)	31(31.0)	36(36.0)		
是	133(66.5)	69(69.0)	64(64.0)		

注: P 值为 t 检验或卡方检验或 Fisher 精确检验计算。

2.3 干预对改善妊娠中期代谢性指标的效果

干预对代谢性指标变化的影响见表 2。结果显示,干预可有效降低妊娠中期 FBG 的变化值调整后平均组间差异 $-0.34(95\%CI:-0.53\sim-0.14, P=0.001)$,干预对其他代谢性指标的影响差异无统计学意义($P>0.05$)。亚组分析结果见表 3,干预对改善 FBG 的效果存在地区差异,干预可有效降低潍坊地区孕妇妊娠中期的 FBG,调整后平均组间差异一

0.54($95\%CI:-0.87\sim-0.22, P=0.001$),而通州地区无明显降低($P>0.05$)。

2.4 中介效应分析

中介效应分析结果见表 4,妊娠中期增重介导了 31.0%(间接效应 $=-0.07, P=0.014$;直接效应 $=-0.15, P=0.168$)干预前后 FBG 的变化。妊娠中期增重在干预对其他代谢指标的影响中无中介效应($P>0.05$)。

表 2 干预对妊娠中期代谢性指标变化的影响 $(\bar{x} \pm s)$

Table 2 Effects of intervention on changes of metabolic indicators $(\bar{x} \pm s)$

结局指标	干预组	对照组	效应值(95%CI)	t	P
FBG 变化值	-0.09±0.41	0.23±0.75	-0.34(-0.53~-0.14)	-3.409	<0.001
TC 变化值	1.34±0.82	1.28±0.75	0.04(-0.21~0.28)	0.289	0.773
TG 变化值	1.21±0.70	1.32±0.74	-0.17(-0.41~0.08)	-1.311	0.192
HDL 变化值	0.35±0.28	0.35±0.24	0.02(-0.07~0.11)	0.391	0.696
LDL 变化值	0.56±0.70	0.52±0.67	0.03(-0.19~0.24)	0.229	0.819
FINS 变化值	3.16±8.24	2.69±7.30	1.75(-2.21~5.71)	0.866	0.390
HOMA 变化值	0.66±1.95	0.59±1.80	0.44(-0.54~1.43)	0.881	0.382
HOMA-β 变化值	19.10±332.52	53.24±117.48	-27.77(-168.43~112.90)	-0.387	0.700
HbA1c 变化值	-0.21±0.20	-0.20±0.24	0.03(-0.08~0.15)	0.548	0.585

注:采用广义线性混合模型,考虑医院的聚集效应,并校正年龄、孕次、产次、孕前营养状况、社会经济状况。

表 3 干预对妊娠中期 FBG 变化影响的亚组分析($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Subgroup analysis of the effects of intervention on FBG in the second trimester ($\bar{x} \pm s$)

组别	对照组	干预组	效应值(95%CI)	P	交互 P
地区					0.019
潍坊	0.38±0.92	-0.15±0.38	-0.54(-0.87~-0.22)	0.001	
通州	0.02±0.34	-0.02±0.44	-0.08(-0.27~0.11)	0.411	
年龄(岁)					0.879
≥30	0.38±0.80	0±0.41	-0.34(-0.61~-0.07)	0.017	
<30	0.11±0.69	-0.21±0.38	-0.31(-0.58~-0.04)	0.029	
孕前 BMI 分类					0.972
超重	0.22±0.68	-0.09±0.42	-0.31(-0.55~-0.07)	0.012	
肥胖	0.25±0.84	-0.07±0.41	-0.34(-0.67~0.00)	0.053	
初产妇					0.886
否	0.36±0.87	-0.01±0.41	-0.38(-0.79~0.02)	0.071	
是	0.17±0.69	-0.13±0.41	-0.33(-0.56~-0.11)	0.005	
教育水平					0.494
大专以上	0.27±0.77	-0.08±0.43	-0.37(-0.59~-0.16)	0.001	
大专以下	-0.02±0.57	-0.10±0.34	-0.27(-0.78~0.23)	0.302	

注:采用广义线性混合模型,并校正地区、年龄、孕次、产次、孕前营养状况、社会经济状况。

表 4 妊娠中期增重在干预对代谢指标变化影响中的中介作用分析

Table 4 Mediating effect of weight gain in the second trimester on the association between intervention and metabolic indicators

结局指标	n	总效应 (95%CI)	直接效应 (95%CI)	间接效应 (95%CI)	中介百分比 (%)	中介效应 P 值
FBG 变化值	124	-0.21(-0.42~-0.03)	-0.15(-0.34~0.05)	-0.07(-0.15~-0.01)	31.0	0.036
TC 变化值	124	0.04(-0.22~0.28)	-0.01(-0.27~0.25)	0.05(-0.01~0.14)	14.7	0.802
TG 变化值	124	-0.18(-0.43~0.07)	-0.18(-0.43~0.09)	-0.01(-0.08~0.06)	2.0	0.900
HDL 变化值	124	0.02(-0.08~0.11)	0.01(-0.09~0.10)	0.01(-0.01~0.04)	8.1	0.814
LDL 变化值	124	0.03(-0.18~0.25)	0.02(-0.19~0.24)	0.01(-0.05~0.07)	4.4	0.882
FINS 变化值	65	0.768(-3.51~5.24)	1.08(-3.68~6.07)	-0.31(-2.68~1.79)	-5.7	0.880
HOMA 变化值	65	0.15(-0.93~1.15)	0.21(-0.96~1.33)	-0.06(-0.58~0.44)	-5.7	0.932
HOMA-β 变化值	65	-39.02(-175.68~113.18)	-18.75(-166.47~138.76)	-20.27(-92.33~46.61)	16.0	0.736
HbA1c 变化值	66	0.01(-0.12~0.14)	0.07(-0.06~0.19)	-0.05(-0.13~0.00)	-25.3	0.828

注:采用广义线性混合模型,考虑医院的聚集效应,并校正年龄、孕次、产次、社会经济状况。

3 讨论

本研究发现,生活方式干预可以降低超重肥胖孕妇妊娠中期增重和 FBG 水平,且妊娠中期增重在干预对 FBG 影响中发挥部分中介作用,中介作用占比为 31.0%。

3.1 干预对超重肥胖孕妇妊娠中期体重的影响

与既往研究综述^[8]相似,本研究发现基于移动健康技术的生活方式干预可有效降低超重肥胖孕妇

妊娠中期增重,且干预效果(-1.63kg)优于英国 UPBEAT 研究在 27~28 周时的体重降低效果^[17]。移动健康技术赋能(定期监测孕妇饮食、运动、体重并反馈)和干预开始时间(孕 10~14 周)较早可能是导致本研究干预效果较好的原因。孕期增重与不良妊娠结局之间存在线性关系,既往研究表明孕期增重每超出美国医学研究所(Institute of Medicine, IOM)推荐范围 1.0kg,不良妊娠相关结局的可能性预计增加 10%。因此,本研究有效降低约 1.6kg 的

妊娠中期增重具有重要的临床意义^[18]。

3.2 干预对超重肥胖孕妇妊娠中期 FBG 的影响

本研究发现基于移动健康技术的生活方式干预可有效降低超重肥胖孕妇妊娠 27 周左右的空腹血糖(FBG)水平,与既往研究未显著降低妊娠中期 FBG 的结果有所不同,可能与本研究专门针对超重肥胖高危人群并采用移动健康干预有关^[10-11]。尽管现有系统综述显示类似干预对 GDM 患者 FBG 降低效果有限,但仍提示该模式在高危孕妇血糖管理方面具有潜力^[19]。移动健康技术凭借实时数据收集、行为追踪与即时反馈等优势,有助于提升孕妇自我管理能力和干预效率^[20-21]。尽管本研究在体重管理基础较好的地区(通州,设置专业营养门诊)干预组与对照组 FBG 差异未达显著水平,但总体 FBG 下降趋势仍表明该干预模式具有一定的推广价值,有助于节约医疗资源、提高管理效率。

3.3 干预对超重肥胖孕妇妊娠中期血脂相关指标的影响

本研究未发现生活方式干预对超重肥胖孕妇血脂水平产生显著影响,与 Renault 等的研究结果一致,该研究也报道干预未能改善包括 TG、TC、VLDL、LDL、HDL 及胰岛素敏感性在内的代谢指标^[13]。尽管英国 UPBEAT 研究报道生活方式干预可降低 VLDL 增长速率并改善代谢状况^[9],但本研究与 Renault 等均未观察到类似效应,可能与样本量不足、干预后随访时间较短以及评估时间点较早有关。鉴于妊娠期脂代谢异常可增加不良妊娠结局风险^[22],且母体甘油三酯水平与出生体重独立相关^[23],未来仍需进一步开发能够有效改善超重肥胖孕妇血脂代谢的生活方式干预技术。

3.4 干预对超重肥胖孕妇妊娠中期 HbA1c 和胰岛素水平的影响

本研究发现,生活方式干预未能有效改善妊娠中期 HbA1c 和胰岛素水平。与 LIMIT 研究^[11]、Renault 等人的研究^[13]和针对 GDM 孕妇开展的生活方式干预研究^[19]结果一致。然而,Wagner 等人发现生活方式干预可改变产后 1 年 HbA1c 水平和胰岛素抵抗水平^[24]。生活方式干预对改善孕期及产后不同时间点 HbA1c 和胰岛素的效果不一致。未来需增加随访时间点,评估生活方式干预对超重肥胖孕妇及子代近期和远期代谢指标的影响。

3.5 GWG 介导干预对超重肥胖孕妇妊娠中期代谢性指标的影响

既往横断面研究证据显示,GWG 与妊娠期代谢指标的变化相关^[14]。然而,目前生活方式干预研究重点关注干预对 GWG 或对代谢指标的影响,缺乏基于临床随机对照资料开展对 GWG 在干预和代谢性指标结局之间作用机制的探索^[9,11]。而本研究通过中介作用分析发现,妊娠中期 GWG 介导了干预对 FBG 变化值的影响,通过高质量的临床随机对照试验证据进一步证明生活方式干预很可能通过影响 GWG,进而改善 FBG,阐明了生活方式干预改善代谢性指标的有效性机制,同时也说明了控制妊娠期体重对于改善孕期血糖代谢的重要性。

3.6 研究的优势与局限性

本研究的优势在于采用随机对照试验设计,有助于控制混杂因素,更准确评估生活方式干预对孕早期代谢指标的影响;基于移动健康技术实施干预,提升了超重肥胖孕妇体重管理的效率;在不同经济水平地区验证干预效果,为其推广应用提供了依据。然而,样本量较小可能导致在孕产妇体重管理基础较好的机构中统计效能不足,影响了干预效果的评估。

综上,基于移动健康技术的生活方式干预可有效降低超重肥胖孕妇妊娠中期 FBG 水平,为预防妊娠糖尿病提供了可能。但本研究并未发现干预可改善血脂、胰岛素等代谢指标。尽管超重肥胖已被证明与对母亲和子代的不良代谢水平有关^[4]。但尚未有足够的证据表明生活方式干预可明显改善母亲和子代的代谢指标。未来仍需开展更多的随机对照试验,探索可有效改善母亲和子代代代谢指标的生活方式干预模式。

[参考文献]

- [1]吴申鹏,董婧,马旭,等.中国育龄女性体重过低、超重和肥胖的流行现状及危险因素分析[J].中华临床营养杂志,2022,30(2):79-86.
- [2]Golawski K, Giermaziak W, Ciebia M, et al. Excessive gestational weight gain and pregnancy outcomes [J]. J Clin Med, 2023, 12(9):3211.
- [3]Bahri Khomami M, Teede H J, Enticott J, et al. Implementation of antenatal lifestyle interventions into rou-

- tine care[J]. *JAMA Netw Open*, 2022, 5(10): e2234870.
- [4] Wan Y M, Chen Y X, Wu X X, et al. Mediation effect of maternal triglyceride and fasting glucose level on the relationship between maternal overweight/ obesity and fetal growth: a prospective cohort study[J]. *BMC Pregnancy Childbirth*, 2023, 23(1): 449.
- [5] 沈蕊, 郑睿敏, 王立聪, 等. 妊娠期糖尿病患者体重增长情况及与母婴不良结局的相关性研究[J]. *中国妇幼健康研究*, 2024, 35(3): 50-57.
- [6] Harrison C L, Bahri Khomami M, Enticott J, et al. Key components of antenatal lifestyle interventions to optimize gestational weight gain [J]. *JAMA Netw Open*, 2023, 6(6): e2318031.
- [7] Raab R, Geyer K, Zagar S, et al. App-supported lifestyle interventions in pregnancy to manage gestational weight gain and prevent gestational diabetes: scoping review[J]. *J Med Internet Res*, 2023, 25: e48853.
- [8] Teede H J, Bailey C, Moran L J, et al. Association of antenatal diet and physical activity-based interventions with gestational weight gain and pregnancy outcomes[J]. *JAMA Intern Med*, 2022, 182(2): 106-114.
- [9] Mills H L, Patel N, White S L, et al. The effect of a lifestyle intervention in obese pregnant women on gestational metabolic profiles: findings from the UK Pregnancies Better Eating and Activity Trial (UPBEAT) randomised controlled trial[J]. *BMC Med*, 2019, 17(1): 15.
- [10] Sagedal L R, Vistad I, Overby N C, et al. The effect of a prenatal lifestyle intervention on glucose metabolism: results of the Norwegian Fit for Delivery randomized controlled trial[J]. *BMC Pregnancy Childbirth*, 2017, 17(1): 167.
- [11] Moran L J, Fraser L M, Sundernathan T, et al. The effect of an antenatal lifestyle intervention in overweight and obese women on circulating cardiometabolic and inflammatory biomarkers: secondary analyses from the LIMIT randomised trial[J]. *BMC Med*, 2017, 15(1): 32.
- [12] McCarthy E A, Walker S P, Ugoni A, et al. Self-weighing and simple dietary advice for overweight and obese pregnant women to reduce obstetric complications without impact on quality of life: a randomised controlled trial[J]. *BJOG*, 2016, 123(6): 965-973.
- [13] Renault K M, Carlsen E M, Hædersdal S, et al. Impact of lifestyle intervention for obese women during pregnancy on maternal metabolic and inflammatory markers [J]. *Int J Obes (Lond)*, 2017, 41(4): 598-605.
- [14] Antony K M, Romezi M, Lindgren K, et al. Maternal metabolic biomarkers are associated with obesity and excess gestational weight gain[J]. *Am J Perinatol*, 2021, 38: e173-e181.
- [15] 李萍, 王海雪, 高晓, 等. 基于移动健康技术对超重或肥胖孕妇体重管理的随机对照试验[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2025, 57(3): 465-472.
- [16] 中华医学会糖尿病学分会胰岛素抵抗学组(筹). 胰岛素抵抗评估方法和应用的专家指导意见[J]. *中华糖尿病杂志*, 2018, 10(6): 377-385.
- [17] Poston L, Bell R, Croker H, et al. Effect of a behavioural intervention in obese pregnant women (the UPBEAT study): a multicentre, randomised controlled trial[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2015, 3(10): 767-777.
- [18] Cedergren M I. Optimal gestational weight gain for body mass index categories[J]. *Obstet Gynecol*, 2007; 110(4): 759-764.
- [19] Li S Y, Ouyang Y Q, Qiao J, et al. Technology-supported lifestyle interventions to improve maternal-fetal outcomes in women with gestational diabetes mellitus: a meta-analysis[J]. *Midwifery*, 2020, 85: 102689.
- [20] Villinger K, Wahl D R, Boeing H, et al. The effectiveness of app-based mobile interventions on nutrition behaviours and nutrition-related health outcomes: a systematic review and meta-analysis [J]. *Obes Rev*, 2019, 20(10): 1465-1484.
- [21] Ranasinha S, Hill B, Teede H J, et al. Efficacy of behavioral interventions in managing gestational weight gain (GWG): a component network meta-analysis[J]. *Obes Rev*, 2022, 23(4): e13406.
- [22] 金春霞, 金凯. 孕期脂代谢异常与母儿不良妊娠结局的相关性研究[J]. *中国妇幼健康研究*, 2019, 30(6): 714-717.
- [23] Peng J, Zhang L, Jin J, et al. Impact of maternal lipid profiles on offspring birth size in late pregnancy among women with and without gestational diabetes[J]. *Lipids Health Dis*, 2025, 24(1): 43.
- [24] Wagner K A, Pekow P, Marcus B, et al. The impact of a lifestyle intervention on cardiometabolic risk factors among postpartum hispanic women with overweight and obesity in a randomized controlled trial (Proyecto Mamá)[J]. *Matern Child Health J*, 2024, 28(10): 1768-1781.

[专业责任编辑: 杨文方]

[中文编辑: 牛惠; 英文编辑: 方柳]