

文章编号: 1000-8020(2023)05-0726-07

·调查研究·

## 孕早中期增重速率与妊娠期 糖尿病风险的队列研究

宫可心<sup>1</sup> 李海滢<sup>1</sup> 余夏妍<sup>1</sup> 古悦<sup>1</sup>  
曹译丹<sup>1</sup> 朱贝贝<sup>1,2,3</sup> 陶芳标<sup>1,2,3,4</sup>



1 安徽医科大学公共卫生学院,合肥 230032; 2 出生人口健康教育部重点实验室,合肥 230032; 3 人口健康与优生安徽省重点实验室,合肥 230032; 4 国家卫生健康委配子及生殖道异常研究重点实验室,合肥 230032

**摘要:** 目的 探讨孕早中期增重速率与妊娠期糖尿病 (gestational diabetes mellitus, GDM) 的关系。方法 2019 年 5—9 月首次在马鞍山市妇幼保健院产检并建立孕产妇保健手册时 ( $\leq 14$  周+6) 进行基线纳入合计 1189 人。共 968 名孕产妇纳入最终分析,其中 GDM 病例 289 例。通过问卷调查收集孕妇社会人口学特征、既往史、生活方式等信息;孕妇 24~28 周进行口服葡萄糖耐量试验筛查 GDM;运用多因素 Logistic 回归分析孕早期和中期增重速率与 GDM 的关系。结果 调整孕前体质指数、年龄、职业、产次、孕次、受孕季节、受孕方式、城乡、糖尿病家族史后,与增重速率适宜相比,孕早期体重增速过快发生 GDM 的风险增加(过快组:  $aOR = 1.92$ ,  $95\% CI 1.20 \sim 3.07$ );孕中期体重增重速率过快或缓慢未发现与 GDM 的风险相关(过快组:  $aOR = 0.89$ ,  $95\% CI 0.47 \sim 1.70$ ) (缓慢组:  $aOR = 1.57$ ,  $95\% CI 0.85 \sim 2.90$ )。进一步以孕前体质指数分层,孕前 BMI $<24$  且孕早期增重速率过快是 GDM 的危险因素(过快组:  $aOR = 1.98$ ,  $95\% CI 1.16 \sim 3.38$ ),孕前 BMI $\geq 24$  的孕妇在孕早期增重速率未观察到显著关联(缓慢组:  $aOR = 0.79$ ,  $95\% CI 0.29 \sim 2.12$ ; 过快组:  $aOR = 1.61$ ,  $95\% CI 0.60 \sim 4.30$ )。相乘模型显示,孕前 BMI 和孕早期增重速率对于 GDM 无交互作用。结论 孕早期增重速率过快会影响 GDM 发生风险。

关键词: 增重速率 孕早期 妊娠期糖尿病 前瞻性

中图分类号: R173 R181.3<sup>+</sup>7 R714.256

文献标志码: A

DOI: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2023.05.007

## Weight gain rate in the first and second trimesters and risk of gestational diabetes: a prospective cohort study

Gong Kexin<sup>1</sup>, Li Haiyan<sup>1</sup>, Yu Xiayan<sup>1</sup>, Gu Yue<sup>1</sup>, Cao Yidan<sup>1</sup>, Zhu Beibei<sup>1,2,3</sup>, Tao Fangbiao<sup>1,2,3,4</sup>

1 School of Public Health, Anhui Medical University, Hefei 230032, China; 2 Key Laboratory of Population Health Across Life Cycle, Ministry of Education, Hefei 230032, China; 3 Anhui Provincial Key Laboratory of Population Health & Aristogenics, Hefei 230032, China; 4 Key Laboratory of Study on Abnormal Gametes and Reproductive Tract, National Health Commission, Hefei 230032, China

**ABSTRACT: OBJECTIVE** To investigate the relationship between the rate of weight gain in the first and second trimesters and gestational diabetes mellitus (GDM).

基金项目: 国家自然科学基金(No.82073564, 81761128034); 安徽省重点研究与开发计划项目(No.202104j07020034)

作者简介: 宫可心,女,硕士研究生,研究方向: 妊娠糖尿病健康促进, E-mail: 3292131378@qq.com

通信作者: 朱贝贝,女,博士,副教授,硕士生导师,研究方向: 妊娠糖尿病的环境及遗传病因及其远期健康效应,围生期抑郁的筛查与管理, E-mail: a513275541@126.com

**METHODS** A total of 1189 maternal cases were included at baseline from May to September 2019 when they first came to the Maternal and Child Health Hospital in Ma'anshan for delivery and establishment of maternal health handbook ( $\leq 14$  weeks+6). A total of 968 maternal cases were included in the final analysis, including 289 cases of GDM. Information on maternal socio-demographic characteristics, past history and lifestyle was collected through questionnaires. Oral glucose tolerance test was performed to screen for GDM at 24–28 weeks of pregnancy. Multi-factor logistic regression was used to analyze the relationship between the rate of weight gain in the first and second trimesters and GDM. **RESULTS** After adjusting for pre-pregnancy BMI, age, occupation, number of births, number of pregnancies, type of residence, family history of diabetes, season of conception and mode of conception, an increased risk of GDM was found for rapid weight gain in early pregnancy compared with appropriate rate of gain (rapid group:  $aOR = 1.92$ ,  $95\% CI 1.20-3.07$ ). No risk of GDM was found for rapid or slow weight gain in mid-pregnancy (rapid group:  $aOR = 0.89$ ,  $95\% CI 0.47-1.70$ ) (slow group:  $aOR = 1.57$ ,  $95\% CI 0.85-2.90$ ). Further stratified by pre-pregnancy BMI, pre-pregnancy BMI  $< 24$ —overly rapid growth rate in early pregnancy was a risk factor for GDM (rapid group;  $aOR = 1.98$ ,  $95\% CI 1.16-3.38$ ) and no significant association was observed in pregnant women with pre-pregnancy BMI  $\geq 24$  (slow group:  $aOR = 0.79$ ,  $95\% CI 0.29-2.12$ ; rapid group:  $aOR = 1.61$ ,  $95\% CI 0.60-4.30$ ). A multiplicative model showing no interaction between pre-pregnancy BMI and early pregnancy weight gain rate for GDM. **CONCLUSION** Excessive growth rate in the first pregnancy can affect the risk of GDM.

**KEY WORDS:** weight gain rate, first trimester, gestational diabetes, prospective

妊娠期糖尿病 (gestational diabetes mellitus, GDM) 是妊娠期首次发现的不同程度的糖代谢异常<sup>[1]</sup>, 作为孕期常见的并发症, 在中国孕妇中的发生率为 17.5%<sup>[2]</sup>, 会增加母亲流产、早产、剖宫产、胎膜早破等近期和患 2 型糖尿病的远期健康危害<sup>[3-4]</sup>。孕期女性处于特殊的生理时期, 由于身体和心理发生转变, 膳食结构不平衡, 营养摄入过多, 运动量减少等多种原因均使孕期体重过度增加的现象更加普遍<sup>[5]</sup>。孕期增重随着孕周而变化, 早期增重较慢, 中晚期增重较快, 孕期总增重可能无法准确评估并识别不同孕期体重变化与 GDM 之间的关联, 因此探索不同孕期体重变化有着重要意义。目前, 国内外关于不同孕期增重对 GDM 影响的研究结果不完全一致。多数研究显示孕早期增重与 GDM 的发生风险呈正相关<sup>[6-12]</sup>, 少数研究未发现显著性关联<sup>[13]</sup>, 多数研究未发现孕中期增重与 GDM 之间存在显著关联<sup>[6-7, 10, 13]</sup>, 少数研究发现两者呈正相关<sup>[12]</sup>。也有研究结果显示孕前体质指数 (body mass index, BMI) 较高会独立增加 GDM 的风险<sup>[14]</sup>。目前临床上普遍采用美国医学研究所 (IOM) 划分的孕前 BMI 及其推荐的增重范围标准<sup>[15]</sup>, 但亚洲女性肥胖率较低而肥胖相关疾病发病率较高, 按照 IOM 的标准划分

孕前 BMI 以及推荐相应的孕期增重范围来指导我国的孕妇可能并不适宜。我国在 2002 年已制定了中国人群 BMI 分类标准<sup>[16]</sup>, 目前根据此标准研究不同孕前 BMI 的妇女中, 孕期增重与 GDM 的关联数量有限, 且结果存在显著的异质性<sup>[17-19]</sup>。因此, 本研究采用前瞻性的队列设计, 探讨孕早、中期的增重速率与 GDM 发生风险之间的关系, 着重关注针对不同孕前 BMI 上述关联是否存在差异, 为预防 GDM 的发生提供参考依据。

## 1 对象与方法

### 1.1 调查对象

2019 年 5—9 月在马鞍山市妇幼保健院的孕期门诊纳入年满 18 周岁的孕早期 ( $\leq 14$  周+6) 妇女并且本人能够理解并独立完成调查问卷, 计划在该院定期产检和分娩, 共计纳入 1189 人; 排除缺少孕早期体重信息 101 人, 无 75 g 口服葡萄糖耐量试验 (oral glucose tolerance test, OGTT) 结果 118 人, 孕前患有糖尿病 2 人, 孕中期体重在 OGTT 之后测量的 246 人, 缺少孕中期体重信息 180 人, 最终 968 名研究对象被纳入孕早期分析, 542 名纳入孕中期分析。

本研究经安徽医科大学伦理委员会审批通过 (No. 20170358), 所有孕妇均签署书面知情同意书。

## 1.2 调查方法

孕妇首次来马鞍山市妇幼保健院产检 ( $\leq 14^{+6}$ 周) 并建立孕产妇保健手册时, 采用自制的基础信息问卷收集孕妇年龄、孕周、身高、文化程度、职业、家庭年总收入、工作状态、吸烟、饮酒、既往疾病史、受孕方式、孕产史等基本信息。其中吸烟指至少吸了 100 支烟(约 5 包香烟), 饮酒指每月至少喝 1~3 次(一次饮酒指饮啤酒 340 mL 或葡萄酒 140 mL 或饮白酒 43 mL), 受孕季节指末次月经在 3—5 月定为春季, 6—8 月为夏季, 9—11 月为秋季, 12—2 月为冬季, 本研究纳入人群受孕季节均在春夏两季。孕期体重由培训后的调查员测量, 测量仪器为校正后的体重秤(带标尺体重秤, 产品生产商: 无锡市衡器厂有限公司, 型号 RGT-160-RT), 体重测量结果精确到 0.1 kg。

## 1.3 判定标准

依据美国糖尿病学会 2010 年“妊娠期糖尿病诊治指南”<sup>[20]</sup> 禁食 8 h, 75 g 糖耐量试验, 空腹血糖  $\geq 5.1$  mmol/L, 1 h  $\geq 10$  mmol/L, 2 h  $\geq 8.5$  mmol/L。任何一项血糖值达到或超过上述标准即诊断为 GDM。体重根据中国肥胖工作组标准: BMI  $< 18.5$  为低体重、BMI 18.5~23.9 为正常体重、BMI 24~27.9 为超重, BMI  $\geq 28$  为肥胖<sup>[16]</sup>。

孕期增速: 孕产妇孕前体重通过自我回顾方式报告。分别计算 OGTT 前、孕早期和孕中期体重增长速率, OGTT 前增速 = (孕中期体重 - 孕前体重) / 孕中孕周; 孕早期增速 (kg/w) = (孕早期体重 - 孕前体重) / 孕早孕周; 孕中期增速 = (孕中期体重 - 孕早期体重) / (孕中孕周 - 孕早孕周)。目前国内尚未制定标准孕期增重速率适宜范围, 因此本研究探索性将不同时期增重速率按照 P10 和 P90 进行三分类:  $< P10$  为增重速率缓慢组,  $P10 \sim P90$  为增重速率适宜组,  $> P90$  为增重速率过快组。

## 1.4 质量控制

选择马鞍山市妇幼保健院的门诊医生作为招募纳入研究对象的调查员。调查实施前, 对调查员进行统一培训, 确保调查员对纳入流程及调查问卷中的概念和题意有统一明确的认识; 进行预调查; 选择的调查员应有严谨的工作作风和科学态度, 诚实可靠的品质且具有调查所需的专业知识、丰富的现场研究经验和组织能力。实施过程中调查员保持与项目组成员顺畅交流, 及时发现、

报告现场纳入过程中遇到的问题, 探讨给出解决的办法; 定期查看电子问卷系统是否正常运行, 发现问题及时与工程师沟通解决; 研究期间项目组成员定期检查调查员的工作, 对工作情况进行考核和指导。

## 1.5 统计学分析

采用 SPSS 25.0 软件对资料进行数据处理与统计分析。分类资料用频数与构成比表示; 通过  $t$  检验和  $\chi^2$  检验发现 GDM 组和非 GDM 组人群特征差异; 以孕早中期不同增中速率为自变量, 是否被诊断为 GDM 为因变量, 采用多因素 Logistic 回归模型分析孕早期以及孕中期增重速率与 GDM 之间的关联。进一步以孕前 BMI  $< 24$  和 BMI  $\geq 24$  进行二分类分层, 探索不同孕前 BMI 下孕早期增重速率与 GDM 之间的关联。根据生物学合理性, 全部统计检验均为双侧概率检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义, 以单因素  $P < 0.20$  作为需要调整的混杂因素。

## 2 结果

### 2.1 基线资料

调查对象孕前 BMI 为 (21.59  $\pm$  3.2), 其中 GDM 组 (22.70  $\pm$  3.43), 非 GDM 组 (21.12  $\pm$  2.98), 两组差异有统计学意义 ( $t = -6.83$ ,  $P = 0.02$ ); 年龄为 (28.83  $\pm$  4.05) 岁, GDM 组为 (29.60  $\pm$  4.17) 岁, 非 GDM 组为 (28.40  $\pm$  3.92) 岁, 两组差异有统计学意义 ( $t = -6.83$ ,  $P < 0.01$ )

由表 1 可见, GDM 组孕妇孕前 BMI 和年龄高于非 GDM 组, GDM 组孕妇中无职业者、农民和工人总数占比高于非 GDM 组, GDM 组孕妇生产次数  $\geq 1$  次、怀孕次数  $\geq 2$  次、辅助受孕均高于非 GDM 组, GDM 组孕妇有糖尿病家族史所占比例高于非 GDM 组; 且受孕季节多在春季 ( $P < 0.05$ )。

### 2.2 孕期增重速率与 GDM 关联的 Logistic 回归分析

由表 2 可见, 调整孕前 BMI、年龄、职业、产次、孕次、受孕季节、受孕方式、城乡、糖尿病家族史后, OGTT 前孕期增重速率与发生 GDM 的风险无统计学关联; 孕早期增重速率过快的孕妇发生 GDM 的风险升高 (aOR = 1.92, 95% CI 1.20 ~ 3.07), 而孕早期增重速率缓慢与 GDM 风险之间不存在统计学关联; 孕中期增重速率缓慢或过快与发生 GDM 的风险均无统计学关联 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3 孕前不同 BMI 下孕早期增重速率与 GDM 关系

进一步以孕前 BMI 进行分层, 调整年龄、职

表 1 妊娠期糖尿病(GDM)与非 GDM 孕妇的基本特征 [n(r/%)]

基本特征	合计(N=968)	GDM(N=289)	非 GDM(N=679)	$\chi^2$ 值	P 值
孕前体质指数				34.40	<0.01
<18.5	147(15.2)	27(9.3)	120(17.6)		
18.5~23.9	618(63.9)	170(58.8)	448(66.0)		
24.0~27.9	166(17.1)	74(25.6)	92(13.5)		
≥28.0	37(3.8)	18(6.2)	19(2.8)		
年龄/岁				14.44	<0.01
<25	156(16.1)	32(11.1)	124(18.3)		
25~29	488(50.4)	138(47.8)	350(51.5)		
≥30	324(33.5)	119(41.2)	205(30.2)		
文化程度				2.43	0.49
初中及以下	163(16.8)	49(17.0)	114(16.8)		
高中/中专	189(19.5)	62(21.5)	127(18.7)		
大专/本科	560(57.9)	158(54.7)	402(59.2)		
硕士及以上	56(5.8)	20(6.9)	36(5.3)		
吸烟				0.36	0.55
是	38(3.9)	13(4.5)	25(3.7)		
否	930(96.1)	276(95.5)	654(96.3)		
饮酒				<0.01	0.95
是	133(13.7)	40(13.8)	93(13.7)		
否	835(86.3)	249(86.2)	586(86.3)		
家庭年总收入/万元				0.11	0.95
<5	109(11.3)	34(11.8)	75(11.0)		
5~20	721(74.5)	214(74.0)	507(74.7)		
>20	138(14.3)	41(14.2)	97(14.3)		
职业				13.81	<0.01
无业	326(33.7)	104(36.0)	222(32.7)		
农民/工人	122(12.6)	44(15.2)	78(11.5)		
技术人员/白领	396(40.9)	94(32.5)	302(44.5)		
领导/干部	124(12.8)	47(16.3)	77(11.3)		
工作状态				2.67	0.45
无业	401(41.4)	128(44.3)	273(40.2)		
带薪休假	54(5.6)	12(4.2)	42(6.2)		
兼职	21(2.2)	7(2.4)	14(2.1)		
全职	492(50.8)	142(49.1)	350(51.5)		
产次				10.11	<0.01
0	622(64.3)	164(56.7)	458(67.5)		
≥1	346(35.7)	125(43.3)	221(32.5)		
孕次				10.92	<0.01
1	430(44.4)	105(36.3)	325(47.9)		
≥2	538(55.6)	184(63.7)	354(52.1)		
城乡				2.36	0.13
农村	123(12.7)	44(15.2)	79(11.6)		
城市	845(87.3)	245(84.8)	600(88.4)		
糖尿病家族史				3.93	0.05
有	81(8.4)	32(11.1)	49(7.2)		
无	887(91.6)	257(88.9)	630(92.8)		
受孕季节				26.03	<0.01
春季	642(66.3)	226(78.2)	416(61.3)		
夏季	326(33.7)	63(21.8)	263(38.7)		
受孕方式				4.48	0.03
自然受孕	900(93.0)	261(90.3)	639(94.1)		
辅助受孕	68(7.0)	28(9.7)	40(5.9)		

表2 不同孕期增重速率与妊娠期糖尿病(GDM)关系的 Logistic 回归分析

增重速率	GDM	非 GDM	未调整 [OR( 95%CI )]	调整后 <sup>(1)</sup> [OR( 95%CI )]
OGTT 前				
缓慢	19( 33.3)	38( 66.7)	1.31( 0.73~2.36)	1.05( 0.56~1.97)
适中	117( 27.7)	306( 72.3)	1.00	1.00
过快	18( 29.0)	44( 71.0)	1.07( 0.59~1.93)	1.22( 0.66~2.26)
孕早期				
缓慢	20( 23.3)	66( 76.7)	0.73( 0.44~1.24)	0.68( 0.39~1.17)
适宜	231( 29.2)	559( 70.8)	1.00	1.00
过快	38( 41.3)	54( 58.7)	1.74( 1.12~2.71)	1.92( 1.20~3.07)
孕中期				
缓慢	24( 42.1)	33( 57.9)	1.97( 1.12~3.48)	1.57( 0.85~2.90)
适中	114( 26.9)	310( 73.1)	1.00	1.00
过快	16( 26.2)	45( 73.8)	0.96( 0.52~1.78)	0.89( 0.47~1.70)

注: OGTT: 口服葡萄糖耐量试验; (1) 调整孕前体质指数、年龄、职业、产次、孕次、受孕季节、受孕方式、城乡、糖尿病家族史

表3 不同体质指数(BMI)下孕早期增重速率与妊娠期糖尿病(GDM)关系

孕前 BMI	增重速率	GDM	非 GDM	未调整	调整后	$P_{交互}$ 值
体重正常	缓慢	12( 18.5)	53( 81.5)	0.68( 0.35~1.30)	0.63( 0.32~1.23)	0.467
	适宜	158( 25.2)	470( 74.8)	1.00	1.00	
	过快	27( 37.5)	45( 62.5)	1.79( 1.07~2.98)	1.98( 1.16~3.38)	
超重肥胖	缓慢	8( 38.1)	13( 61.9)	0.75( 0.30~1.91)	0.79( 0.29~2.12)	
	适宜	73( 45.1)	89( 54.9)	1.00	1.00	
	过快	11( 55.0)	9( 45.0)	1.49( 0.59~3.79)	1.61( 0.60~4.30)	

注: (1) 调整年龄、职业、产次、孕次、受孕季节、受孕方式、城乡、糖尿病家族史

业、产次、孕次、受孕季节、受孕方式、城乡、糖尿病家族史后, 分层分析结果由表3可见, 孕前 BMI < 24 孕妇中, 孕早期增速过快与 GDM 发生风险呈正相关( 过快组: aOR = 1.98, 95% CI 1.16 ~ 3.38), 孕早期增速缓慢与 GDM 无显著性关联( 缓慢组: aOR = 0.63, 95% CI 0.32 ~ 1.23)。在孕前 BMI ≥ 24 的孕妇中, 孕早期孕妇增重速率与 GDM 发生风险无关联( 过快组: aOR = 1.61, 95% CI 0.60 ~ 4.30)( 缓慢组: aOR = 0.79, 95% CI = 0.29 ~ 2.12); 相乘模型显示, 孕前 BMI 和孕早期增速对 GDM 无交互作用。

### 3 讨论

本研究发现在孕早期增重速率过快组发生 GDM 的风险是适宜组的 1.92 倍, 进一步对孕前 BMI 进行分层发现, 孕前 BMI < 24 孕妇, 孕早期增重速率过快增加 GDM 发生风险是适宜组的 1.98 倍, 而孕前 BMI ≥ 24 孕妇, 孕中期增重速率过快发生风险是适宜组的 0.08 倍。

孕早期是胎儿器官发育的关键期, 也是孕妇“怀孕应激”状态调整和过渡期<sup>[6]</sup>, 体内脂肪会迅速蓄积<sup>[21]</sup>。FACCO 等<sup>[22]</sup>的研究显示, 孕早期孕妇身体脂肪的改变与胰岛素的敏感性呈负相关。

本研究结果与多数研究结果吻合, 支持孕早期增重速率与 GDM 呈正相关。如一项巢式病例对照研究发现, 孕早期增重速率 ≥ 0.27 kg/w 的孕妇患 GDM 的风险是 < 0.06 kg/w 的 1.82 倍<sup>[23]</sup>。MACDONALD 等<sup>[9]</sup>对 806 例 GDM 孕妇及 4819 例非 GDM 孕妇开展病例对照研究发现, 女性孕早期的增重轨迹与 GDM 的发生呈正相关。同样的, 中国西南部地区的一项前瞻性研究显示, 孕早期增重过多与 GDM 增加有关<sup>[8]</sup>。但 CHUANG 等<sup>[13]</sup>按照 IOM 标准对研究人群的孕期增重进行自主划分, 结果显示孕早期体重过度增加会提升葡萄糖耐量受损的风险, 而与 GDM 之间无关。

本研究中未观察到孕中期增重速率和 OGTT 前增重速率与 GDM 之间存在显著关系, 同样的, 国内有两项采用 IOM 指南在成都市<sup>[6]</sup>和青岛市<sup>[7]</sup>开展的研究, 发现女性孕中期增重与 GDM 之间无显著性关联。可能随着孕周增加, 到中期母体自身储存脂肪和蛋白质的能力增加, 体重增长变化较快或与自身逐渐调整并适应孕期饮食和体力活动有关。对于 OGTT 前体重, GIBSON 等<sup>[24]</sup>发现 GDM 诊断前的孕期增重过多是超重或肥胖女性 GDM 的重要危险因素, 但在体重不足或妊娠前 BMI 正常的女性中则不是危险因素。

SHARON 等<sup>[25]</sup>发现在 GDM 诊断之前较高的体重增长会增加葡萄糖耐量受损的风险,但当检查 GDM 诊断前的孕期体重与母亲高血糖之间的关系时,GDM 发生人数没有增多。

3 个研究分析了孕前不同 BMI 组别孕期增重与 GDM 的关系,结果存在较大的异质性<sup>[17-19]</sup>。基于 IOM 标准在福州地区开展的研究发现,孕前 BMI 正常-孕期增重不足为 GDM 危险因素,孕前 BMI 正常-孕期增重过多为 GDM 保护因素<sup>[17]</sup>。而一项包含了 13748 名研究对象的 Meta 分析表明,无论孕前 BMI 如何,OGTT 前体重过度增加均可能增加 GDM 的风险( $OR = 1.42$ ,  $95\% CI 1.20 \sim 1.68$ )<sup>[18]</sup>;高稚等<sup>[19]</sup>参考中国孕前 BMI 分类标准开展的回顾性队列研究,发现孕前超重-增重过多是 GDM 的保护因素,孕前体重标准-孕期增重不足为 GDM 的危险因素。本研究发现孕前 BMI < 24 的孕妇孕早期增重速率过快会增加 GDM 发生风险。可能的解释是,女性本身孕前 BMI 较小的情况下,孕早期增重速率过快,短时间内体重的不合理增长对胰岛素分泌和抵抗产生影响<sup>[26]</sup>,造成血糖波动,从而在 OGTT 检测中任何一项异常都会被诊断为 GDM;而对于本身孕前 BMI 较大的孕妇,体重增速变化对血糖值影响较小,当体内胰岛  $\beta$  细胞能够分泌出足够的胰岛素来维持正常血糖水平时<sup>[27]</sup>,未被诊断为 GDM。因此,对于孕前超重肥胖的孕妇相比控制孕期的增重速率,更重要的是降低孕前的体重,而对孕前 BMI 正常的个体,从预防 GDM 的角度出发,控制孕早期的增速更为重要。

本研究的局限性:首先,孕前体重采用自我报告的方式,不可避免会产生回忆偏倚;其次,未采用以往增重标准,而是对研究人群孕期体重增速范围进行自主划分,可能会影响结果的外推应用;最后,未能考虑膳食因素对 GDM 的影响。

#### 参考文献

- [ 1 ] WHO. Diagnostic criteria and classification of hyperglycaemia first detected in pregnancy [M]. Geneva: WHO, 2013.
- [ 2 ] ZHU W W, YANG H X, WEI Y M, et al. Evaluation of the value of fasting plasma glucose in the first prenatal visit to diagnose gestational diabetes mellitus in china[J]. *Diabetes Care*, 2013, 36( 3 ): 586-590.
- [ 3 ] PLOWS J F, STANLEY J L, BAKER P N, et al. The pathophysiology of gestational diabetes mellitus [J]. *Int J Mol Sci*, 2018, 19( 11 ): 3342.
- [ 4 ] MACAULAY S, NGOBENI M, DUNGER D B, et al. The prevalence of gestational diabetes mellitus amongst black South African women is a public health concern [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2018, 139: 278-287.
- [ 5 ] CHAMPION M L, HARPER L M. Gestational weight gain: update on outcomes and interventions [J]. *Curr Diab Rep*, 2020, 20( 3 ): 11.
- [ 6 ] 代正燕, 刘丹, 李润, 等. 孕期增重及总增重与妊娠期糖尿病关系的队列研究 [J]. *中华流行病学杂志*, 2016, 37( 10 ): 1336-1340.
- [ 7 ] 王欣, 刘德春, 亢林萍. 不同孕期增重与发生妊娠期糖尿病关系探讨 [J]. *中国计划生育学杂志*, 2020, 28( 2 ): 213-216.
- [ 8 ] LAN X, ZHANG Y Q, DONG H L, et al. Excessive gestational weight gain in the first trimester is associated with risk of gestational diabetes mellitus: a prospective study from Southwest China [J]. *Public Health Nutr*, 2020, 23( 3 ): 394-401.
- [ 9 ] MACDONALD S C, BODNAR L M, HIMES K P, et al. Patterns of gestational weight gain in early pregnancy and risk of gestational diabetes mellitus [J]. *Epidemiology*, 2017, 28( 3 ): 419-427.
- [ 10 ] ZHONG C, LI X, CHEN R, et al. Greater early and mid-pregnancy gestational weight gain are associated with increased risk of gestational diabetes mellitus: a prospective cohort study [J]. *Clin Nutr*, 2017, 22: 48-53.
- [ 11 ] MOORE S T, WARING M E, CALLAGHAN K, et al. Weight gain in early pregnancy and risk of gestational diabetes mellitus among Latinas [J]. *Diabetes Metab*, 2019, 45( 1 ): 26-31.
- [ 12 ] QI Y, SUN X, TAN J, et al. Excessive gestational weight gain in the first and second trimester is a risk factor for gestational diabetes mellitus among women pregnant with singletons: a repeated measures analysis [J]. *J Diabetes Invest*, 2020, 11( 6 ): 1651-1660.
- [ 13 ] CHUANG Y C, HUANG L, LEE W Y, et al. The association between weight gain at different stages of pregnancy and risk of gestational diabetes mellitus [J]. *J Diabetes Invest*, 2022, 13( 2 ): 359-366.
- [ 14 ] HANTOUSHZADEH S, SHEIKH M, BOSAGHZADEH Z, et al. The impact of gestational weight gain in different trimesters of pregnancy on glucose challenge test and gestational diabetes [J]. *Postgrad Med J*, 2016, 92( 1091 ): 520-524.
- [ 15 ] IOM. Weight gain during pregnancy: reexamining the guidelines [M]. Washington DC: National Academies Press, 2009.

(下转第 748 页)

- [19] KAUFMANN A, BUTCHER P, MADEN K, et al. Improving the quechers liquid/liquid extraction of analytes with widely varying physicochemical properties: example of 201 veterinary drugs in milk. [J]. *J AOAC Int*, 2022, 105(4): 1030-1042.
- [20] KIM J H, JANG Y J, KIM D Y, et al. Determination of nitarosone in pork, egg, milk, halibut, shrimp, and eel using quechers and lc-mrm [J]. *Mass Spectrom Lett*, 2021, 12(1): 11-15.
- [21] 李萍萍, 张月, 吴小芳, 等. 固相萃取法与 quechers 法对比检测无核荔枝中 19 种农药残留 [J]. *热带作物学报*, 2017, 38(8): 1565-1571.
- [22] 荣杰峰, 韦航, 黄伙水, 等. 羟基化多壁碳纳米管分散固相萃取/气相色谱-质谱测定茶叶中有机氯农药和拟除虫菊酯类农药残留 [J]. *分析测试学报*, 2016, 35(1): 8-15.
- [23] SONG L, HAN Y T, YANG J, et al. Rapid single-step cleanup method for analyzing 47 pesticide residues in pepper, chili peppers and its sauce product by high performance liquid and gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Food Chem*, 2018, 279(1): 237-245.
- [24] SHENG W, MING L, XIUQIN L, et al. A functionalized carbon nanotube nanohybrids-based quechers method for detection of pesticide residues in vegetables and fruits [J]. *J Chromatogr A*, 2020, 1631: 461526.
- [25] 刘琳, 马腾飞, 贾孙悦, 等. 改良 quechers 方法结合气相色谱测定红甜菜中 20 种农药残留 [J]. *中国农学通报*, 2021, 37(35): 110-117.
- [26] 薛科宇, 田继锋, 宋国华, 等. 多壁碳纳米管-液质联用法检测小麦中农药残留 [J]. *粮食与油脂*, 2022, 35(9): 153-157.
- [27] 徐潇颖, 刘柱, 朱炳祺, 等. Quechers 提取-高效液相色谱-串联质谱法测定蔬菜中 29 种除草剂的残留量 [J]. *理化检验(化学分册)*, 2019, 55(4): 420-426.
- [28] 许芮茵, 谢倩文, 李旭军, 等. 基于多壁碳纳米管改进 quechers 法结合气相色谱-串联质谱检测茶叶中 10 种拟除虫菊酯类农药残留 [J]. *色谱*, 2022, 40(5): 469-476.
- [29] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 牛奶和奶粉中 493 种农药及相关化学品残留量的测定液相色谱-串联质谱法: GB/T 23211—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

收稿日期: 2022-11-25

(上接第 731 页)

- [16] 中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作组. 我国成人体重指数和腰围对相关疾病危险因素异常的预测价值: 适宜体重指数和腰围切点的研究 [J]. *中华流行病学杂志*, 2002, 23(1): 10-15.
- [17] 林娟, 林丽华, 张蓉华, 等. 基于美国医学研究院推荐的孕期增重与围产结局的回顾性研究 [J]. *中国妇幼卫生杂志*, 2020, 11(3): 7-12.
- [18] BRUNNER S, STECHER L, ZIEBARTH S, et al. Excessive gestational weight gain prior to glucose screening and the risk of gestational diabetes: a meta-analysis [J]. *Diabetologia*, 2015, 58(10): 2229-2237.
- [19] 高雅, 杨兴华. 孕前体质指数及孕期增重对妊娠期糖尿病的影响及其交互作用 [J]. *中国计划生育学杂志*, 2022, 30(3): 567-572.
- [20] International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups Consensus Panel. International association of diabetes and pregnancy study groups recommendations on the diagnosis and classification of hyperglycemia in pregnancy [J]. *Diabetes Care*, 2010, 33(3): 676-682.
- [21] VAN RAAIJ J M, PEEK M E, VERMAAT-MIEDEMA S H, et al. New equations for estimating body fat mass in pregnancy from body density or total body water [J]. *Am J Clin Nutr*, 1988, 48(1): 24-29.
- [22] FACCO F L, PARKER C B, REDDY U M, et al. Association between sleep-disordered breathing and hypertensive disorders of pregnancy and gestational diabetes mellitus [J]. *Obstet Gynecol*, 2017, 129(1): 31-41.
- [23] HEDDERSON M M, GUNDERSON E P, FERRARA A. Gestational weight gain and risk of gestational diabetes mellitus [J]. *Obstet Gynecol*, 2010, 115(3): 597-604.
- [24] GIBSON K S, WATERS T P, CATALANO P M. Maternal weight gain in women who develop gestational diabetes mellitus [J]. *Obstet Gynecol*, 2012, 119(3): 560-565.
- [25] HERRING S J, OKEN E, RIFAS-SHIMAN S L, et al. Weight gain in pregnancy and risk of maternal hyperglycemia [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2009, 201(1): 61.
- [26] SOLIS P J, PERICHART P O, MONTOYA E A, et al. Gestational weight gain influences the adipokine-oxidative stress association during pregnancy [J]. *Obes Facts*, 2021, 14(6): 604-612.
- [27] JOHNS E C, DENISON F C, NORMAN J E, et al. Gestational diabetes mellitus: mechanisms, treatment, and complications [J]. *Trends Endocrinol Metab*, 2018, 29(11): 743-754.

收稿日期: 2022-06-06