

基于孕前体质指数探索妊娠期糖尿病孕妇 适宜孕期增重的研究

罗小琴¹,余雅馨¹,高佳怡^{1,3},贺章亚¹,王馨悦¹,计 静^{1,2},米 阳²

(1.西安交通大学公共卫生学院,陕西 西安 710061;2.西北妇女儿童医院产科,陕西 西安 710061;

3.西安市公共卫生中心,陕西 西安 710061)

[摘要]目的 根据妊娠期糖尿病(GDM)孕妇不良妊娠结局的发生情况,探讨 GDM 孕妇适宜的孕期增重(GWG)范围。**方法** 选取 2015 年 1 月至 2018 年 12 月在西安纵向母子队列(XAMC)中招募的单胎妊娠 GDM 孕妇作为研究对象($n=12\,712$)。根据孕前体质指数(BMI)将研究对象分为体重不足组($<18.5\text{kg/m}^2$)($n=1\,180$)、体重正常组($18.5\sim 23.9\text{kg/m}^2$)($n=8\,139$)、超重组($24.0\sim 27.9\text{kg/m}^2$)($n=2\,674$)和肥胖组($\geq 28.0\text{kg/m}^2$)($n=719$)。通过 Logistic 回归分析各孕前 BMI 组中不同 GWG 分组与任意不良结局的关联性,最终确定各孕前 BMI 组孕妇的适宜 GWG 范围。**结果** 不同孕前 BMI 组中,体重不足组、体重正常组、超重组和肥胖组的任意不良结局发生率逐渐升高($\chi^2=210.592, P<0.05$)。妊娠期高血压和子痫前期的发生率亦随孕前 BMI 升高而显著增加(χ^2 分别为 132.745、162.438, $P<0.05$)。超重和肥胖组的剖宫产率显著高于体重不足组和正常组($\chi^2=379.604, P<0.05$)。大于胎龄儿(LGA)及巨大儿的发生率随孕前 BMI 升高而显著增加(χ^2 分别为 239.117、161.254, $P<0.05$),而小于胎龄儿(SGA)的发生率随孕前 BMI 升高逐渐降低($\chi^2=30.645, P<0.001$)。低出生体重(LBW)的发生率在各组间差异无统计学意义($\chi^2=1.826, P=0.609$)。多因素 logistic 回归分析显示,不同孕前 BMI 组孕妇孕期适宜的 GWG 范围分别为:体重不足组为 14.0~15.9kg($AOR=0.689, 95\%CI:0.515\sim 0.920$);体重正常组为 6.0~11.9kg[GWG 在 6.0~7.9kg、8.0~9.9kg、10.0~11.9kg 时, AOR 及其 95%CI 分别为 0.712(0.563~0.901)、0.679(0.563~0.818)和 0.804(0.714~0.904)];超重组为 4.0~5.9kg($AOR=0.662, 95\%CI:0.441\sim 0.994$);肥胖组为 $\leq 3.9\text{kg}$ ($AOR=0.471, 95\%CI:0.223\sim 0.997$)。**结论** 将孕期增重控制在本研究得到的妊娠期糖尿病孕妇适宜孕期增重范围内,有助于降低妊娠期糖尿病孕妇发生任意不良结局的风险。

[关键词] 妊娠期糖尿病;孕前体质指数;孕期增重;不良妊娠结局

Doi:10.3969/j.issn.1673-5293.2025.11.008

[中图分类号] R173

[文献标识码] A

[文章编号] 1673-5293(2025)11-0052-08

Exploration of appropriate gestational weight gain for pregnant women with GDM based on their pre-pregnancy BMI

LUO Xiaoqin¹, YU Yaxin¹, GAO Jiayi^{1,3}, HE Zhangya¹, WANG Xinyue¹, JI Jing^{1,2}, MI Yang²

(1.School of Public Health, Xi'an Jiaotong University, Shaanxi Xi'an 710061, China; 2.Department of

Obstetrics, Northwest Women and Children's Hospital, Shaanxi Xi'an 710061, China;

3.Xi'an Public Health Center, Shaanxi Xi'an 710061, China)

[Abstract] Objective To determine an appropriate gestational weight gain (GWG) range for pregnant women with gestational diabetes mellitus (GDM) in light of incidence of adverse pregnancy outcomes. **Methods** A total of 12 712 women with singleton pregnancy complicated with GDM who were recruited in Xi'an longitudinal mother-child cohort (XAMC) from January 2015 to December 2018 were selected as study subjects. Participants were categorized according to their pre-pregnancy body mass index (BMI) into four groups: underweight group ($<18.5\text{kg/m}^2, n=1\,180$), normal weight group ($18.5\sim 23.9\text{kg/m}^2, n=8\,139$), overweight group ($24.0\sim 27.9\text{kg/m}^2, n=2\,674$) and obese group ($\geq 28.0\text{kg/m}^2, n=719$). Logistic regression analysis was applied to analyze associations between different GWG categories and any adverse outcomes in each BMI group, and in final determine an appropriate GWG range for these pregnant women with GDM. **Results** The incidences of any adverse outcomes increased gradually across the underweight group, the normal weight group, the overweight group, and the obese group in order ($\chi^2=210.592, P<0.05$). The incidence rates of gestational hypertension and preeclampsia also increased significantly with increase in pre-pregnancy

[收稿日期] 2025-02-18

[基金项目] 重点产业创新链-社会发展领域(2021ZDLSF01-14)

[作者简介] 罗小琴(1984—),教授,主要从事食品与营养相关研究。

[通讯作者] 米 阳,主任医师。

BMI ($\chi^2=132.745$ and 162.438 respectively, both $P<0.05$). The cesarean rates in the overweight group and the obese group were significantly higher than those in the underweight group and the normal weight group ($\chi^2=379.604$, $P<0.05$). The incidences of large-for-gestational-age (LGA) infant and macrosomia increased significantly with increase in pre-pregnancy BMI ($\chi^2=239.117$ and 161.254 respectively, both $P<0.05$), whereas the incidence of small-for-gestational-age (SGA) infant decreased progressively with increase in pre-pregnancy BMI ($\chi^2=30.645$, $P<0.001$). There was no significant difference in incidence of low birth weight (LBW) among different pre-pregnancy BMI groups ($\chi^2=1.826$, $P=0.609$). Multivariate Logistic regression showed that the optimal GWG ranges for different pre-pregnancy BMI categories: GWG 14.0-15.9 kg for the underweight women (AOR=0.689, 95% CI: 0.515-0.920); GWG 6.0-11.9 kg for the normal weight women (GWG 6.0-7.9 kg: AOR=0.712, 95% CI: 0.563-0.901; GWG 8.0-9.9 kg: AOR=0.679, 95% CI: 0.563-0.818 and GWG 10.0-11.9 kg: AOR=0.804, 95% CI: 0.714-0.904); GWG 4.0-5.9 kg for the overweight women (AOR=0.662, 95% CI: 0.441-0.994) and GWG ≤ 3.9 kg for the obese women (AOR=0.471, 95% CI: 0.223-0.997). **Conclusion** Maintaining GWG within appropriate ranges determined in this study may help reduce risks for any adverse outcomes of these pregnant women with GDM.

[Key words] gestational diabetes mellitus; pre-pregnancy body mass index; gestational weight gain; adverse pregnancy outcome

妊娠期糖尿病 (gestational diabetes mellitus, GDM) 是指在妊娠期间首次发现不同程度的葡萄糖耐量受损^[1]。研究表明,中国孕妇的 GDM 总发病率为 14.8%^[2],随着生活方式的改变及肥胖率的上升,未来可能还会进一步升高^[3-4]。GDM 与多种不良妊娠结局显著相关,如新生儿超重、早产、新生儿低血糖症和剖宫产率的升高等^[2,5],尤其在孕期增重 (gestational weight gain, GWG) 超过建议范围的妇女中表现得更加明显^[6]。过多的 GWG 不仅增加 GDM 发生风险,还与其他不良妊娠结局密切相关,包括巨大儿、子痫前期、低出生体重等^[7-8]。已有研究表明,GDM 孕妇适宜的 GWG 范围应低于美国医学研究所 (Institute of Medicine, IOM) 的建议标准^[9]。虽然我国现有的妊娠期妇女体重增长推荐值标准 (WS/T801—2022) 依据孕前体质指数 (body mass index, BMI) 推荐了适宜的 GWG 范围,但其主要针对单胎自然妊娠妇女,对 GDM 孕妇不完全适用。因此,本研究基于中国西安纵向母子队列 (Xi'an longitudinal mother-child cohort; XAMC),旨在探讨不同孕前 BMI 的 GDM 孕妇的适宜 GWG 范围,为其制定个体化的孕期体重管理策略提供依据。

1 资料和方法

1.1 研究对象

本研究基于西安纵向母子队列 (XAMC)^[10]。纳入 2015 年 1 月至 2018 年 12 月于西北妇女儿童医院分娩并确诊为 GDM 的孕妇作为研究对象。纳入标准为:① GDM 依据 IADPSG 标准,在妊娠 24 至 28

周期间通过口服葡萄糖耐量试验 (OGTT) 诊断。诊断标准包括:空腹血糖 (FBG) ≥ 5.1 mmol/L,或餐后 1 小时血糖 ≥ 10.0 mmol/L,或 2 小时血糖 ≥ 8.5 mmol/L^[11];② 足月单胎妊娠 (胎龄 ≥ 37 周) 活产;③ 提供完整的孕期体重数据、孕产结局数据等。排除标准为妊娠前确诊糖尿病患者。

2015 年到 2018 年在西北妇女儿童医院生产的孕妇共计 85 211 名, GDM 总患病率为 16.7% (14 213/85 211)。本研究最终纳入了 12 712 名 GDM 孕妇 (见图 1)。

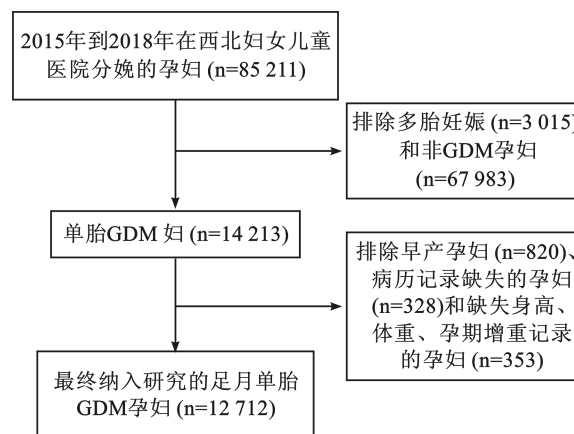


图1 研究对象纳入流程图

Fig.1 Flow chart of participant enrollment

研究获得西安交通大学伦理审查委员会 (XJTU 2016-053) 和西北妇女儿童医院 (NWCH 2012-013) 的批准。所有参与者均签署了知情同意书。研究过程严格遵循《赫尔辛基宣言》。

1.2 资料收集

通过查阅病历和门诊产检记录收集研究对象的

基本信息,包括:年龄、孕前身高、孕前体重、分娩前体重、GWG、文化程度、血糖、血压、宫高、腹围、胎儿出生体重、孕产史和家族史、孕晚期糖脂代谢指标等。BMI通过孕前体重(kg)除以身高的平方(m^2)计算。GWG的计算方法是分娩前体重减去孕前体重。

根据孕前BMI^[12],将研究对象分为体重不足组($<18.5\text{kg}/\text{m}^2$)、体重正常组($18.5\sim 23.9\text{kg}/\text{m}^2$)、超重组($24.0\sim 27.9\text{kg}/\text{m}^2$)和肥胖组($\geq 28.0\text{kg}/\text{m}^2$)。

主要结局变量是任意不良结局,定义为以下任意一项不良结局的发生:①妊娠期高血压(gestational hypertension, GH):在孕20周后首次出现,收缩压(systolic blood pressure, SBP) $\geq 140\text{mmHg}$ 和/或舒张压(diastolic blood pressure, DBP) $\geq 90\text{mmHg}$;②子痫前期(preeclampsia, PE):妊娠期高血压并伴有蛋白尿;③剖宫产(cesarean section, CS):产妇接受剖宫产手术;④小于胎龄儿(small for gestational age infant, SGA):新生儿出生体重低于同胎龄平均出生体重的第10个百分位数^[13];⑤大于胎龄儿(large for gestational age, LGA):新生儿出生体重高于同胎龄平均出生体重的第90个百分位数^[13];⑥巨大儿:新生儿出生体重大于4000g;⑦低出生体重(low birth weight infant, LBW):新生儿出生体重低于2500g。

1.3 质量控制

两名经过培训的数据收集人员采用Epidata 3.1软件进行数据录入。录入完成后,进行一致性检查,以识别并核查不一致的部分。同时,由一名具备医学专业知识的人员负责对异常值进行审查。异常值的判定标准为:超过均值偏差的3倍或者超过专业知识判定的理论值范围。经核实后,错误的数据将被排除,并设定为缺失值。

1.4 数据分析

本研究采用SPSS 22.0软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,不符合正态分布的计量资料采用中位数(M)和四分位数间距(P_{25}, P_{75})表示,计数资料用频数(n)及频率(%)表示。定量资料采用方差分析或Kruskal-Wallis秩和检验,定性资料采用卡方检验。通过二元Logistic回归分析不同孕前BMI组中,各

GWG分组与任意不良结局的关联,分析结果以OR值及其95%CI或调整后的比值比(AOR)及其95%CI表示。适宜的GWG范围通过判断其是否为不良结局的保护性因素($OR < 1$)来确定。统计学检验中, $P < 0.05$ (双侧)视为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象基本特征

按照孕前BMI将研究对象分为:体重不足组共1180例、体重正常组共8139例、超重组共2674例、肥胖组共719例。随着孕前BMI升高,高龄孕妇(≥ 35 岁)比例逐渐升高($\chi^2 = 115.704, P < 0.05$)。孕期体重增加(GWG)随孕前BMI升高呈显著下降趋势($F = 211.754, P < 0.05$)。在孕中期临床指标方面,孕前BMI与空腹血糖、餐后1小时及2小时血糖均呈显著正相关(H 分别为400.225、113.121、9.575,均 $P < 0.05$),收缩压、舒张压、腹围及宫高亦随BMI升高而增加(H 值分别为480.246、306.726、3011.284和471.858,均 $P < 0.05$)。胎儿出生体重方面,体重不足组最低,肥胖组最高,组间差异显著($F = 300.366, P < 0.05$)。在分娩史方面,前次剖宫产史比例随着BMI升高显著增加($\chi^2 = 99.146, P < 0.05$),糖尿病和高血压家族史比例亦随之增加(χ^2 分别为33.402和51.740,均 $P < 0.05$),详见表1。

2.2 各组研究对象的GWG与糖代谢指标

糖代谢指标方面,空腹血糖水平随着孕前BMI的升高呈显著增加趋势($H = 400.225, P < 0.001$)。孕晚期糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)水平亦随BMI升高逐渐上升,差异显著($H = 174.516, P < 0.001$)。血脂指标方面,总胆固醇(total cholesterol, TC)、高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein-cholesterol, HDL-C)及低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein-cholesterol, LDL-C)水平均随孕前BMI升高而下降($H = 87.269, 57.296$ 和 112.581 ,均 $P < 0.001$);而甘油三酯(triglyceride, TG)水平则逐渐升高($H = 76.011, P < 0.001$)。此外,不同孕前BMI组间的LDL-C/TC比值($F = 16.209, P < 0.001$)及LDL-C/HDL-C比值($H = 17.888, P < 0.001$)差异显著,而HDL-C/TC比值在各组间差异无统计学意义,详见表1和表2。

表 1 研究对象的基本特征 $[n(\%), \bar{x} \pm s, M(P_{25} \sim P_{75})]$

Table 1 Basic characteristics of the study subjects $[n(\%), \bar{x} \pm s, M(P_{25} \sim P_{75})]$

变量	孕前 BMI ^a				<i>F/H/χ²</i>	<i>P</i>
	体重不足组 (<i>n</i> =1 180)	体重正常组 (<i>n</i> =8 139)	超重组 (<i>n</i> =2 674)	肥胖组 (<i>n</i> =719)		
年龄(岁)					115.704	<0.001
<35	1 020(86.4) ^b	6 162(75.7) ^c	1 880(70.3) ^d	543(75.5) ^c		
≥35	160(13.6) ^b	1 977(24.3) ^c	794(29.7) ^d	176(24.5) ^c		
身高(cm)	162.51±4.589 ^b	161.84±4.598 ^c	161.73±14.906 ^c	162.09±4.917 ^{bc}	8.641	<0.001
孕前体重(kg)	46.0(44.0~49.0) ^b	55.5(52.0~60.0) ^c	66.0(63.0~70.0) ^d	78.4(74.0~84.0) ^e	7 859.663	<0.001
产前体重(kg)	61.0(57.0~65.0) ^b	70.0(65.0~74.8) ^c	79.0(75.0~84.0) ^d	90.0(84.0~95.0) ^e	5 424.194	<0.001
孕期增重(kg)	15.02±4.481 ^b	14.14±4.553 ^c	12.49±4.813 ^d	10.77±5.249 ^e	211.754	<0.001
孕前 BMI(kg/m ²)	17.7(17.0~18.1) ^b	21.3(20.1~22.6) ^c	25.4(24.6~26.3) ^d	29.4(28.6~31.1) ^e	9 245.375	<0.001
受教育程度 ^f					80.281	<0.001
低等	140(11.9) ^b	1 052(12.9) ^b	438(16.4) ^c	143(19.9) ^c		
中等	832(70.5) ^b	5 696(70.0) ^b	1 866(69.8) ^b	512(71.2) ^b		
高等	194(16.4) ^b	1 275(15.7) ^b	332(12.4) ^c	59(8.2) ^d		
缺失	14(1.2) ^b	116(1.4) ^b	38(1.4) ^b	5(0.7) ^b		
孕中期 OGTT						
空腹血糖(mmol/L)	5.11(4.66~5.30) ^b	5.18(4.87~5.39) ^c	5.26(5.07~5.53) ^d	5.33(5.13~5.60) ^e	400.225	<0.001
1 小时血糖(mmol/L)	9.32(7.76~10.34) ^b	9.36(8.00~10.40) ^b	9.74(8.37~10.70) ^c	9.79(8.50~10.76) ^c	113.121	<0.001
2 小时血糖(mmol/L)	7.93(6.82~8.92)	7.97(6.88~8.91)	7.95(6.98~8.97)	7.78(6.79~8.88)	9.575	0.023
收缩压(mmHg)	113(106~121) ^b	116(109~124) ^c	120(112~127) ^d	124(115~132) ^e	480.246	<0.001
舒张压(mmHg)	72(66~78) ^b	74(68~80) ^c	76(70~83) ^d	79(71~86) ^e	306.726	<0.001
分娩孕周(周)	38.99±1.018 ^{bc}	39.04±1.027 ^b	38.96±1.041 ^c	38.92±1.081 ^c	6.293	<0.001
孕期血糖控制情况					40.061	<0.001
控制良好	218(18.5) ^{bc}	1 466(18.0) ^{bc}	495(18.5) ^c	110(15.3) ^b		
控制尚可	299(25.3) ^b	2 333(28.7) ^c	779(29.1) ^c	204(28.4) ^{bc}		
控制较差	66(5.6) ^b	561(6.9) ^{bc}	213(8.0) ^c	82(11.4) ^d		
控制情况不详	597(50.6) ^b	3 779(46.4) ^c	1 187(44.4) ^c	323(44.9) ^c		
宫高(cm)	34(33~35) ^b	35(33~36) ^c	35(34~36) ^d	35(34~37) ^e	471.858	<0.001
腹围(cm)	98(95~101) ^b	102(99~105) ^c	106(103~110) ^d	112(106~118) ^e	3011.284	<0.001
胎儿双顶径(cm)	9.4(9.2~9.6)	9.4(9.2~9.6)	9.4(9.2~9.6)	9.4(9.2~9.6)	3.181	0.365
胎儿腹径(cm)	33.1(32.2~34.0) ^b	33.5(32.6~34.5) ^c	33.8(32.8~34.8) ^d	34.0(32.9~35.0) ^d	187.648	<0.001
胎儿出生体重(g)	3 281.58±375.585 ^b	3 416.87±412.950 ^c	3 505.20±439.885 ^d	3575.27±493.064 ^e	300.366	<0.001
不良孕产史					62.041	<0.001
是	473(40.1) ^b	3 948(48.5) ^c	1 436(53.7) ^d	357(49.7) ^{cd}		
否	707(59.9) ^b	4 191(11.5) ^c	1 238(46.3) ^d	362(50.3) ^{cd}		
前次剖宫产史					99.146	<0.001
是	131(11.1) ^b	1 328(16.3) ^c	593(22.2) ^d	168(23.4) ^d		
否	1 049(88.9) ^b	6 811(83.7) ^c	2 081(77.8) ^d	551(76.6) ^d		

(转下表)

(续上表)

变量	孕前 BMI ^a				<i>F/H/χ²</i>	<i>P</i>
	体重不足组 (<i>n</i> =1 180)	体重正常组 (<i>n</i> =8 139)	超重组 (<i>n</i> =2 674)	肥胖组 (<i>n</i> =719)		
生育史					88.034	<0.001
初产妇	859(72.8) ^b	5 020(61.7) ^c	1 525(57.0) ^d	425(59.1) ^{cd}		
经产妇	321(27.2) ^b	3 119(38.3) ^c	1 149(43.0) ^d	294(40.9) ^{cd}		
糖尿病家族史					33.402	<0.001
是	95(8.1) ^b	758(9.3) ^b	302(11.3) ^c	107(14.9) ^c		
否	1 085(91.9) ^b	7 381(90.7) ^b	2 372(88.7) ^c	612(85.1) ^c		
高血压家族史					51.740	<0.001
是	123(10.4) ^b	1 169(14.4) ^c	463(17.3) ^d	149(20.7) ^d		
否	1 057(89.6) ^b	6 970(85.6) ^c	2 211(82.7) ^d	570(79.3) ^d		

注：^a按照孕前 BMI 分组。^{bcd}四组中任意两组之间具有相同字母上标，表明两组间没有统计学差异。^f受教育程度依据学历划分，高中及以下为低等学历，本科或大专为中等学历，硕士或博士为高等学历。

表 2 各组研究对象孕晚期糖脂代谢指标比较 $[\bar{x} \pm s, M(P_{25} \sim P_{75})]$
Table 2 Comparison of glucose and lipid metabolism indexes in late pregnancy among
the four pre-pregnancy BMI groups $[\bar{x} \pm s, M(P_{25} \sim P_{75})]$

变量	孕前 BMI ^a				<i>F/H</i>	<i>P</i>
	体重不足组 (<i>n</i> =1 180)	体重正常组 (<i>n</i> =8 139)	超重组 (<i>n</i> =2 674)	肥胖组 (<i>n</i> =719)		
HbA1c(%)	5.20(5.00~5.50) ^b	5.30(5.10~5.60) ^c	5.40(5.10~5.70) ^d	5.50(5.20~5.80) ^c	174.516	<0.001
TC(mmol/L)	5.78(5.07~6.61) ^b	5.66(4.94~6.44) ^c	5.42(4.76~6.21) ^d	5.27(4.63~6.14) ^d	87.269	<0.001
HDL-C(mmol/L)	1.73(1.49~1.94) ^b	1.67(1.45~1.91) ^c	1.63(1.41~1.84) ^d	1.60(1.40~1.84) ^d	57.296	<0.001
LDL-C(mmol/L)	3.01(2.54~3.54) ^b	2.81(2.34~3.33) ^c	2.67(2.25~3.19) ^d	2.64(2.15~3.15) ^d	112.581	<0.001
TG(mmol/L)	2.68(2.14~3.45) ^b	3.00(2.36~3.89) ^c	3.12(2.47~4.03) ^d	3.10(2.40~3.94) ^{cd}	76.011	<0.001
HDL-C/TC	0.30(0.26~0.33)	0.30(0.26~0.34)	0.30(0.26~0.34)	0.30(0.27~0.34)	3.994	0.262
LDL-C/TC	0.52±0.076 ^b	0.50±0.078 ^c	0.50±0.078 ^c	0.50±0.076 ^c	16.209	<0.001
LDL-C/HDL-C	1.73(1.46~2.12) ^b	1.69(1.38~2.02) ^c	1.67(1.36~2.00) ^c	1.65(1.36~1.97) ^c	17.888	<0.001

注：^a所有 GDM 孕妇按照孕前 BMI 分为四组。^{bcd}四组中的任意两组具有相同字母上标，表明这两组之间没有统计学差异。

2.3 各组研究对象不良妊娠结局发生率

不良妊娠结局方面，随着孕前 BMI 的增加，任意不良结局的发生率逐渐升高($\chi^2 = 210.592, P < 0.05$)。妊娠期高血压和子痫前期的发生率亦随孕前 BMI 升高而显著增加(χ^2 分别为 132.745、162.438, $P < 0.05$)。超重和肥胖组的剖宫产率显著高于体重不足组和正常组($\chi^2 = 379.604, P < 0.05$)。大于胎龄儿(LGA)及巨大儿的发生率随孕前 BMI 升高而显著增加(χ^2 分别为 239.117、161.254, $P < 0.05$)，而小于胎龄儿(SGA)的发生率随孕前 BMI 升高逐渐降低($\chi^2 = 30.645, P < 0.001$)。低出生体

重(LBW)的发生率在各组间差异无统计学意义($\chi^2 = 1.826, P = 0.609$)。详见表 3。

2.4 GWG 与不良妊娠结局发生率

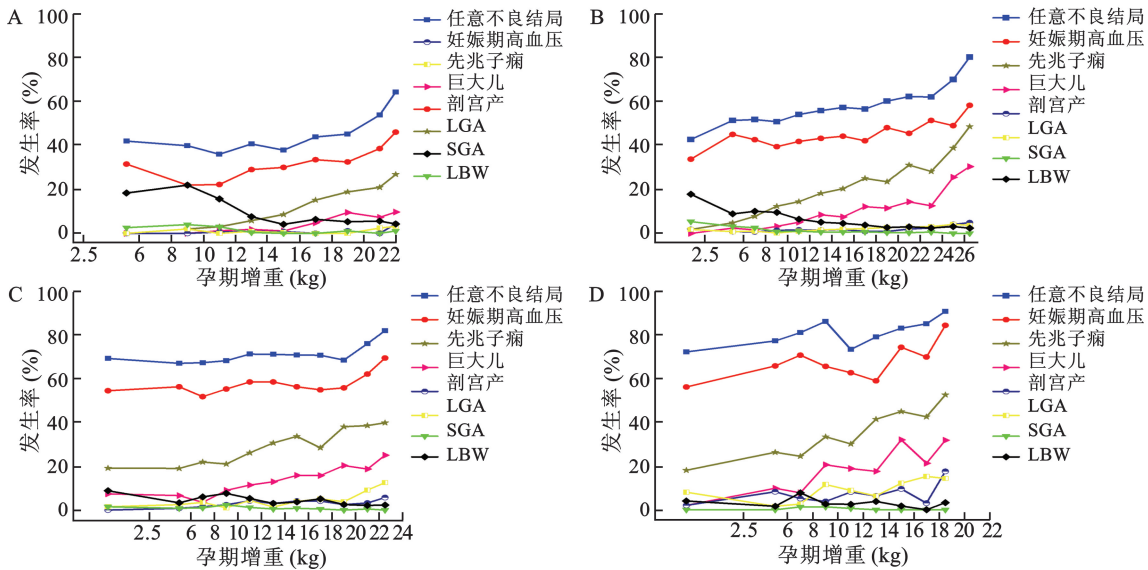
随着 GWG 的增加，各组不良妊娠结果的发生率均呈上升趋势。剖宫产的发生率在所有不良结局中最高，其次为 LGA 和巨大儿。在体重不足组(图 2A)中，当 GWG 小于 12kg 时，SGA 的发生率高于 LGA；在体重正常组(图 2B)中，当 GWG 小于 7kg 时，SGA 的发生率也高于 LGA。但在超重组(图 2C)和肥胖组(图 2D)中，无论 GWG 如何变化，LGA 的发生率始终高于 SGA。

表 3 各组研究对象不良妊娠结局发生率比较[n(%)]

Table 3 Comparison of incidences of adverse pregnancy outcomes among the four pre-pregnancy BMI groups [n(%)]

变量	孕前 BMI ^a				χ^2	P
	体重不足组	体重正常组	超重组	肥胖组		
任意不良结局					210.592	<0.001
是	513(43.5) ^b	4 648(57.1) ^c	1 893(70.8) ^d	574(79.8) ^e		
否	667(56.5) ^b	3 491(42.9) ^c	781(29.2) ^d	145(20.2) ^e		
妊娠期高血压					132.745	<0.001
是	10(0.8) ^b	129(1.6) ^b	88(3.3) ^c	54(7.5) ^d		
否	1 170(99.2) ^b	8 010(98.4) ^b	2 586(96.7) ^c	665(92.5) ^d		
子痫前期		^b			162.438	<0.001
是	10(0.8) ^b	148(1.8) ^b	105(3.9) ^c	63(8.8) ^d		
否	1 170(99.2) ^b	7 991(98.2) ^b	2 569(96.1) ^c	656(91.2) ^d		
CS					379.604	<0.001
是	369(31.3) ^b	3 574(43.9) ^c	1 532(57.3) ^d	483(67.2) ^e		
否	811(68.7) ^b	4 565(56.1) ^c	1 142(42.7) ^d	236(32.8) ^e		
LGA					239.117	<0.001
是	130(11.0) ^b	1 651(20.3) ^c	773(28.9) ^d	250(34.8) ^e		
否	1 050(89.0) ^b	6 488(79.7) ^c	1 901(71.1) ^d	469(65.2) ^e		
SGA					30.645	<0.001
是	96(8.1) ^b	426(5.2) ^c	118(4.4) ^c	22(3.1) ^c		
否	1 084(91.9) ^b	7 713(94.8) ^c	2 556(95.6) ^c	697(96.9) ^c		
巨大儿					161.254	<0.001
是	42(3.6) ^b	716(8.8) ^c	346(12.9) ^d	137(19.1) ^e		
否	1 138(96.4) ^b	7 423(91.2) ^c	2 328(87.1) ^d	582(80.9) ^e		
LBW					1.826	0.609
是	11(0.9)	66(0.8)	24(0.9)	3(0.4)		
否	1 169(99.1)	8 073(99.2)	2 650(99.1)	716(99.6)		

注：^a 所有 GDM 孕妇根据孕前 BMI 分为四组。^{bcd} 四组中任意两组之间具有相同字母上标，表明两组间没有统计学差异。



注：A 为体重不足组，B 为体重正常组，C 为超重组，D 为肥胖组。

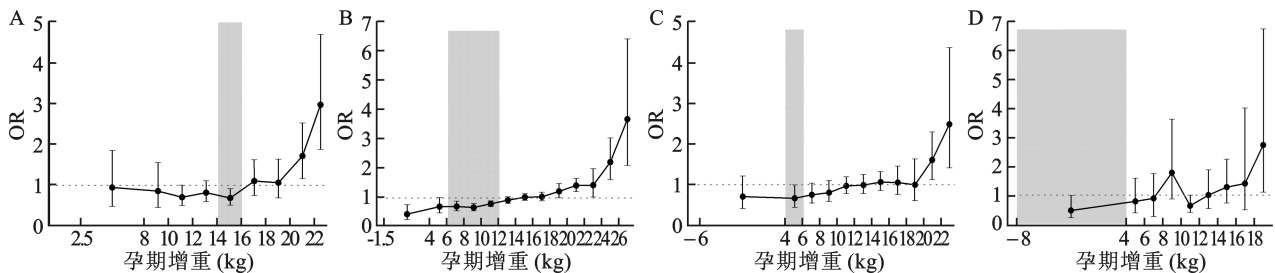
图 2 不同孕前 BMI 组不良妊娠结局发生率随 GWG 变化情况

Fig.2 Changes in incidences of adverse pregnancy outcomes with GWG in different pre-pregnancy BMI groups

2.5 GDM 孕妇的适宜 GWG 范围

通过多因素回归分析,考虑年龄、生育史和孕周等混杂因素,确定了不同孕前 BMI 组别中对任意不良结局具有保护性关联($OR < 1$)的适宜 GWG 范围。多因素 logistic 回归分析显示,体重不足组 GWG 范围在 14.0~15.9kg 时, $AOR = 0.689$ (95%CI:0.515~0.920);体重正常组在 6.0~7.9kg、8.0~9.9kg、10.0~11.9kg 时, AOR 分别为 0.712

(95%CI:0.563~0.901)、0.679 (95%CI:0.563~0.818)和 0.804 (95%CI:0.714~0.904);超重组在 4.0~5.9kg 时, $AOR = 0.662$ (95%CI:0.441~0.994);肥胖组在 -8.0~3.9kg 时, $AOR = 0.471$ (95%CI:0.223~0.997)。最终结果显示,适宜 GWG 范围分别为:体重不足组 14.0~15.9kg(图 3A)、体重正常组 6.0~11.9kg(图 3B)、超重组 4.0~5.9kg(图 3C)、肥胖组 ≤ 3.9 kg(图 3D)。



注:A 为体重不足组,B 为体重正常组,C 为超重组,D 为肥胖组。

图 3 不同孕前 BMI 组任意不良结局发生风险随 GWG 变化情况

Fig.3 Changes in risks of any adverse outcomes with GWG in different pre-pregnancy BMI groups

3 讨论

3.1 孕前 BMI 与 GDM 孕妇妊娠结局的关系

本研究显示,随着孕前 BMI 增加,GDM 孕妇的 OGTT 水平和 HbA1c 呈上升趋势,同时任意不良妊娠结局、剖宫产、巨大儿及大于胎龄儿的发生风险亦显著增加。这与既往研究结果一致^[7],提示孕前 BMI 是识别高风险孕妇的重要指标,可为早期干预提供参考。

已有研究表明,适度控制 GWG 对 GDM 孕妇至关重要,尤其是在低于 IOM 指南标准下适当减少 GWG 可以显著降低妊娠不良结局风险^[9,14-15]。本研究根据不同孕前 BMI 探讨了 GDM 孕妇的适宜 GWG 范围,发现随着孕前 BMI 增加,所建议的 GWG 相应缩小。具体而言,GDM 孕妇体重不足组、体重正常组、超重组和肥胖组的适宜 GWG 范围分别为 14.0~15.9kg、6.0~11.9kg、4.0~5.9kg 和 ≤ 3.9 kg。对于 GDM 孕妇来说,虽然孕前 BMI 是无法改变的,但是 GWG 作为可调控的因素,在适当范围内进行管理将有助于降低不良妊娠结局的发生风险,更加有利于母亲和子代健康^[7,16-17]。

3.2 孕期 GWG 对妊娠结局的影响

分析发现,随着 GWG 增加,GDM 孕妇任意不良妊娠结局、妊娠期高血压、子痫前期等的发生率均升高;而 GWG 过低则增加 SGA 和 LBW 的风险。

这提示,过多或过少的 GWG 均不利于母婴健康,与既往研究一致^[18]。在所有不良结局中,CS 的发病率最高,而控制 GWG 在本研究探索的适宜范围内可显著降低 CS、妊娠期高血压、子痫前期、LGA 和巨大儿的风险^[16]。

尽管在适宜 GWG 范围内 LGA 的发生率下降,但 SGA 可能有所增加。然而对于 GDM 孕妇,LGA 的风险高于 SGA,这是临床普遍接受的观点^[7,18-19]。因此,对于 GDM 孕妇来说,采取措施避免 SGA 的发生,同时控制 GWG 在适宜范围内,将有利于胎儿和孕妇的健康。

本研究推荐的 GWG 范围适用于整个妊娠期。在临床中,可在初次就诊时为高风险 GDM 孕妇制定 GWG 范围;若孕中期被诊断为 GDM,可通过减去确诊前的体重增加值,调整后期 GWG 目标,从而为孕妇提供个性化体重管理方案,优化母婴结局。

3.3 研究优势与局限性

本研究为回顾性设计,缺乏孕妇 GWG 动态变化数据,无法评估不同妊娠阶段 GWG 对妊娠结局的影响。未纳入孕期饮食、身体活动等生活方式相关变量,可能存在潜在混杂因素。此外,孕前体重主要来源于孕妇建档时的自我报告,尽管部分个体的数值已通过首次产检记录进行了交叉验证,但该数据仍可能存在一定的回忆偏倚,需在解释研究结果时予以审慎考量。

首先,针对GDM孕妇适宜GWG范围的研究很少,并且很多研究只使用了单一的妊娠结局^[20]。与此相比,我们的研究分析了多种不良妊娠结局,为GWG范围的制定提供了更全面的参考。其次,本研究样本量较大,研究结果更具有说服力。最后,XAMC队列的长期随访计划正在进一步开展,这将为该范围的实践验证提供渠道,并为探索更适合GDM孕妇的GWG提供更有价值的信息。

[参考文献]

- [1] Liu H, Zhang L, Cheng H, et al. The associations of maternal liver biomarkers in early pregnancy with the risk of gestational diabetes mellitus: a prospective cohort study and Mendelian randomization analysis[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2024, 15: 1396347.
- [2] Nguyen C L, Pham N M, Binns C W, et al. Prevalence of Gestational Diabetes Mellitus in Eastern and Southeastern Asia: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *J Diabetes Res*, 2018, 2018: 6536974.
- [3] Schaefer-Graf U, Napoli A, Nolan C J. Diabetes in pregnancy: a new decade of challenges ahead[J]. *Diabetologia*, 2018, 61(5): 1012-1021.
- [4] 梁胜男, 李光辉. 妊娠期糖尿病相关孕期增重的研究进展[J]. *中华妇产科杂志*, 2023, 58(3): 225-230.
- [5] Farrar D, Simmonds M, Bryant M et al. Hyperglycaemia and risk of adverse perinatal outcomes: systematic review and meta-analysis[J]. *BMJ*, 2016, 354: i4694.
- [6] Garduno-Alanis A, Torres-Mejia G, Nava-Diaz P, et al. Association between a medical nutrition therapy program and eating behavior with gestational weight gain in women with diabetes[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2020, 33(24): 4049-4054.
- [7] Zheng Q, Zhu Y, Jiang X, et al. The exploration of optimal gestational weight gain after oral glucose tolerance test for Chinese women with gestational diabetes mellitus[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 1466.
- [8] Luo X, Gao J, He Z, et al. What is an appropriate gestational weight gain for women with gestational diabetes mellitus: based on the adverse pregnancy outcomes of over 12 thousand participants? [J]. *Diabetol Metab Syndr*, 2022, 14(1): 166.
- [9] Bogdanet D, Mustafa M, Khattak A, et al. Atlantic DIP: is weight gain less than that recommended by IOM safe in obese women with gestational diabetes mellitus? [J]. *Int J Obes (Lond)*, 2021, 45(5): 1044-1051.
- [10] Ji J, He Z, Qu P, et al. The Xi'an longitudinal mother-child cohort study: design, study population and methods[J]. *Eur J Epidemiol*, 2021, 36(2): 223-232.
- [11] 热合马依·热合木吐拉, 梅珊珊, 曾芳玲, 等. 血液常规检测指标与妊娠期糖尿病发病的相关性研究[J]. *中国妇幼保健*, 2024, 39(11): 2032-2036.
- [12] Zhou B F. Predictive values of body mass index and waist circumference for risk factors of certain related diseases in Chinese adults--study on optimal cut-off points of body mass index and waist circumference in Chinese adults[J]. *Biomed Environ Sci*, 2002, 15(1): 83-96.
- [13] 国际生命科学学会中国办事处中国肥胖问题工作组联合数据汇总分析协作组. 中国成人体质指数分类的推荐意见简介[J]. *中华预防医学杂志*, 2001(5): 349-350.
- [14] Cheng Z, Wei Y, Li H, et al. Estimated optimal gestational weight gain for pregnant women with gestational diabetes mellitus: a prospective cohort study in China [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2023, 77(3): 356-362.
- [15] Chen F, Wang P, Wang J, et al. Analysis and Comparison of Early Childhood Nutritional Outcomes Among Offspring of Chinese Women Under the Chinese 2021 and US 2009 Gestational Weight Gain Guidelines[J]. *JAMA Netw Open*, 2022, 5(9): e2233250.
- [16] Ke J F, Liu S, Ge R L, et al. Associations of maternal pre-pregnancy BMI and gestational weight gain with the risks of adverse pregnancy outcomes in Chinese women with gestational diabetes mellitus [J]. *BMC Pregnancy Childbirth*, 2023, 23(1): 414.
- [17] Dello R M, Ahrens W, De Vriendt T, et al. Gestational weight gain and adiposity, fat distribution, metabolic profile, and blood pressure in offspring: the IDEFICS project[J]. *Int J Obes (Lond)*, 2013, 37(7): 914-919.
- [18] Ma Z, Chu L, Zhang Z, et al. Association of pre-pregnancy body mass index and gestational weight gain trajectory with adverse pregnancy outcomes: a prospective cohort study in Shanghai[J]. *BMJ Open*, 2024, 14(4): e75269.
- [19] Black M H, Sacks D A, Xiang A H, et al. Response to Comment on: Black et al. The relative contribution of prepregnancy overweight and obesity, gestational weight gain, and IADPSG-defined gestational diabetes mellitus to fetal overgrowth[J]. *Diabetes Care* 2013, 36: 56-62.
- [20] Zhu Y, Zheng Q, Pan Y, et al. Association between prepregnancy body mass index or gestational weight gain and adverse pregnancy outcomes among Chinese women with gestational diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMJ Open*, 2024, 14(2): e7522.

[专业责任编辑:冯玲]

[中文编辑:冯佳圆;英文编辑:杨周岐]