

# 孕早期基于多因素回归分析构建妊娠期糖尿病预测模型及验证

匡梦华<sup>1</sup>, 卢 聪<sup>1</sup>, 匡梦娇<sup>2</sup>

(1. 上海市第一人民医院妇产科, 上海 201600; 2. 同济大学附属东方医院检验科, 上海 200123)

**摘要:** 目的 探讨孕早期(12~13<sup>+</sup>6周)妊娠期糖尿病(gestational diabetes mellitus, GDM)发生的危险因素, 构建预测模型并验证。方法 选取2020年1~12月在上海市第一人民医院定期产检并分娩的单胎孕妇433例, 根据孕24~28周75 g葡萄糖耐量试验结果分为GDM组( $n=188$ )与非GDM组( $n=245$ )。采用电化学发光法检测孕早期血清生化指标, 离子交换高效液相色谱法测定糖化血红蛋白。采用Logistic回归分析筛选GDM的危险因素并构建预测模型, 绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析模型对GDM的预测价值。选取2021年1~6月在上海市第一人民医院产检的95例孕妇对模型效能进行验证。结果 与非GDM组比较, GDM组孕妇的孕前身体质量指数(body mass index, BMI) ( $23.41 \pm 11.17 \text{ kg/m}^2$  vs  $21.18 \pm 2.88 \text{ kg/m}^2$ ),  $\gamma$ -谷氨酰转肽酶( $\gamma$ -glutamyl transpeptidase,  $\gamma$ -GGT) ( $16.61 \pm 10.62 \text{ U/L}$  vs  $14.00 \pm 8.35 \text{ U/L}$ ), 三酰甘油(triacylglycerol, TG) ( $1.90 \pm 0.58 \text{ mmol/L}$  vs  $1.57 \pm 0.55 \text{ mmol/L}$ ), 糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobinA1c, HbA1c) ( $5.25\% \pm 0.47\%$  vs  $5.07\% \pm 0.34\%$ ), 空腹血糖(fasting blood glucose, FBG) ( $4.68 \pm 0.47 \text{ mmol/L}$  vs  $4.36 \pm 0.36 \text{ mmol/L}$ ), LDL/HDL ( $1.53 \pm 0.49$  vs  $1.41 \pm 0.50$ ), TG/HDL ( $2.93 \pm 0.59$  vs  $2.71 \pm 0.58$ )和TC/HDL ( $1.19 \pm 0.49$  vs  $0.95 \pm 0.45$ )水平升高, 高密度脂蛋白-胆固醇(high density lipoprotein-cholesterol, HDL-C) ( $1.69 \pm 0.39 \text{ mmol/L}$  vs  $1.77 \pm 0.41 \text{ mmol/L}$ )水平降低, 差异均有统计学意义( $t=2.613, 2.818, 5.874, 4.582, 17.701, 2.458, 3.815, 5.310, -2.187$ , 均 $P<0.05$ )。Logistic回归分析显示, 孕前BMI, FBG, HbA1c, TG和TC/HDL均为预测GDM的独立危险因素(Wald $\chi^2=4.48 \sim 35.549$ , 均 $P<0.05$ ), 根据筛选出的危险因素建立的预测模型如下:  $\text{Logit}(P) = -20.562 + 0.085(\text{BMI}) + 1.921(\text{FBG}) + 1.57(\text{HbA1c}) + 2.248(\text{TG}) - 2.302(\text{TC/HDL})$ 。该模型预测GDM的曲线下面积为0.800(95%CI: 0.757~0.842), 最佳截断值为0.352, 敏感度和特异度分别为80.00%, 66.00%。通过95例孕妇对模型进行验证, 发现该模型的敏感度、特异度和准确度分别为84.50%, 91.00%和85.30%。结论 孕早期(12~13<sup>+</sup>6周)通过BMI联合FBG, HbA1c, TG和TC/HDL构建的预测模型对于GDM有较高的预测价值。

**关键词:** 妊娠期糖尿病; 预测模型; 孕早期

中图分类号: R446; R714.256 文献标识码: A 文章编号: 1671-7414(2024)01-158-05

doi:10.3969/j.issn.1671-7414.2024.01.029

## Construction and Validation of Prediction Model of Gestational Diabetes Mellitus Based on Multivariate Regression Analysis in the First Trimester of Pregnancy

KUANG Menghua<sup>1</sup>, LU Cong<sup>1</sup>, KUANG Mengjiao<sup>2</sup> (1. Department of Obstetrics and Gynaecology, the First People's Hospital of Shanghai, Shanghai 201600, China; 2. Department of Clinical Laboratory, Shanghai East Hospital, Tongji University, Shanghai 200123, China)

**Abstract: Objective** To explore the risk factors of gestational diabetes mellitus (GDM) in the first trimester (12 ~ 13<sup>+</sup>6 weeks) of pregnancy, build a prediction model and verify it. **Methods** 433 singleton pregnant women delivered in the First People's Hospital of Shanghai from January 2020 to December 2020 were selected. They were divided into GDM group ( $n=188$ ) pregnant women and non-GDM group ( $n=245$ ) pregnant women according to a 75g glucose tolerance test results at 24 ~ 28 weeks of gestation. The electrochemiluminescence method measured serum biochemical indexes in early pregnancy, and glycosylated hemoglobinA1c was measured by ion exchange high-performance liquid chromatography. Using logistic regression analysis to screen the risk factors of GDM and construct a predictive model, draw the subject's work characteristic curve to analyze the model's predictive value. Ninety-five pregnant women who underwent prenatal examinations at Shanghai First People's Hospital from January 2021 to June 2021 were selected to validate the model's effectiveness. **Results** Compared

作者简介: 匡梦华(1989-), 女, 硕士研究生, 医师, 研究方向: 妊娠期糖尿病, E-mail: kuangmenghua@outlook.com。

通讯作者: 匡梦娇(1994-), 女, 硕士研究生, 技师, 研究方向: 妊娠期糖尿病, E-mail: mjiao1994@163.com。

with the non-GDM group, the level of body mass index (BMI) ( $23.41 \pm 11.17 \text{ kg/m}^2$  vs  $21.18 \pm 2.88 \text{ kg/m}^2$ ), gamma-glutamyl transpeptidase ( $\gamma$ -GGT) ( $16.61 \pm 10.62 \text{ U/L}$  vs  $14.00 \pm 8.35 \text{ U/L}$ ), triacylglycerol (TG) ( $1.90 \pm 0.58 \text{ mmol/L}$  vs  $1.57 \pm 0.55 \text{ mmol/L}$ ), glycosylated hemoglobinA1c (HbA1c) ( $5.25\% \pm 0.47\%$  vs  $5.07 \pm 0.34\%$ ), fasting blood glucose (FBG) ( $4.68 \pm 0.47 \text{ mmol/L}$  vs  $4.36 \pm 0.36 \text{ mmol/L}$ ), LDL/HDL ( $1.53 \pm 0.49$  vs  $1.41 \pm 0.50$ ), TG/HDL ( $2.93 \pm 0.59$  vs  $2.71 \pm 0.58$ ), and TC/HDL ( $1.19 \pm 0.49$  vs  $0.95 \pm 0.45$ ) in GDM group was increased, and the level of highdensity lipoprotein-cholesterol(HDL) ( $1.69 \pm 0.39 \text{ mmol/L}$  vs  $1.77 \pm 0.41 \text{ mmol/L}$ ) was decreased, the differences were statistically significant ( $t=2.613, 2.818, 5.874, 4.582, 17.701, 2.458, 3.815, 5.310, -2.187$ , all  $P<0.05$ ). Logistic regression analysis showed that pre-pregnancy BMI, FBG, HbA1c, TG, and TC/HDL were all independent risk factors for predicting gestational diabetes ( $\text{Wald}\chi^2=4.48 \sim 35.549$ , all  $P<0.05$ ). The prediction model constructed based on the selected risk factors was as follows:  $\text{Logit}(P) = -20.562 + 0.085 (\text{BMI}) + 1.921 (\text{FBG}) + 1.57 (\text{HbA1c}) + 2.248 (\text{TG}) - 2.302 (\text{TC/HDL})$ . The model predicts that the area under the curve of GDM was 0.800 (95%CI: 0.757 ~ 0.842), the optimal cutoff value was 0.352, and the sensitivity and specificity were 80.00% and 66.00%, respectively. Ninety-five pregnant women validated the model, and its sensitivity, specificity, and accuracy were 84.50%, 91.00%, and 85.30%, respectively. **Conclusion** The prediction model constructed by BMI combined with FBG, HbA1c, TG and TC/HDL in the first trimester (12~13<sup>+6</sup> weeks) of pregnancy has a high predictive value for GDM.

**Keyword:** gestational diabetes; prediction model; early pregnancy

妊娠期糖尿病 (gestational diabetes mellitus, GDM) 是妊娠期首次发现的不同程度糖代谢异常, 是妊娠期最常见的疾病之一<sup>[1]</sup>。流行病学调查研究表明, 我国 GDM 发病率约为 10%, 且呈逐年升高的趋势<sup>[2]</sup>。GDM 显著增加孕产妇 - 胎儿 - 新生儿并发症风险, 包括子痫前期、羊水过多、巨大儿和新生儿低血糖等<sup>[3]</sup>。目前 GDM 的诊断主要依靠孕中期 (孕 24 ~ 28 周) 75g 葡萄糖耐量试验 (oral glucose tolerance test, OGTT), 然而相关研究表明孕早期母体内的高血糖水平已经对胎儿产生不良影响<sup>[4]</sup>。因此孕早期筛查预测 GDM, 并针对高危人群予以干预和管理, 对改善妊娠结局具有重要意义。目前研究认为高龄、空腹血糖、糖化血红蛋白、血脂等指标可能与 GDM 发生有关, 但以上指标均有自身的优势和局限性, 且单一指标很难兼顾敏感度和特异度<sup>[5-6]</sup>。因此, 本研究于孕早期 (12 ~ 13<sup>+6</sup> 周) 基于多因素回归分析构建了 GDM 的预测模型, 为 GDM 早期干预提供理论支持。

## 1 材料与方法

**1.1 研究对象** 选取 2020 年 1 ~ 12 月在上海市第一人民医院定期产检并分娩的单胎孕妇 433 例, 根据孕 24 ~ 28 周 75 g 葡萄糖耐量试验结果分为 GDM 组 ( $n=188$ ) 与非 GDM 组 ( $n=245$ )。GDM 组年龄为 24 ~ 41 ( $31.17 \pm 3.65$ ) 岁, 孕次 1 ~ 5 ( $2.19 \pm 1.39$ ) 次, 产次 0 ~ 3 ( $0.53 \pm 0.63$ ) 次。非 GDM 组年龄为 26 ~ 42 ( $30.59 \pm 3.83$ ) 岁, 孕次 1 ~ 4 ( $2.16 \pm 1.30$ ) 次, 产次 0 ~ 3 ( $0.53 \pm 0.62$ ) 次。两组孕妇基线资料比较, 差异无统计学意义 ( $t=-0.083 \sim 1.412$ , 均  $P>0.05$ ), 具有可比性。选取 2021 年 1 ~ 6 月于上海市第一人民医院产科产检的 95 例孕妇作为验证组, 年龄 24 ~ 45 岁, 孕次 1 ~ 5 次, 产次 1 ~ 3 次。研究对象均符合以下条件, 即纳入标准: ①初诊建

卡时间在 12 ~ 13<sup>+6</sup> 周; ②符合 GDM 诊断标准<sup>[7]</sup>: 妊娠 24 ~ 28 周 75g OGTT, 如达到或超过下列至少 1 项指标即诊断为 GDM: 空腹血糖 5.1 mmol/L, 1 h 血糖 10.0 mmol/L 和 2 h 血糖 8.5 mmol/L; ③单胎妊娠; ④年龄 >18 岁; ⑤依从性好。排除标准: ①并发孕前糖尿病、甲亢、甲减等内分泌疾病; ②并发慢性高血压、高血脂、肝肾功能异常等疾病; ③并发恶性肿瘤者。本研究经伦理委员会批准, 患者及家属知情同意。

**1.2 仪器与试剂** HITACHI 7600 全自动生化分析仪 (日本日立公司), 试剂和校准品 (宁波美康生物公司产品), TOSOH HLC-723G8 型全自动糖化血红蛋白分析仪及配套试剂 (日本 TOSOH 股份有限公司)。

## 1.3 方法

**1.3.1 观察指标:** 通过医院信息系统收集研究对象的年龄、孕产史、既往史、身高和孕前体重等临床资料, 并计算孕前身体质量指数 (body mass index, BMI),  $\text{BMI} = \text{体重} / \text{身高}^2 (\text{kg/m}^2)$ 。

**1.3.2 检测方法:** 采集研究对象空腹静脉血 4 ~ 5ml, 3 500r/min 离心 10min, 分离上层血清。采用 HITACHI 7600 全自动生化分析仪测定空腹血糖 (fasting blood glucose, FBG), 高密度脂蛋白 - 胆固醇 (highdensity lipoprotein-cholesterol, HDL-C), 总胆固醇 (total cholesterol, TC),  $\gamma$ -谷氨酰转肽酶 (gamma-glutamyl transpeptidase,  $\gamma$ -GGT), 低密度脂蛋白 - 胆固醇 (lowdensity lipoprotein-cholesterol, LDL-C), 脂蛋白 a (lipoprotein a, Lp(a)), 载脂蛋白 A1 (apolipoprotein A1, ApoA1), 载脂蛋白 B (apolipoprotein B, ApoB), 前清蛋白 (prealbumin, PA), 载脂蛋白 E (apolipoprotein E, ApoE) 和三酰甘油 (triacylglycerol, TG) 等指标, 并计算 LDL/

HDL, TG/HDL 和 TC/HDL。采用离子交换高效液相色谱法测定糖化血红蛋白 (glycosylated hemoglobinAlc, HbAlc)。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料用均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 组间比较采用  $t$  检验; 计数资料采用  $\chi^2$  检验。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。将单因素分析中差异有统计学意义的因素纳入多因素回归模型, 采用 Logistic 回归分析 GDM 发病的影响因素。根据多因素分析结果, 构建 GDM 预测模型, 绘制受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线, 计算曲线下面积 (area under the curve, AUC) 对 GDM 预测模型的效能进行检验。

## 2 结果

2.1 GDM 组与非 GDM 组孕早期临床资料比较见表 1。两组孕妇的年龄、孕次、产次差异均无统计学意义 (均  $P > 0.05$ )。GDM 组 BMI,  $\gamma$ -GGT, TG, HbAlc, FBG, LDL/HDL, TG/HDL, TC/HDL 水平均高于非 GDM 组, 而 HDL-C 水平低于非 GDM 组孕妇, 差异具有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。

表 1 GDM 组和非 GDM 组临床资料比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

项 目	GDM 组 ( $n=188$ )	非 GDM 组 ( $n=245$ )	$t$ 值	$P$ 值
年龄 (岁)	31.17 $\pm$ 3.65	30.59 $\pm$ 3.83	1.412	0.160
孕次 (次)	2.19 $\pm$ 1.39	2.16 $\pm$ 1.30	0.232	0.817
产次 (次)	0.53 $\pm$ 0.63	0.53 $\pm$ 0.62	-0.083	0.935
HDL-C (mmol/L)	1.69 $\pm$ 0.39	1.77 $\pm$ 0.41	-2.187	0.030
TC (mmol/L)	4.81 $\pm$ 0.90	4.66 $\pm$ 0.77	1.900	0.058
$\gamma$ -GGT (U/L)	16.61 $\pm$ 10.62	14.00 $\pm$ 8.35	2.818	0.005
LDL (mmol/L)	2.49 $\pm$ 0.73	2.38 $\pm$ 0.64	1.575	0.115
LPa (nmol/L)	224.47 $\pm$ 241.91	220.33 $\pm$ 288.85	0.156	0.876
ApoA1 (g/L)	1.83 $\pm$ 0.29	1.84 $\pm$ 0.29	-0.360	0.717
ApoB (g/L)	0.82 $\pm$ 0.21	0.79 $\pm$ 0.19	1.520	0.130
PA (mg/L)	247.72 $\pm$ 31.40	244.25 $\pm$ 30.79	1.144	0.256
ApoE (g/L)	24.35 $\pm$ 12.48	23.99 $\pm$ 12.37	0.278	0.774
TG (mmol/L)	1.90 $\pm$ 0.58	1.57 $\pm$ 0.55	5.874	<0.001
HbAlc (%)	5.25 $\pm$ 0.47	5.07 $\pm$ 0.34	4.582	<0.001
FBG (mmol/L)	4.68 $\pm$ 0.47	4.36 $\pm$ 0.36	7.701	<0.001
LDL/HDL	1.53 $\pm$ 0.49	1.41 $\pm$ 0.50	2.458	0.015
TG/HDL	2.93 $\pm$ 0.59	2.71 $\pm$ 0.58	3.815	0.014
TC/HDL	1.19 $\pm$ 0.49	0.95 $\pm$ 0.45	5.310	<0.001
孕前 BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	23.41 $\pm$ 11.17	21.18 $\pm$ 2.88	2.613	0.003

2.2 GDM 多因素 Logistic 回归分析结果 见表 2。根据单因素分析结果, 将可能影响 GDM 的因素 ( $P < 0.05$ ) 纳入多因素 Logistic 回归分析, 因变量赋值非 GDM=0, GDM=1, 自变量 BMI,  $\gamma$ -GGT, TG, HbAlc, FBG, LDL/HDL, TG/HDL, TC/HDL 和 HDL-C 以实际值纳入。多因素 Logistic 回

归分析结果显示: 孕前 BMI, TG, HbAlc, FBG 和 TC/HDL 水平升高是 GDM 发生的独立危险因素 (Wald $\chi^2=4.480 \sim 35.549$ , 均  $P < 0.05$ )。

表 2 GDM 多因素 Logistic 回归分析

因 素	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	$P$	95%CI
HDL (mmol/L)	-0.969	0.674	2.069	0.150	0.101 ~ 1.421
$\gamma$ -GGT (U/L)	0.01	0.012	0.649	0.420	0.986 ~ 1.035
TG (mmol/L)	2.248	0.711	9.990	0.002	2.349 ~ 38.180
HbAlc (%)	1.57	0.353	19.800	<0.001	2.407 ~ 9.593
FBG (mmol/L)	1.921	0.322	35.549	<0.001	3.632 ~ 12.840
LDL/HDL	-0.916	0.820	1.250	0.263	0.08 ~ 1.994
TG/HDL	1.093	0.833	1.723	0.189	0.583 ~ 15.260
TC/HDL	-2.302	1.087	4.480	0.034	0.012 ~ 0.843
孕前 BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	0.085	0.039	4.698	0.030	1.008 ~ 1.176
常量	-20.562	3.024	46.247	<0.001	-

2.3 预测模型的构建及其对 GDM 的诊断价值 见表 3。根据筛选出的危险因素构建 GDM 的预测模型,  $P$  为模型预测概率, 取值 0 ~ 1。建立的预测模型如下:  $\text{Logit}(P) = -20.562 + 0.085 (\text{BMI}) + 1.921 (\text{FBG}) + 1.57 (\text{HbAlc}) + 2.248 (\text{TG}) - 2.302 (\text{TC/HDL})$ 。该模型预测 GDM 的 AUC 为 0.800 (95%CI=0.757 ~ 0.842), 最佳截断值为 0.352, 敏感度和特异度分别为 80.00%, 66.00%。

表 3 预测模型对 GDM 的诊断价值

项 目	AUC (95%CI)	敏感度 (%)	特异度 (%)
预测模型	0.800 (0.757 ~ 0.842)	80.00	66.00
TG	0.693 (0.643 ~ 0.743)	71.00	64.50
HbAlc	0.626 (0.572 ~ 0.679)	65.00	62.10
FBG	0.701 (0.650 ~ 0.751)	73.20	68.20
TC/HDL	0.683 (0.632 ~ 0.734)	69.00	62.80
孕前 BMI	0.634 (0.580 ~ 0.687)	66.50	62.80

2.4 预测模型验证 根据纳入标准和排除标准, 选取 2021 年 1 ~ 6 月在上海市第一人民医院产检的 95 例孕妇, 将结果纳入预测模型, 预测可能发生 GDM 的孕妇有 71 例, 发生概率低的孕妇 24 例, 实际根据 24 ~ 28 周 75g OGTT 结果有 84 例孕妇发生 GDM, 11 例患者未发生, 本预测模型敏感度、特异度, 准确度分别为 84.50%, 91.00%, 85.30%。

## 3 讨论

妊娠期糖尿病 (GDM) 是一种妊娠常见疾病, 多发于妊娠中期或晚期, 发病率较高, 且呈现出逐年增加趋势。研究发现 GDM 可增加妊娠不良结局发生的风险<sup>[8-9]</sup>。虽然大多数 GDM 孕妇产后血糖可恢复到正常水平, 但部分孕妇胰岛  $\beta$  细胞可能受到不同程度的损伤, 未来发生 2 型糖尿病的风险明显上升<sup>[10]</sup>。目前 GDM 的筛查诊断主要依赖于孕中期 OGTT 检测, 这不利于高危患者的早期干预, 如



果能在孕早期筛查预测 GDM, 并针对高危人群予以干预和管理, 或许可以一定程度降低 GDM 的发病率, 对改善妊娠结局具有重要意义。

BMI 是衡量人体肥胖程度的重要标准, 孕前 BMI 过高可增加 GDM 孕妇胰岛素抵抗及糖脂代谢紊乱<sup>[11]</sup>。LI 等<sup>[12]</sup>研究发现 GDM 组的孕前 BMI 高于正常孕妇组, 每增加  $1\text{kg}/\text{m}^2$  的 BMI, 发生 GDM 的风险将增加 0.28 倍。WANG 等<sup>[13]</sup>指出妊娠早期较高的 BMI 与脂质代谢改变相关, 脂质代谢改变可能导致 GDM 发生风险增加。综上所述, BMI 对 GDM 的发生以及孕期脂质代谢水平具有指导价值。本研究同样发现 GDM 组的孕前 BMI 明显高于非 GDM 组。

FBG 作为孕早期血糖水平筛查指标, 对早期预测 GDM 具有一定意义。许航等<sup>[14]</sup>发现孕早期 FBG 是预测 GDM 发生的重要指标, 孕早期高 FBG 会增加 GDM 发生的风险。目前国内外对于孕早期 FBG 筛查 GDM 高危人群的界值, 各研究尚无一致的结论。韩文莉等<sup>[15]</sup>认为对于无 GDM 高危因素的孕妇, 当孕早期  $\text{FBG} \geq 5.6\text{mmol}/\text{L}$  时, 发生 GDM 的风险显著增加, 而对于并发 GDM 高危因素的孕妇, 孕早期  $\text{FBG} \geq 5.1\text{mmol}/\text{L}$  时应警惕 GDM 的发生, 但不能作为诊断标准。本研究同样证实 GDM 组 FBG 水平高于非 GDM 组, 统计分析后发现 FBG 是预测 GDM 的独立危险因素, 其 AUC 为 0.701, 因此对于 FBG 较高的孕妇应当纳入高危人群进行管理。

HbA1c 是血糖与血红蛋白相互结合形成的物质, 与血糖水平呈正相关, 能够反映人体 2 ~ 3 个月平均血糖水平。HbA1c 是目前 GDM 患者血糖监控应用最广泛的指标, 樊娜娜等<sup>[16]</sup>研究发现 GDM 组孕妇的 HbA1c 水平高于非 GDM 组, 这与本研究一致。部分研究表明 HbA1c 在 GDM 诊断及评估不良妊娠结局方面具有较高的敏感度和特异度<sup>[17]</sup>。然而 HbA1c 能否单独作为 GDM 的预测指标尚存在争论。朱倩等<sup>[18]</sup>研究发现 HbA1c 在诊断 GDM 时 AUC 为 0.610, 敏感度为 40.00%, 特异度为 83.60%, 容易发生漏诊的情况, 本研究发现 HbA1c 的 AUC 为 0.626, 敏感度为 65.00%, 特异度为 62.10%, 所以孕早期单独以 HbA1c 作为筛查指标并不理想。同时 RAYIS 等<sup>[19]</sup>指出, 贫血时体内红细胞寿命缩短, 数量减少, 导致糖基化的时间减少, 进而导致 HbA1c 生成减少, 因此孕妇的高贫血率使 HbA1c 在预测 GDM 的诊断价值较低。

GDM 孕妇普遍存在严重的胰岛素抵抗, 脂代谢异常是胰岛素抵抗的主要原因之一, 其中高水平的 TG 可能增加胰岛素抵抗风险<sup>[20]</sup>。一项荟萃分析

显示, GDM 孕妇在整个怀孕期间 TG 都处于高水平, 孕早期母体 TG 水平升高促进 GDM 的发生<sup>[21]</sup>。众所周知, HDL-C 是“好”脂蛋白, 提高 HDL 水平可降低妊娠不良事件的风险。ZHANG 等<sup>[22]</sup>研究发现 GDM 孕妇的 TG 和 LDL/HDL 水平高于对照组, 本研究发现 GDM 组较非 GDM 组 TG, LDL/HDL, TG/HDL 和 TC/HDL 水平增高, HDL-C 水平降低, 而 TC 及 LDL-C 没有差异, 也与之前研究结果一致。

本研究通过统计学分析筛选出孕前 BMI, FBG, HbA1c, TG 和 TC/HDL 作为独立危险因素, 构建多因素预测模型:  $\text{Logit}(P) = -20.562 + 0.085(\text{BMI}) + 1.921(\text{FBG}) + 1.57(\text{HbA1c}) + 2.248(\text{TG}) - 2.302(\text{TC}/\text{HDL})$ , 此模型的 AUC 为 0.800, 均高于各变量的单独预测效能, 表明构建的预测模型具有更高的预测价值。预测模型是否能在临床广泛应用, 需要具备以下条件<sup>[23]</sup>: ①计算简便, 便于临床实际工作中应用; ②纳入指标少, 减少因为临床指标不足而导致的错误评估; ③具有高敏感度和特异度, 减少误诊和漏诊。经过 95 例孕妇对预测模型验证发现, 模型的敏感度、特异度和准确度分别为 84.50%, 91.00% 和 85.30%, 实际预测效果满意。此类方法简单、操作方便、无创, 临床医师可根据妊娠 12 ~ 13<sup>+</sup>6 周的指标评估发生 GDM 的风险, 筛选出高危患者, 进行早期干预和管理, 对于改善母婴妊娠结局具有深远意义。但本研究存在一定的局限性, 为单中心研究, 样本量较少可能影响研究结果。

综上所述, 本研究通过筛选孕早期 (12 ~ 13<sup>+</sup>6 周) GDM 发生的独立危险因素, 基于多因素回归分析构建预测 GDM 的模型, 并证实该模型具有较高的预测价值, 可进一步进行大样本、多中心的研究, 值得临床推广。

#### 参考文献:

- [1] ALESI S, GHELANI D, RASSIE K, et al. Metabolomic biomarkers in gestational diabetes mellitus: a review of the evidence[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22(11): 5512.
- [2] JUAN Juan, YANG Huixia. Prevalence, prevention, and lifestyle intervention of gestational diabetes mellitus in China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(24): 9517.
- [3] YE Wenrui, LUO Cong, HUANG Jing, et al. Gestational diabetes mellitus and adverse pregnancy outcomes: systematic review and meta-analysis[J]. BMJ, 2022, 377: e067946.
- [4] RETNAKARAN R, SHAH B R. Glucose screening in pregnancy and future risk of cardiovascular disease in women: a retrospective, population-based cohort study [J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2019, 7(5): 378-384.

(下转第 204 页)

- system to express the antimicrobial peptide 1018[J]. Journal of Microbiology, 2019, 57(6): 532-538.
- [36] LANDLINGER C, TISAKOVA L, OBERBAUER V, et al. Engineered phage endolysin eliminates *Gardnerella* biofilm without damaging beneficial bacteria in bacterial vaginosis *Ex vivo*[J]. Pathogens, 2021, 10(1): 54.
- [37] STACHLER E, KULL A, JULIAN T R. Bacteriophage treatment before chemical disinfection can enhance removal of plastic-surface-associated *Pseudomonas aeruginosa*[J]. Applied and Environment Microbiology, 2021, 87(20): e0098021.
- 收稿日期: 2023-07-20  
修回日期: 2023-08-17
- 
- (上接第161页)
- [5] SZMUILOWICZ E D, JOSEFSON J L, METZGER B E. Gestational diabetes mellitus[J]. Endocrinology and Metabolism Clinics of North America, 2019, 48(3): 479-493.
- [6] POBLETE J A, OLMOS P. Obesity and gestational diabetes in pregnant care and clinical practice[J]. Current Vascular Pharmacology, 2021, 19(2): 154-164.
- [7] 中华医学会妇产科学分会产科学组, 中华医学会围产医学分会, 中国妇幼保健协会妊娠合并糖尿病专业委员会. 妊娠期高血糖诊治指南(2022)[第一部分][J]. 中华妇产科杂志, 2022, 57(1): 3-12. Obstetrics Subgroup, Chinese Society of Obstetrics and Gynecology, Chinese Medical Association; Chinese Society of Perinatal Medicine, Chinese Medical Association; Professional Committee of Gestational Diabetes Mellitus, Chinese Maternal and Child Health Association. Guideline of diagnosis and treatment of hyperglycemia in pregnancy(2022)[Part one][J]. Chinese Journal of Obstetrics and Gynecology, 2022, 57(1): 3-12.
- [8] SWEETING A, WONG J, MURPHY H R, et al. A clinical update on gestational diabetes mellitus[J]. Endocrine Reviews, 2022, 43(5): 763-793.
- [9] ZITO G, DELLA CORTE L, GIAMPAOLINO P, et al. Gestational diabetes mellitus: Prevention, diagnosis and treatment. A fresh look to a busy corner[J]. Journal of Neonatal Perinatal Medicine, 2020, 13(4): 529-541.
- [10] SUN Yiyang, JUAN Juan, XU Qianqian, et al. Increasing insulin resistance predicts adverse pregnancy outcomes in women with gestational diabetes mellitus[J]. Journal of Diabetes, 2020, 12(6): 438-446.
- [11] BOUTARI C, PAPPAS P D, MINTZIORI G, et al. The effect of underweight on female and male reproduction[J]. Metabolism, 2020, 107: 154229.
- [12] LI Fang, HU Ying, ZENG Jing, et al. Analysis of risk factors related to gestational diabetes mellitus[J]. Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology, 2020, 59(5): 718-722.
- [13] WANG Yi, WU Ping, HUANG Yichao, et al. BMI and lipidomic biomarkers with risk of gestational diabetes in pregnant women[J]. Obesity (Silver Spring, Md.), 2022, 30(10): 2044-2054.
- [14] 许航, 贺丹. 育龄妇女年龄、孕前BMI和孕早期空腹血糖水平分布在妊娠期糖尿病预测中的价值[J]. 现代检验医学杂志, 2021, 36(5): 169-173. XU Hang, HE Dan, LUO Qing. Value of age, pre-pregnancy body mass index and fasting blood glucose in early pregnancy in predicting gestational diabetes mellitus among fertile women [J]. Journal of Modern Laboratory Medicine, 2021, 36(5): 169-173.
- [15] 韩文莉. 孕早期空腹血糖对妊娠期糖尿病的预测价值[J]. 实用妇产科杂志, 2020, 36(3): 200-203. HAN Wenli. Predictive value of fasting blood glucose in the first trimester of pregnancy for gestational diabetes[J]. Journal of Practical Obstetrics and Gynecology, 2020, 36(3): 200-203.
- [16] 樊娜娜, 韩清, 鲁静, 等. 血清1-硬脂酰-sn-甘油-3-磷酸胆碱水平检测对妊娠期糖尿病的诊断价值[J]. 现代检验医学杂志, 2022, 37(6): 114-118. FAN Nana, HAN Qing, LU Jing, et al. Diagnostic value of serum 1-stearoyl-sn-glycerol-3-phosphocholine level in gestational diabetes mellitus[J]. Journal of Modern Laboratory Medicine, 2022, 37(6): 114-118.
- [17] JIN Hongmei. Increased levels of glycosylated hemoglobin, microalbuminuria and serum cystatin C predict adverse outcomes in high-risk pregnancies with gestational diabetes mellitus[J]. Experimental and Therapeutic Medicine, 2020, 19(2): 1281-1287.
- [18] 朱倩, 宋艳, 陈君. 基于糖化血红蛋白、糖化白蛋白和空腹血糖的妊娠期糖尿病预测模型的研究[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(9): 29-34. ZHU Qian, SONG Yan, CHEN Jun. Predictive model of gestational diabetes mellitus based on glycosylated hemoglobin, glycosylated albumin and fasting blood glucose[J]. Journal of Clinical Medicine in Practice, 2022, 26(9): 29-34.
- [19] RAYIS D A, AHMED A B A, SHARIF M E, et al. Reliability of glycosylated hemoglobin in the diagnosis of gestational diabetes mellitus[J]. Journal of Clinical Laboratory Analysis, 2020, 34(10): e23435.
- [20] ALLEHDAN S S, BASHA A S, ASALI F F, et al. Dietary and exercise interventions and glycemic control and maternal and newborn outcomes in women diagnosed with gestational diabetes: Systematic review[J]. Diabetes & Metabolic Syndrome, 2019, 13(4): 2775-2784.
- [21] ZHU Haiyan, HE Dian, LIANG Ning, et al. High serum triglyceride levels in the early first trimester of pregnancy are associated with gestational diabetes mellitus: A prospective cohort study[J]. Journal of Diabetes Investigation, 2020, 11(6): 1635-1642.
- [22] ZHANG Kexin, ZHENG Wei, YUAN Xianxian, et al. Association between serum lipid profile during the first and second trimester of pregnancy as well as their dynamic changes and gestational diabetes mellitus in twin pregnancies: a retrospective cohort study[J]. Diabetology & Metabolic Syndrome, 2023, 15(1): 125.
- [23] KATE R J, PEARCE N, MAZUMDAR D, et al. A continual prediction model for inpatient acute kidney injury [J]. Computers in Biology and Medicine, 2020, 116: 103580.
- 收稿日期: 2023-05-19  
修回日期: 2023-08-20