

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.01.013  
文章编号: 1005-8982 (2026) 01-0084-07

临床研究·论著

## 妊娠糖尿病孕子宫螺旋动脉血流参数、血清 激活素A及内皮细胞特异性分子1对 妊娠结局的影响\*

何云<sup>1</sup>, 许旭<sup>1</sup>, 王耸<sup>2</sup>

(1. 青岛大学附属青岛妇女儿童医院 产科, 山东 青岛 266000; 2. 青岛市第八人民医院  
产科中心, 山东 青岛 266000)

**摘要:** **目的** 探讨妊娠糖尿病(GDM)孕子宫螺旋动脉血流参数、血清激活素A及内皮细胞特异性分子1(Endocan)的表达特征,并分析其对妊娠结局的预测价值。**方法** 选取2024年5月—2025年5月青岛大学附属青岛妇女儿童医院收治的306例GDM孕妇作为研究组,根据妊娠结局分为妊娠正常组(208例)和妊娠不良组(98例),另选取50例同期健康孕妇作为对照组。采用超声检测子宫螺旋动脉血流参数,酶联免疫吸附试验检测血清激活素A、Endocan水平。采用多因素一般Logistic回归模型分析妊娠不良结局的危险因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估各指标对妊娠结局的预测效能。**结果** 妊娠不良组孕妇的空腹血糖(FPG)、糖化血红蛋白(HbA1c)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)水平均高于妊娠正常组( $P < 0.05$ )。妊娠不良组孕妇的搏动指数(PI)、阻力指数(RI)、收缩期峰值流速与舒张末期流速比值(S/D)水平均高于妊娠正常组( $P < 0.05$ ),收缩期峰值流速(PSV)低于妊娠正常组( $P < 0.05$ )。妊娠不良组孕妇的血清激活素A、Endocan水平均高于妊娠正常组( $P < 0.05$ )。PI高水平[ $\hat{OR} = 115.898(95\% CI: 9.558, 1405.364)$ ]、RI高水平[ $\hat{OR} = 187.342(95\% CI: 1.093, 32109.040)$ ]、S/D高水平[ $\hat{OR} = 4.024(95\% CI: 1.581, 10.242)$ ]、PSV低水平[ $\hat{OR} = 0.504(95\% CI: 0.346, 0.733)$ ]、血清激活素A高水平[ $\hat{OR} = 1.024(95\% CI: 1.015, 1.033)$ ]和Endocan高水平[ $\hat{OR} = 1.029(95\% CI: 1.009, 1.049)$ ]均为GDM妊娠不良的危险因素( $P < 0.05$ )。子宫螺旋动脉血流参数、血清激活素A、Endocan水平联合预测GDM妊娠不良的曲线面积为0.988(95% CI: 0.975, 1.000),敏感性为98.0%(95% CI: 0.928, 0.998),特异性为94.7%(95% CI: 0.907, 0.973)。**结论** GDM孕子宫螺旋动脉血流参数异常、血清激活素A、Endocan水平升高与不良妊娠结局有关,联合检测可为预测GDM妊娠不良提供客观依据。

**关键词:** 妊娠糖尿病; 螺旋动脉; 血清激活素A; 内皮细胞特异性分子1; 妊娠结局

**中图分类号:** R714.54

**文献标识码:** A

## Impact of uterine spiral artery blood flow parameters, serum activin A, and endothelial cell-specific molecule 1 on pregnancy outcomes in women with gestational diabetes mellitus\*

He Yun<sup>1</sup>, Xu Xu<sup>1</sup>, Wang Song<sup>2</sup>

(1. Department of Obstetrics, Qingdao Women and Children's Hospital Affiliated to Qingdao University, Qingdao, Shandong 266000, China; 2. Obstetrics Center, Qingdao Eighth People's Hospital, Qingdao, Shandong 266000, China)

收稿日期: 2025-07-05

\* 基金项目: 山东省科技厅自然科学基金项目(No:ZR2023MH313)

[通信作者] 王耸, E-mail: qqwsong@126.com

**Abstract: Objective** To investigate the uterine spiral artery blood flow parameters, and the expression characteristics of serum activin A and endothelial cell-specific molecule 1 (Endocan) in women with gestational diabetes mellitus (GDM), and analyze their predictive value for pregnancy outcomes. **Methods** A total of 306 pregnant women with GDM admitted to Qingdao Women and Children's Hospital Affiliated to Qingdao University from May 2024 to May 2025 were selected as the study group, and divided into a normal pregnancy outcome group (208 cases) and an adverse pregnancy outcome group (98 cases) according to pregnancy outcomes. Another 50 healthy pregnant women during the same period were selected as the control group. Uterine spiral artery blood flow parameters were measured by ultrasound, and serum activin A and Endocan levels were detected by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). General multivariate Logistic regression model was used to analyze the risk factors for adverse pregnancy outcomes, and receiver operating characteristic (ROC) curves were drawn to evaluate the predictive efficacy of each indicator for pregnancy outcomes. **Results** Fasting blood glucose (FPG), glycated hemoglobin (HbA1c), and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) levels were significantly higher in the adverse outcome group than in the normal outcome group ( $P < 0.05$ ). Pulsatility index (PI), resistance index (RI), and systolic/diastolic ratio (S/D) were elevated in the adverse outcome group ( $P < 0.05$ ), while peak systolic velocity (PSV) was reduced ( $P < 0.05$ ). Serum activin A and Endocan levels were also significantly higher in the adverse outcome group ( $P < 0.05$ ). Multivariate analysis indicated that high PI [ $\hat{OR} = 115.898$  (95% CI: 9.558, 1 405.364)], high RI [ $\hat{OR} = 187.342$  (95% CI: 1.093, 32 109.040)], elevated S/D [ $\hat{OR} = 4.024$  (95% CI: 1.581, 10.242)], low PSV [ $\hat{OR} = 0.504$  (95% CI: 0.346, 0.733)], high serum activin A [ $\hat{OR} = 1.024$  (95% CI: 1.015, 1.033)], and high Endocan [ $\hat{OR} = 1.029$  (95% CI: 1.009, 1.049)] were risk factors for adverse pregnancy outcomes in GDM ( $P < 0.05$ ). The combined detection of uterine spiral artery blood flow parameters, serum activin A, and Endocan for predicting adverse pregnancy outcomes in GDM had an area under the curve (AUC) of 0.988 (95% CI: 0.975, 1.000), a sensitivity of 98.0% (95% CI: 0.928, 0.998), and a specificity of 94.7% (95% CI: 0.907, 0.973). **Conclusion** Abnormal uterine spiral artery blood flow parameters and elevated serum levels of activin A and Endocan in GDM pregnant women are associated with adverse pregnancy outcomes. Combined detection can provide an objective basis for predicting adverse pregnancy outcomes in GDM.

**Keywords:** gestational diabetes mellitus; spiral artery; serum activin A; endothelial cell-specific molecule 1; pregnancy outcome

妊娠糖尿病(gestational diabetes mellitus, GDM)是一种常见的妊娠期代谢性疾病,其主要特征为妊娠期间首次出现或发现的糖耐量异常<sup>[1]</sup>。GDM不仅增加孕妇妊娠高血压、子痫前期等并发症的风险,还与不良妊娠结局密切相关,如巨大儿、早产、新生儿低血糖等<sup>[2]</sup>。GDM的病理生理机制涉及胰岛素抵抗、血管内皮功能障碍及胎盘血流灌注异常,早期识别高危孕妇并预测不良妊娠结局具有重要临床意义<sup>[3]</sup>。目前,GDM的诊断主要依赖于口服葡萄糖耐量试验,但其难以动态反映疾病进展及妊娠结局风险<sup>[4]</sup>。近年来,子宫螺旋动脉血流动力学参数及血清生物标志物在评估胎盘功能及预测妊娠结局中的作用备受关注。子宫螺旋动脉血流参数是评估胎盘血流灌注的关键超声指标,可客观反映血管重塑和阻力状态<sup>[5]</sup>。血清激活素A是转化生长因子- $\beta$ 超家族成员,在妊娠期主要由胎盘合体滋养层细胞分泌,其通过自分泌和旁分泌方式,参与调控滋养细胞的增殖、侵袭、分化及胎盘血管的

重塑<sup>[6]</sup>。内皮细胞特异性分子1(endothelial cell-specific molecule 1, Endocan)是由血管内皮细胞特异性产生的一种重要生物标志物,能灵敏地反映血管内皮的激活、功能障碍或损伤<sup>[7]</sup>。本研究通过分析GDM孕妇上述指标的表达,探讨其对妊娠结局的预测价值,为早期干预提供依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2024年5月—2025年5月青岛大学附属青岛妇女儿童医院收治的306例GDM孕妇,以及50例同期健康孕妇作为研究对象,本研究经医院医学伦理委员会批准同意(No: QFELL-YJ-2023-126)。

### 1.2 GDM孕妇纳入与排除标准

**1.2.1 纳入标准** ①符合《中国妊娠期糖尿病母亲共同管理指南(2024版)》<sup>[8]</sup>的GDM诊断标准;②单胎妊娠且孕周 $\geq 28$ 周;③入院时无急性代谢并发症;

④具备完整的产前检查资料及分娩结局记录。

**1.2.2 排除标准** ①合并妊娠高血压、前置胎盘等妊娠并发症;②患有心、肝、肾等重要脏器功能不全;③合并自身免疫性疾病、血液系统疾病或急性慢性感染;④近期(2周内)使用过糖皮质激素或免疫调节药物;⑤临床资料不全或失访。

### 1.3 方法

**1.3.1 临床资料收集** 收集GDM孕妇的临床资料。其中,人口学特征包括孕妇年龄、孕前体质量指数(body mass index, BMI)、入组孕周及产次情况,基线临床指标包括收缩压和舒张压、吸烟史和饮酒史、糖尿病家族史等信息。数据均来源于孕妇建档时的首次产前检查记录、入院病历。采集研究对象清晨空腹状态下肘静脉血5 mL,以3 000 r/min离心10 min分离血清。采用酶比色法测定甘油三酯(Triglyceride, TG)和总胆固醇(total cholesterol, TC);采用葡萄糖氧化酶法检测空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG);采用直接测定法检测高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)。上述指标均在美国罗氏公司Cobas 8000全自动生化分析系统上完成检测。采用电化学发光免疫分析法测定空腹胰岛素(fasting insulin, FINS);采用高效液相色谱法检测糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)。

**1.3.2 子宫螺旋动脉血流参数检测** 采用美国GE公司Voluson E10彩色多普勒超声诊断仪检测所有研究对象的子宫螺旋动脉血流参数,由具有5年以上产前超声诊断经验的医师操作完成。受检孕妇取仰卧位,经腹部超声探头(频率3~5 MHz)清晰显示子宫肌层及胎盘附着部位后,选取胎盘附着处子宫壁的螺旋动脉作为测量靶点,获取稳定血流频谱后仪器自动计算搏动指数(pulsatility index, PI)、阻力指数(resistance index, RI)和收缩期峰值流速与舒张末期流速比值(systolic/diastolic ratio, S/D),同时记录收缩期峰值流速(peak systolic velocity, PSV),每个参数重复测量3次取平均值。

**1.3.3 血清激活素A、Endocan水平检测** 采集所有研究对象的空腹肘静脉血3 mL,于室温静置30 min后,以3 000 r/min离心10 min分离血清,分装后于-80℃保存待测。采用酶联免疫吸附试验检测血清

激活素A和Endocan水平(试剂盒购自美国R&D Systems公司)。所有检测均在Synergy H1多功能酶标仪(美国BioTek公司)上完成,严格遵循试剂盒说明书操作流程,并设置质控样本确保检测准确性。

**1.3.4 妊娠结局分组** 妊娠不良是在妊娠期间或分娩过程中发生的对孕产妇和/或胎儿/新生儿造成危害的一系列病理状态,主要包括胎儿生长受限、胎盘早剥、早产、低出生体重儿、巨大儿、胎儿窘迫、羊水异常、胎膜早破、死胎、新生儿窒息等。根据妊娠结局将孕妇分为妊娠正常组(208例)和妊娠不良组(98例)。

### 1.4 统计学方法

数据分析采用SPSS 27.0和R3.4.3统计软件。计数资料以构成比或率(%)表示,比较采用 $\chi^2$ 检验;计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,比较采用 $t$ 检验或方差分析,两两比较用独立样本 $t$ 检验;影响因素的分析采用多因素一般Logistic回归模型;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 妊娠正常组与妊娠不良组孕妇临床资料比较

妊娠正常组与妊娠不良组孕妇的年龄、孕前BMI、入组孕周、产次、收缩压、舒张压、吸烟率、饮酒率、糖尿病家族史率、TG水平、TC水平、FINS水平和HDL-C水平比较,经 $t/\chi^2$ 检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。妊娠正常组与妊娠不良组孕妇的FPG、HbA1c和LDL-C水平比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );妊娠不良组FPG、HbA1c和LDL-C水平均高于妊娠正常组。见表1。

### 2.2 各组孕妇的子宫螺旋动脉血流参数比较

妊娠不良组、妊娠正常组和对照组孕妇的PI、RI、S/D和PSV水平比较,经方差分析,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );妊娠不良组与妊娠正常组孕妇的PI、RI和S/D水平均高于对照组( $P < 0.05$ ),PSV低于对照组( $P < 0.05$ );妊娠不良组孕妇的PI、RI和S/D水平均高于妊娠正常组( $P < 0.05$ ),PSV低于妊娠正常组( $P < 0.05$ )。见表2。

### 2.3 各组孕妇的血清激活素A、Endocan水平比较

妊娠不良组、妊娠正常组和对照组孕妇的血清激活素A、Endocan水平比较,经方差分析,差异均有

表 1 妊娠正常组与妊娠不良组孕妇的临床资料比较

组别	n	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$ )	孕前 BMI/(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	入组孕周/(周, $\bar{x} \pm s$ )	产次 例(%)		血压/(mmHg, $\bar{x} \pm s$ )	
					初产妇	经产妇	收缩压	舒张压
妊娠正常组	208	30.25 ± 4.17	24.37 ± 2.28	30.02 ± 1.15	128(61.54)	80(38.46)	119.37 ± 9.25	75.62 ± 7.13
妊娠不良组	98	31.08 ± 4.62	24.54 ± 2.75	29.97 ± 1.43	65(66.33)	33(33.67)	121.46 ± 10.83	76.25 ± 8.04
t/χ <sup>2</sup> 值		1.547	0.58	0.327		0.656	1.108	0.453
P值		0.123	0.562	0.744		0.418	0.269	0.650

组别	吸烟史 例(%)		饮酒史 例(%)		糖尿病家族史 例(%)	
	是	否	是	否	是	否
妊娠正常组	12(5.77)	196(94.23)	5(2.40)	203(97.60)	58(27.88)	150(72.12)
妊娠不良组	8(8.16)	90(91.84)	4(4.08)	94(95.92)	32(32.65)	66(67.35)
t/χ <sup>2</sup> 值		0.625		0.657		0.730
P值		0.429		0.418		0.393

组别	TG/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	TC/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	FPG/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	FINS/(pmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	HbA1c/(%, $\bar{x} \pm s$ )	HDL-C/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	LDL-C/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )
	妊娠正常组	2.92 ± 0.37	4.84 ± 0.68	7.28 ± 1.42	13.42 ± 3.37	6.42 ± 1.19	1.23 ± 0.21
妊娠不良组	2.96 ± 0.33	4.91 ± 0.58	8.17 ± 1.61	13.65 ± 3.26	7.08 ± 1.32	1.27 ± 0.18	2.83 ± 0.71
t值	0.887	0.867	4.923	0.564	4.389	1.608	3.790
P值	0.376	0.387	0.000	0.573	0.000	0.109	0.000

表 2 各组子宫螺旋动脉血流参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	PI	RI	S/D	PSV/(cm/s)
妊娠不良组	98	1.09 ± 0.33 <sup>①②</sup>	0.79 ± 0.13 <sup>①②</sup>	1.99 ± 0.80 <sup>①②</sup>	6.16 ± 1.86 <sup>①②</sup>
妊娠正常组	208	0.69 ± 0.17 <sup>①</sup>	0.65 ± 0.11 <sup>①</sup>	1.54 ± 0.68 <sup>①</sup>	8.47 ± 2.13 <sup>①</sup>
对照组	50	0.42 ± 0.11	0.32 ± 0.08	1.15 ± 0.41	10.37 ± 3.25
F值		183.582	283.654	27.826	64.397
P值		0.000	0.000	0.000	0.000

注: ①与对照组比较, P < 0.05; ②与妊娠正常组比较, P < 0.05。

统计学意义 (P < 0.05); 妊娠不良组和妊娠正常组孕妇的血清激活素 A、Endocan 水平均高于对照组 (P < 0.05); 妊娠不良组孕妇的血清激活素 A、Endocan 水平均高于妊娠正常组 (P < 0.05)。见表 3。

#### 2.4 GDM 妊娠不良的影响因素分析

以是否发生妊娠不良 (否 = 0, 是 = 1) 为因变量,

表 3 不同组别血清激活素 A、Endocan 水平比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	血清激活素 A/(pg/mL)	Endocan/(ng/L)
妊娠不良组	98	511.17 ± 132.93 <sup>①②</sup>	177.31 ± 40.63 <sup>①②</sup>
妊娠正常组	208	259.30 ± 76.67 <sup>①</sup>	152.09 ± 34.31 <sup>①</sup>
对照组	50	200.12 ± 42.93	146.87 ± 28.45
F值		295.998	19.894
P值		0.000	0.000

注: ①与对照组比较, P < 0.05; ②与妊娠正常组比较, P < 0.05。

以 PI、RI、S/D、PSV、血清激活素 A 和 Endocan 水平 (均为实测值) 为自变量, 进行多因素一般 Logistic 回归分析, 结果显示: PI 高水平 [ $\hat{OR} = 115.898$  (95% CI: 9.558, 1 405.364)], RI 高水平 [ $\hat{OR} = 187.342$  (95% CI: 1.093, 32 109.040)], S/D 高水平 [ $\hat{OR} = 4.024$  (95% CI: 1.581, 10.242)], PSV 低水平 [ $\hat{OR} = 0.504$  (95% CI: 0.346, 0.733)], 血清激活素 A 高水平 [ $\hat{OR} = 1.024$  (95% CI: 1.015, 1.033)] 和 Endocan 高水平 [ $\hat{OR} = 1.029$  (95% CI: 1.009, 1.049)] 均为 GDM 妊娠不良的危险因素 (P < 0.05)。见表 4。

#### 2.5 子宫螺旋动脉血流参数、血清激活素 A、Endocan 水平对 GDM 妊娠不良的预测分析

ROC 曲线分析结果显示, 子宫螺旋动脉血流参数、血清激活素 A、Endocan 水平联合预测的曲线下

表 4 GDM 妊娠不良影响因素的多因素一般 Logistic 回归分析参数

因素	$b$	$S_b$	Wald $\chi^2$ 值	$P$ 值	$\hat{OR}$	95% CI	
						下限	上限
PI	4.753	1.273	13.935	0.000	115.898	9.558	1 405.364
RI	5.233	2.625	3.975	0.046	187.342	1.093	32 109.040
S/D	1.392	0.477	8.536	0.003	4.024	1.581	10.242
PSV	-0.686	0.191	12.820	0.000	0.504	0.346	0.733
血清激活素 A	0.024	0.004	28.941	0.000	1.024	1.015	1.033
Endocan	0.029	0.010	8.198	0.004	1.029	1.009	1.049

面积为 0.988 (95% CI: 0.975, 1.000), 敏感性为 98.0% (95% CI: 0.928, 0.998), 特异性为 94.7% (95% CI: 0.907, 0.973)。见表 5 和图 1。

表 5 子宫螺旋动脉血流参数、血清激活素 A、Endocan 水平对 GDM 妊娠不良的预测分析

指标	截断值	曲线下面积	95% CI		敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
			下限	上限		下限	上限		下限	上限
子宫螺旋动脉血流参数	0.374	0.940	0.910	0.970	84.70	0.760	0.912	92.30	0.878	0.955
血清激活素 A	395.805 pg/mL	0.943	0.910	0.976	83.70	0.748	0.904	95.70	0.919	0.980
Endocan	177.765 ng/L	0.671	0.605	0.737	52.00	0.417	0.622	76.00	0.696	0.816
三者联合		0.988	0.975	1.000	98.00	0.928	0.998	94.70	0.907	0.973

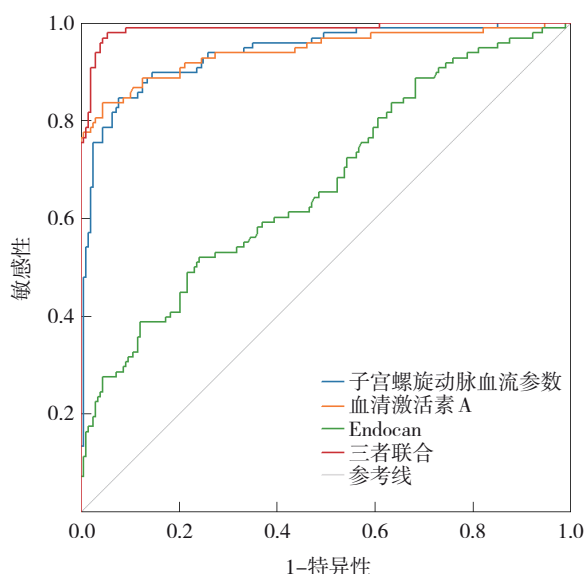


图 1 子宫螺旋动脉血流参数、血清激活素 A、Endocan 水平预测 GDM 妊娠不良的 ROC 曲线

### 3 讨论

GDM 是一种常见的妊娠并发症,其病理生理机制涉及胎盘血管功能障碍、胰岛素抵抗及系统性炎症反应,可能导致不良妊娠结局<sup>[9-10]</sup>。研究表明,GDM 孕妇子宫螺旋动脉血流参数的异常改变,如 PI

和 RI 升高,反映了胎盘灌注不足,与胎儿生长受限和子痫前期的发展密切相关<sup>[11-12]</sup>。血清激活素 A 作为胎盘来源的糖蛋白激素,其水平升高可能通过促进炎症因子释放和血管内皮功能障碍,加剧胰岛素抵抗和代谢紊乱<sup>[13]</sup>。同时,Endocan 作为血管内皮损伤的标志物,其表达上调可能破坏血管屏障功能,导致微循环障碍和胎盘缺血<sup>[14]</sup>。然而,目前关于这些指标联合评估 GDM 妊娠结局的研究仍有限,且其临床应用的敏感性和特异性尚待进一步验证。因此,本研究旨在探讨子宫螺旋动脉血流参数、血清激活素 A 和 Endocan 在 GDM 孕妇中的变化规律及其与妊娠结局的关联性,从而改善母婴预后。

妊娠不良组孕妇的 FPG、HbA1c、LDL-C 水平高,这一现象可从代谢紊乱和血管功能障碍的角度进行深入阐释。在 GDM 状态下,持续的高血糖环境通过非酶促糖基化反应导致 HbA1c 水平升高,这不仅是血糖控制不佳的生物标志物,更反映了长期代谢紊乱的累积效应<sup>[15-16]</sup>。胰岛素抵抗状态下,脂肪组织分解增强,游离脂肪酸水平升高,促进肝脏极低密度脂蛋白的合成与分泌,进而通过脂蛋白脂酶的作用转化为 LDL-C。升高的 LDL-C 可通过氧化修饰形成 ox-LDL,被巨噬细胞吞噬后形成泡沫细

细胞,启动并加速动脉粥样硬化进程<sup>[17]</sup>。同时,高血糖环境诱导晚期糖基化终末产物积累,通过与其受体相互作用,激活 NF- $\kappa$ B 等炎症通路,诱发血管内皮功能障碍<sup>[18]</sup>。这些病理改变共同导致胎盘血管基底膜增厚、管腔狭窄,影响胎盘血流灌注。

子宫螺旋动脉血流参数检测显示,妊娠不良组孕妇的 PI、RI 及 S/D 比值高,而 PSV 低,这反映了胎盘血流灌注的严重异常。在正常妊娠过程中,滋养层细胞会浸润子宫螺旋动脉,取代血管内皮并重塑血管壁,形成低阻力、高流量的胎盘循环系统<sup>[19]</sup>。然而在病理状态下,这一生理性重铸过程受阻,表现为螺旋动脉肌层保留、管腔狭窄,导致血管阻力增加,这在多普勒超声上体现为 PI、RI 及 S/D 比值的升高。同时,血管内皮功能障碍导致一氧化氮生物利用度下降,前列环素与血栓素 A2 比例失衡,进一步加剧血管收缩状态<sup>[20]</sup>。微血栓形成和血管内炎症反应会进一步减少子宫胎盘的有效灌注,表现为 PSV 的显著降低。这种血流动力学改变直接影响胎盘的物质交换功能,导致氧气和营养物质的输送效率下降,引发胎儿宫内生长受限。妊娠不良组孕妇血清激活素 A 和 Endocan 水平显著升高,这可从胎盘功能障碍和血管内皮损伤的病理生理机制进行解释。血清激活素 A 作为转化生长因子- $\beta$  超家族成员,在胎盘组织中主要由滋养层细胞合成分泌,其水平升高反映了胎盘组织在缺血缺氧应激状态下的代偿性反应,同时可作为胎盘功能障碍的生物标志物<sup>[21-22]</sup>。Endocan 作为内皮细胞特异性分子,其表达受血管内皮生长因子和炎症细胞因子调控,水平升高直接反映了血管内皮细胞的激活和损伤程度<sup>[23-24]</sup>。在病理妊娠状态下,胎盘缺血缺氧可刺激滋养层细胞过度分泌血清激活素 A,进而通过自分泌和旁分泌机制加剧局部炎症反应;同时,血管内皮损伤导致 Endocan 释放增加,两者共同参与并加剧血管内皮功能障碍和微循环紊乱<sup>[25]</sup>。

本研究结果显示,子宫螺旋动脉血流参数、血清标志物血清激活素 A、Endocan 是 GDM 妊娠不良的危险因素,其机制主要涉及胎盘血管功能障碍的病理生理过程。异常的血流参数反映螺旋动脉重铸障碍导致的胎盘灌注不足,而升高的血清激活素 A 和 Endocan 水平则标志滋养层细胞功能异常和血管内皮损伤,这些因素协同作用通过影响胎盘血管生

成、促炎反应和内皮功能障碍等途径增加不良妊娠风险。临床价值方面,三者联合对 GDM 妊娠不良的预测效能较好,其高敏感性和特异性表明三者联合能准确识别高风险孕妇,为早期干预提供客观依据。这种整合血流动力学和分子标志物的评估方法,不仅实现了对胎盘功能的全面评估,更为临床制订个体化监测方案和及时干预措施提供了重要参考,有助于改善妊娠结局。值得注意的是,本研究虽揭示了 GDM 不良妊娠结局孕妇多项指标的总变化,但临床实践中存在显著的个体差异。并非所有发展为不良结局的孕妇都会出现所有指标的显著异常,反之,指标异常者也未必均会遭遇不良结局。这种异质性提示,除生化指标外,遗传背景、生活方式及其他潜在因素同样参与其中,未来需结合多维度数据构建更精准的个体化风险评估模型。

综上所述,子宫螺旋动脉血流参数、血清标志物血清激活素 A、Endocan 是 GDM 妊娠不良的危险因素,三者联合对 GDM 妊娠不良的预测效能较好。本研究所采用的子宫螺旋动脉血流参数检测和血清标志物测定均为临床常规技术,便于在各级医疗机构开展应用,三者联合检测的高敏感性和特异性为 GDM 孕妇的妊娠风险预测提供了可靠工具,具有较好的临床推广价值。然而,本研究存在一定局限性,包括单中心设计的样本选择偏倚、未动态监测指标变化趋势,以及缺乏对干预后疗效的追踪评估。未来研究应开展多中心大样本验证,建立标准化检测流程和临界值;同时可结合组学技术深入阐明胎盘血管功能障碍的分子机制,为精准预测和个体化治疗提供新靶点。

#### 参 考 文 献 :

- [1] 袁仙仙,张黎锐,陈腾达,等. 双胎妊娠孕早期甘油三酯-葡萄糖指数与妊娠期糖尿病的关系[J]. 中华围产医学杂志, 2025, 28(1): 43-50.
- [2] 彭柱青,阎小蓉,向舒. 脂肪因子 ISM1、WISP1 与妊娠期糖尿病患者血糖控制和妊娠结局的关系[J]. 生殖医学杂志, 2025, 34(3): 321-327.
- [3] TIEN NGUYEN S, BUI MINH T, TRUNG DINH H, et al. Relationship between maternal serum cortisol and maternal insulin resistance and fetal ultrasound characteristics in gestational diabetes mellitus[J]. Diabetes Metab Syndr Obes, 2023, 16: 365-372.
- [4] 陈玲,陈文玮,陈黎,等. 妊娠期糖尿病经产妇女口服葡萄糖耐量试验时间-血糖曲线的曲线下面积与妊娠结局的相关性[J]. 实用

- 临床医药杂志, 2021, 25(19): 98-100.
- [5] 刘桂香, 徐丽娥, 范雪梅, 等. 孕 11 ~ 13<sup>+</sup>6 周子宫螺旋动脉血流动力学参数预测妊娠期糖尿病的价值[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2019, 16(10): 774-777.
- [6] 权永娟, 邓海娟, 李芬. 妊娠期糖尿病患者血清赛宁-25、激活素 A 表达水平与妊娠结局的关系[J]. 实用临床医药杂志, 2025, 29(4): 55-59.
- [7] 蒋惠玲, 许颖, 司向华, 等. 妊娠期糖尿病患者血清 Endocan、ISM1 水平及其与不良妊娠结局的关系[J]. 疑难病杂志, 2024, 23(12): 1484-1488.
- [8] 中国研究型医院学会糖尿病学专业委员会. 中国妊娠期糖尿病母婴共同管理指南(2024 版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2024, 16(12): 1324-1345.
- [9] 卜冬莲, 张淑红, 董帅. 妊娠期糖尿病患者血清及胎盘组织 ER $\alpha$  表达及检测意义[J]. 陕西医学杂志, 2025, 54(2): 201-204.
- [10] 李文婷, 崔张霞, 李梅, 等. 血清 ABCA1、FABP4 水平与妊娠期糖尿病患者胰岛素抵抗及妊娠结局的关系[J]. 国际检验医学杂志, 2025, 46(10): 1158-1162.
- [11] ZHU T, TANG L, QIN M, et al. Prediction of gestational diabetes mellitus (GDM) risk in early pregnancy based on clinical data and ultrasound information: a nomogram[J]. BMC Med Inform Decis Mak, 2025, 25(1): 138.
- [12] 顾耀耀, 虞晓迪. 妊娠期糖尿病胎儿超声参数 Z-评分及脐动脉血流动力学指标对妊娠结局的预测价值[J]. 蚌埠医学院学报, 2024, 49(12): 1642-1646.
- [13] CHEN L Y, FORSYTH N R, WU P. Chorionic and amniotic placental membrane-derived stem cells, from gestational diabetic women, have distinct insulin secreting cell differentiation capacities[J]. J Tissue Eng Regen Med, 2020, 14(2): 243-256.
- [14] 张红, 姜凌. 血清内皮细胞特异性分子 1 及视黄醇结合蛋白 4 水平对妊娠期糖尿病患者妊娠结局的预测价值[J]. 中华医学杂志, 2025, 105(17): 1369-1373.
- [15] YIN B B, DING L J, CHEN Z P, et al. Combining HbA1c and insulin resistance to assess the risk of gestational diabetes mellitus: a prospective cohort study[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2023, 199: 110673.
- [16] 王同娜, 董智力, 渠爱华, 等. 血清 CTRP3、趋化素及内脂素水平与妊娠期糖尿病患者糖脂代谢相关性及对不良妊娠结局的预测价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2025, 24(6): 613-617.
- [17] JIANG Y, ZHANG L N, GU Z F. LDL-C/HDL-C ratio as a predictor of atherosclerosis in the Japanese population: insights from a cross-sectional study[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2025, 25(1): 333.
- [18] HAN J, TAN X M, WEI Y C, et al. Gestational diabetes mellitus rats induce anxiety-depression-like behavior in offspring: association with neuroinflammation and NF- $\kappa$ B pathway[J]. Mol Neurobiol, 2025, 62(9): 12047-12059.
- [19] GANA N, CHATZAKIS C, SARNO M, et al. Evidence that systemic vascular resistance is increased before the development of gestational diabetes mellitus[J]. Am J Obstet Gynecol, 2025, 232(4): 398.e1-398.e9.
- [20] PETKOVA-PARLAPANSKA K, KOSTADINOVA-SLAVOVA D, ANGELOVA M, et al. Oxidative stress and antioxidant status in pregnant women with gestational diabetes mellitus and late-onset complication of pre-eclampsia[J]. Int J Mol Sci, 2025, 26(8): 3605.
- [21] BORONAT-BELDA T, FERRERO H, SORIANO S, et al. Increased TGF  $\beta$  /Activin-Smad2 signaling is associated with pancreatic  $\beta$  -cell dysfunction and glucose intolerance in gestational diabetes mellitus[J/OL]. bioRxiv. (2025-02-20) [2025-06-15]. <https://doi.org/10.1101/2025.02.16.638404>.
- [22] BAKRANIA B A, PALEI A C, BHATTARAI U, et al. Sustained elevated circulating activin a impairs global longitudinal strain in pregnant rats: a potential mechanism for preeclampsia-related cardiac dysfunction[J]. Cells, 2022, 11(4): 742.
- [23] 张星星, 陶喜敬, 刘彩红, 等. 妊娠期高血压疾病患者血清 TMAO、Endocan 与心功能和妊娠结局的关系[J]. 国际检验医学杂志, 2025, 46(1): 75-80.
- [24] 彭贵鑫, 王文丽. 血清 Endocan、NT-proBNP 联合检测对妊娠合并肺动脉高压的诊断意义[J]. 国际检验医学杂志, 2025, 46(6): 748-751.
- [25] HOLTHAUS E, O'NEILL M, JESKE W, et al. Endocan: a biomarker for endothelial dysfunction and inflammation, linking maternal obesity and pediatric obesity in a cohort of preterm neonates[J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2024, 297: 132-137.

(张蕾 编辑)

**本文引用格式:** 何云, 许旭, 王耸. 妊娠糖尿病孕子宫螺旋动脉血流参数、血清激活素 A 及内皮细胞特异性分子 1 对妊娠结局的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2026, 36(1): 84-90.

**Cite this article as:** HE Y, XU X, WANG S. Impact of uterine spiral artery blood flow parameters, serum activin A, and endothelial cell-specific molecule 1 on pregnancy outcomes in women with gestational diabetes mellitus[J]. China Journal of Modern Medicine, 2026, 36(1): 84-90.