

妊娠期血脂、甲状腺及凝血功能与妊娠期糖尿病发生风险的相关性分析

徐小哲, 林曼霞, 刘帅, 旦慧文*

中国人民解放军海军第九七一医院妇产科, 山东 青岛

收稿日期: 2025年11月12日; 录用日期: 2025年12月6日; 发布日期: 2025年12月16日

摘要

目的: 通过系统比较GDM组和非GDM组孕妇妊娠期的血脂、凝血功能、甲状腺功能相关指标, 鉴定GDM高危因素并建立预测模型, 以期更早识别GDM孕妇。方法: 回顾分析2022年1月至2023年12月在海军第九七一医院进行产前检查的797例孕妇, 其中GDM组174例(21.8%), 非GDM组623例(78.2%), 比较两组孕妇血脂、凝血功能以及甲状腺功能相关指标的差异, 并基于危险因素构建预测模型。结果: GDM组的总胆固醇、甘油三酯、脂蛋白(a)、载脂蛋白B、乳酸脱氢酶、D-二聚体、凝血酶原时间、三碘甲状腺原氨酸、促甲状腺素、BMI均显著高于非GDM组, 而凝血酶时间、抗甲状腺球蛋白抗体、甲状腺过氧化物酶抗体显著低于非GDM组, 差异均有统计学意义(P 均 <0.05)。二元Logistic回归分析结果显示: 甘油三酯、载脂蛋白B、D-二聚体、三碘甲状腺原氨酸、促甲状腺素的升高为GDM发生的独立危险因素($OR > 1, P < 0.05$)。受试者工作曲线(ROC)分析证实: 甘油三酯预测AUC为0.791 (95% CI 0.756~0.826), 载脂蛋白B预测AUC为0.589 (95% CI 0.539~0.64), D-二聚体预测AUC为0.536 (95% CI 0.485~0.587), 三碘甲状腺原氨酸预测AUC为0.547 (95% CI 0.498~0.597), 促甲状腺素预测AUC为0.468 (95% CI 0.421~0.515)。联合ROC分析结果显示AUC为0.825 (95% CI 0.792~0.858), 其敏感度可达87.9%。结论: 血脂代谢中甘油三酯、载脂蛋白B, 甲状腺功能中三碘甲状腺原氨酸、促甲状腺素, 以及凝血功能中D-二聚体共5项指标均为GDM发生的独立危险因素, 联合预测模型AUC可达到0.825, 其准确性和敏感度明显高于单因素模型。

关键词

妊娠期糖尿病, 血脂, 甲状腺功能, 凝血功能

Association of Gestational Blood Lipids, Thyroid Function and Coagulation Function with the Risk of Gestational Diabetes Mellitus

*通讯作者。

文章引用: 徐小哲, 林曼霞, 刘帅, 旦慧文. 妊娠期血脂、甲状腺及凝血功能与妊娠期糖尿病发生风险的相关性分析[J]. 临床医学进展, 2025, 15(12): 2063-2071. DOI: 10.12677/acm.2025.15123627

Xiaozhe Xu, Manxia Lin, Shuai Liu, Huiwen Dan*

Department of Obstetrics and Gynecology, 971 Navy Hospital, Qingdao Shandong

Received: November 12, 2025; accepted: December 6, 2025; published: December 16, 2025

Abstract

Objective: By systematically comparing the indicators of blood lipids, coagulation and thyroid function-related indices of pregnant women in the GDM group and the non-GDM group during pregnancy, we aim to identify the risk factors of GDM and establish a prediction model, to detect pregnant women with GDM earlier. **Methods:** We retrospectively collected clinical data of 797 pregnant women who received regular antenatal care at 971 Navy Hospital from January 2022 to December 2023, including 174 (21.8%) in the GDM group and 623 (78.2%) in the non-GDM group. The differences in blood lipids, coagulation function and thyroid function-related indices between the two groups were compared. The prediction model was constructed based on the identified risk factors. **Results:** Total cholesterol, triglyceride, lipoprotein(a), apolipoprotein B, lactate dehydrogenase, D-dimer, prothrombin time, triiodothyronine, thyrotropin and BMI in the GDM group were significantly higher than those in the non-GDM group, while thrombin time, anti-thyroglobulin antibody and thyroid peroxidase antibody were significantly lower than those in the non-GDM group. The differences were statistically significant ($P < 0.05$). Logistic regression analysis showed that the increase of triglyceride, apolipoprotein B, D-dimer, triiodothyronine and thyrotropin were independent risk factors for GDM ($OR > 1$, $P < 0.05$). Receiver Operating Curve (ROC) analysis revealed that the predictive AUC of triglyceride was 0.791 (95%CI 0.756~0.826), apolipoprotein B was 0.589 (95%CI 0.539~0.64), D-dimer was 0.536 (95%CI 0.485~0.587), triiodothyronine was 0.547 (95%CI 0.498~0.597), and thyrotropin was 0.468 (95%CI 0.421~0.515). Combined ROC analysis showed that the predictive AUC was 0.825 (95%CI 0.792~0.858) and the sensitivity was 87.9%. **Conclusions:** The five indices including triglyceride and apolipoprotein B in lipid metabolism, triiodothyronine and thyrotropin in thyroid function, and D-dimer in coagulation function were all independent risk factors for the occurrence of GDM. The AUC of the combined prediction model could reach 0.825, and the sensitivity and specificity of which were significantly higher than those of the single-factor model.

Keywords

Gestational Diabetes Mellitus, Blood Lipids, Thyroid Function, Coagulation Function

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

妊娠期糖尿病(Gestational diabetes mellitus, GDM)是指妊娠期间发生的以糖代谢异常为主要特征的代谢紊乱,是妊娠期最常见的并发症之一[1]。在年轻女性群体中,未被诊断的血糖升高甚至是糖尿病的发病率也在逐步增加。根据国际糖尿病联盟(International Diabetes Federation, IDF)数据显示,2021 年全球 GDM 的发病率高达 16.7% [2],并且随着晚婚晚育人数的增多、日常饮食习惯的改变以及日常活动的减少,预计 GDM 的患病率还将持续上涨。GDM 严重影响孕妇及胎儿健康,可导致孕期感染、先兆子痫、

羊水过多、巨大儿、胎儿窘迫、新生儿低血糖、新生儿窒息等不良妊娠结局的发生风险显著升高[3],并可能导致子代出现糖脂代谢异常、2型糖尿病、肥胖的概率明显上升[4][5]。因此,鉴定GDM的危险因素从而早期识别GDM高危人群,实现对其的早诊早治将有效改善母婴健康。GDM病因复杂,包括遗传、环境因素及代谢免疫紊乱等[6]。既往研究发现糖尿病家族史、孕期体重、多囊卵巢综合征等均为GDM的高危因素,有研究报道孕期甘油三酯、血红蛋白等与GDM密切相关,但目前仍缺乏可靠的GDM危险分层系统[7][8]。本研究通过系统比较孕中期GDM组和非GDM组孕妇的血脂、凝血功能、甲状腺功能相关指标,探索其对GDM的预测价值,以期更早识别GDM孕妇。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

本研究收集2022年1月至2023年12月在海军第九七一医院进行产前检查的797例孕妇进行回顾性分析。按是否患GDM分为GDM组和非GDM组,其中GDM组174例(21.8%),非GDM组623例(78.2%)。比较两组孕妇临床资料、孕中期(16~24周)血脂相关指标(总胆固醇、甘油三酯、脂蛋白(a)、载脂蛋白A1、载脂蛋白B、低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、乳酸脱氢酶),凝血相关指标(D-二聚体、部分凝血活酶时间、凝血酶原时间、凝血酶时间、国际标准化比值、纤维蛋白原),以及甲状腺功能相关指标(抗甲状腺球蛋白抗体、游离三碘甲状腺原氨酸、游离甲状腺素、三碘甲状腺原氨酸、甲状腺素、甲状腺过氧化物酶抗体、促甲状腺素)的差异。纳入标准:(1)孕妇年龄18~35岁。(2)单胎妊娠;(3)临床资料完整。排除标准:(1)妊娠前患有甲状腺功能异常、皮质醇增多症、原发性高血压及内分泌肿瘤等影响孕期血糖的疾病;(2)孕前3个月使用过抗凝药物、影响糖脂代谢、甲状腺功能的相关药物、免疫抑制药物。本研究通过海军第九七一医院伦理委员会批准,所有研究对象均知情同意并自愿参与。

2.2. 研究方法

2.2.1. 临床指标测定

初次建卡时由产科门诊医师测量孕妇的基本资料(包括身高、体重、血压、宫高、腹围及胎心等),计算体重指数(body mass index, BMI)。BMI = 体重(kg)/身高(m)²。

2.2.2. 血脂、甲状腺、凝血相关指标检测

受试者于抽血前1日22时后禁食,次日8时抽取外周静脉血,采用全自动生化分析仪(美国Beckmann公司)和自动凝血分析仪(德国Siemens公司)检测生化和凝血相关指标(括号内为各指标正常范围):总胆固醇(3.1~5.9 mmol/L)、甘油三酯(0.57~1.71 mmol/L)、脂蛋白(a)(0~300 mg/L)、载脂蛋白B(0.75~1.5 g/L)、乳酸脱氢酶(120~250 U/L)、低密度脂蛋白胆固醇(0~3.4 mmol/L)、高密度脂蛋白胆固醇(0.9~2 mmol/L);凝血相关指标:D-二聚体(0~0.55 mg/L)、凝血酶原时间(11~14 sec)、凝血酶时间(14~21 sec)、部分凝血活酶时间(26~36 sec)、国际标准化比值(0.85~1.15 mmol/L)、纤维蛋白原(2~4 g/L);甲状腺相关指标:三碘甲状腺原氨酸(1.13~2.42 nmol/L)、促甲状腺素(0.34~5.6 mIU/L)、抗甲状腺球蛋白抗体(0~115 IU/L)、甲状腺过氧化物酶抗体(0~9 IU/mL)、游离三碘甲状腺原氨酸(3.8~6 pmol/L)、游离甲状腺素(7.86~14.41 pmol/L)、甲状腺素(78.38~157.4 nmol/L)。

2.2.3. 诊断标准

GDM的诊断标准:采用国际妊娠期糖尿病专家组(the international association of diabetes and pregnancy study groups, IADPSG)推荐的GDM诊断方法,即在妊娠24~28周进行GDM筛查,孕妇接受75 g口服葡萄糖耐量试验(oral glucose tolerance test, OGTT),若空腹血糖 ≥ 5.1 mmol/L或口服葡萄糖1 h后血糖 $\geq$

10.0 mmol/L 或口服葡萄糖 2 h 后血糖 ≥ 8.5 mmol/L, 满足至少 1 项即可诊断为 GDM [9]。

2.3. 统计学方法

采用 IBM SPSS 27 统计软件进行统计学处理。计量资料符合正态分布的数据以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 比较采用独立样本 t 检验; 计数资料以例数(n)和百分率(%)表示。将具有统计学意义的变量采用 Logistic 回归分析筛选高危因素并进一步构建预测模型, 绘制单因素和多因素联合的受试者工作曲线(Receiver Operating Characteristic, ROC), 并计算曲线下面积(area under the curve, AUC), 比较预测 GDM 的效能。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两组孕妇一般资料比较

共选取 797 名孕妇进行研究, 根据是否发生 GDM, 将研究对象分为 GDM 组和非 GDM 组, 其中 GDM 组 174 例(21.8%), 非 GDM 组 623 例(78.2%)。GDM 组与非 GDM 组的年龄、身高、体重比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$), 见表 1。

Table 1. Comparison of general data on pregnant women

表 1. 孕妇的一般资料比较

	GDM group (N = 174)	Non-GDM group (N = 623)	P	t
Age	29.247 $\pm$ 2.649	29.238 $\pm$ 2.847	0.318	0.040
Height	1.632 $\pm$ 0.049	1.644 $\pm$ 0.047	0.285	-2.906
Weight	69.474 $\pm$ 12.279	69.783 $\pm$ 10.810	0.118	-0.323

3.2. 两组孕妇临床生化指标比较

对 GDM 组与非 GDM 组的血脂、凝血、甲状腺功能等相关指标进行差异分析, 结果显示 GDM 组的总胆固醇、甘油三酯、脂蛋白(a)、载脂蛋白 B、乳酸脱氢酶、D-二聚体、凝血酶原时间、三碘甲状腺原氨酸、促甲状腺素、BMI 均显著高于非 GDM 组, 而凝血酶时间、抗甲状腺球蛋白抗体、甲状腺过氧化物酶抗体显著低于非 GDM 组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。而两组孕妇的载脂蛋白 A1、低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、部分凝血活酶时间、国际标准化比值、纤维蛋白原、游离三碘甲状腺原氨酸、游离甲状腺素、甲状腺素相比较, 差异均无统计学意义($P \geq 0.05$), 见表 2。综上所述, 本研究发现 GDM 组甘油三酯、总胆固醇、促甲状腺素、D-二聚体、凝血酶原时间水平明显升高, 而高密度脂蛋白、甲状腺过氧化物酶抗体明显降低, 与既往大多数研究结果相一致[10]-[14]。

Table 2. Comparison of experimental data

表 2. 实验数据比较

Factor	GDM group (N = 174)	Non-GDM group (N = 623)	P	t
Total Cholesterol	5.827 $\pm$ 1.346	5.826 $\pm$ 1.169	0.037	0.005
Triglyceride	3.362 $\pm$ 1.272	2.153 $\pm$ 0.849	<0.01	14.735
Lipoprotein (a)	308.989 $\pm$ 367.614	213.348 $\pm$ 258.448	<0.01	3.903
Apolipoprotein A1	2.272 $\pm$ 0.671	2.413 $\pm$ 0.597	0.365	-2.678
Apolipoprotein B	1.119 $\pm$ 0.385	0.986 $\pm$ 0.229	<0.01	5.724
LDL	3.199 $\pm$ 0.879	3.102 $\pm$ 0.888	0.727	1.289

续表

HDL	1.720 ± 0.345	1.819 ± 0.328	0.494	-3.461
Lactic Dehydrogenase	181.414 ± 43.198	175.973 ± 31.493	<0.01	1.846
D-Dimer	1.358 ± 1.295	1.088 ± 0.949	<0.01	3.049
PTT	29.832 ± 4.213	30.463 ± 3.915	0.345	-1.847
PT	11.828 ± 1.105	11.702 ± 0.807	0.004	1.669
Thrombin Time	15.281 ± 1.693	15.628 ± 1.112	<0.01	-3.205
INR	0.989 ± 0.063	0.992 ± 0.060	0.689	-0.561
Fibrinogen	3.891 ± 1.001	3.666 ± 0.864	0.065	2.927
TG-Ab	45.782 ± 130.047	69.281 ± 231.016	0.047	-1.286
Free Triiodothyronine	5.127 ± 0.848	5.090 ± 1.203	0.852	0.378
Free Thyroxine	10.091 ± 2.363	10.288 ± 3.452	0.602	-0.708
Triiodothyronine	1.944 ± 0.501	1.849 ± 0.414	0.018	2.539
Thyroxine	131.862 ± 24.343	131.011 ± 24.242	0.506	0.409
TPO-Ab	9.973 ± 51.518	30.502 ± 129.646	<0.01	-2.043
TSH	2.088 ± 3.301	1.925 ± 1.297	0.044	0.991
BMI (Kg/m ²)	26.062 ± 4.450	25.796 ± 3.762	0.041	0.792

3.3. 基于影响 GDM 发生的因素构建 Logistic 回归分析模型

为寻找 GDM 发生的独立危险因素, 以单因素分析具有统计学意义的指标(总胆固醇、甘油三酯、脂蛋白(a)、载脂蛋白 B、乳酸脱氢酶、D-二聚体测定、凝血酶原时间、三碘甲状腺原氨酸、促甲状腺素、BMI)作为自变量, 是否发生 GDM 作为因变量, 二元 Logistic 回归分析结果显示: 甘油三酯、载脂蛋白 B、D-二聚体、三碘甲状腺原氨酸、促甲状腺素的升高为 GDM 发生的独立危险因素(OR > 1, P < 0.05), 见表 3, 与魏小英等的报道一致[15]。

Table 3. Binary Logistic regression analysis
表 3. 二元 Logistic 回归分析

Factor	β	S.E	WALD	P	OR	95%CI
BMI	0.030	0.026	1.341	0.247	1.030	0.980~1.083
Total Cholesterol	-0.207	0.114	3.303	0.069	0.813	0.651~1.016
Triglyceride	1.263	0.122	107.761	<0.01	3.537	2.786~4.489
Lipoprotein (a)	0.001	0	1.858	0.173	1.001	1~1.001
Apolipoprotein B	1.938	0.512	14.352	<0.01	6.947	2.548~18.936
Lactic Dehydrogenase	-0.004	0.003	1.903	0.168	0.996	0.989~1.002
D-Dimer	0.249	0.1	6.178	0.013	1.283	1.054~1.561
PT	0.034	0.128	0.071	0.79	1.035	0.806~1.329
Thrombin Time	-0.07	0.09	0.598	0.439	0.933	0.782~1.113
TG-Ab	0	0.001	0.096	0.756	1	0.998~1.001
Triiodothyronine	0.542	0.239	5.133	0.023	1.719	1.076~2.746
TPO-Ab	-0.003	0.002	3.492	0.062	0.997	0.993~1
TSH	0.091	0.048	3.683	0.045	1.096	0.998~1.203

3.4. 孕期甘油三酯、载脂蛋白 B、D-二聚体、三碘甲状腺原氨酸、促甲状腺素对 GDM 发生风险的预测价值

分别对甘油三酯、载脂蛋白 B、D-二聚体、三碘甲状腺原氨酸、促甲状腺素进行单指标 ROC 分析，其预测 GDM 的 AUC 结果显示：甘油三酯预测 AUC 为 0.791 (95%CI 0.756~0.826)，载脂蛋白 B 预测 AUC 为 0.589 (95%CI 0.539~0.64)，D-二聚体预测 AUC 为 0.536 (95%CI 0.485~0.587)，三碘甲状腺原氨酸预测 AUC 为 0.547 (95%CI 0.498~0.597)，促甲状腺素预测 AUC 为 0.468 (95%CI 0.421~0.515)。进一步对以上危险因素进行联合 ROC 分析结果显示，多因素联合可有效预测 GDM 的发生(AUC = 0.825, 95%CI 0.792~0.858)，其敏感度可达 87.9%。见表 4 和图 1。

Table 4. Predicts the risk of GDM occurrence
表 4. 对 GDM 发生风险的预测价值

Factor	AUC	95%CI	P	Sensitivity	specificity	Cutoff value
Triglyceride	0.791	0.756~0.826	<0.01	75.90%	65%	0.409
Apolipoprotein B	0.589	0.539~0.640	<0.01	32.20%	83.80%	0.16
D-Dimer	0.536	0.485~0.587	0.146	18.40%	92.90%	0.113
Triiodothyronine	0.547	0.498~0.597	0.056	35.60%	76.10%	0.117
TSH	0.468	0.421~0.515	0.196	78.70%	24.60%	0.033
多因素	0.825	0.792~0.858	<0.01	87.90%	40.90%	0.47

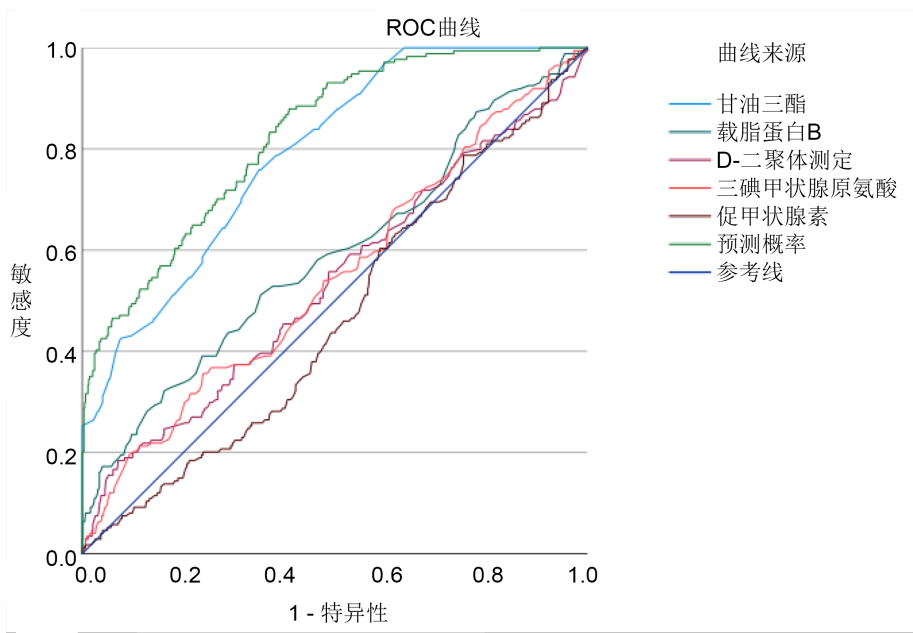


Figure 1. Comparison of ROC curves of different predictors during pregnancy
图 1. 孕期不同预测指标的 ROC 曲线的比较

4. 讨论

妊娠期糖尿病是当今社会孕产妇妊娠期间最常见的并发症之一[1]，严重影响母婴的健康，常导致不良妊娠结局。血脂异常、甲状腺功能障碍和凝血功能失衡共同构成了 GDM 发生的多维病理生理网络。通过多系统、多指标的整合管理策略，有望实现 GDM 的早期预防、精准诊断和有效干预，最终改善母儿

结局, 阻断代谢性疾病跨代传递的恶性循环。本研究纳入 797 例妊娠期妇女, 基于血脂代谢、凝血功能及甲状腺功能相关指标, 系统研究了 GDM 的危险因素并基于此构建了预测模型。

妊娠期糖代谢是一个长期且复杂的过程, 糖代谢异常通常伴随脂代谢水平异常, 两者可互为因果。孕期高血脂可能会对人体内葡萄糖代谢产生严重的影响, 孕妇的高血脂为 GDM 发生的高危因素[16]。本研究发现, 相比于非 GDM 组, GDM 组孕妇的总胆固醇、甘油三酯、脂蛋白(a)、载脂蛋白 B、乳酸脱氢酶均较高, 且在 Logistic 回归中依然显著, 其中甘油三酯单独预测 GDM 的 AUC 可达到 0.791。与本研究的结果一致, 既往多项研究表明, GDM 组孕妇的总胆固醇、甘油三酯水平明显升高, 甘油三酯可作为预测 GDM 发生的独立危险因素[11][17]-[20]。但不同于本研究, 有研究结果显示 GDM 组孕妇的脂蛋白(a)、载脂蛋白 B 与非 GDM 组相比, 无统计学差异[21], 但该研究仅纳入 80 例样本, 不排除样本量对显著性检测的影响。针对血脂代谢与糖代谢的相互作用及机制, 既往研究发现与非 GDM 组孕妇相比, GDM 组孕妇的胰岛素抵抗增加、胰岛素分泌不足以及氧化应激水平更加突出, 总胆固醇的降解能力减弱, 而游离脂肪酸相应增加[22]。另外, 高血脂状态也能够诱使机体内氧化应激加剧, 使胰岛 β 细胞功能受损, 进而降低胰岛素的敏感性, 导致胰岛素基因表达受到抑制、胰岛素分泌紊乱, 产生胰岛素抵抗作用, 最终促进 GDM 的发生[23]。

妊娠期甲状腺功能异常是常见的妊娠期内分泌疾病, 既往大量研究发现, 甲状腺功能与 GDM 的发生发展密切相关[24][25]。本研究发现, 相比于非 GDM 组, GDM 组孕妇的三碘甲状腺原氨酸和促甲状腺素均较高, 而抗甲状腺球蛋白抗体和甲状腺过氧化物酶抗体偏低, 其中三碘甲状腺原氨酸、促甲状腺素在 Logistic 回归中依然显著, 这与乔国昱、KONARH 等人的研究结果一致[12]-[14][22]。既往研究发现, 甲状腺激素有增加机体组织糖利用、加速糖原合成、提高糖代谢速率的作用, 甲状腺功能异常会诱发机体产生胰岛素抵抗, 从而增加 GDM 的发生机率[26]。而两者的共同出现可能源于自身免疫综合征的重叠, 也可能与胰岛素抵抗、血糖、血脂等的代谢紊乱有关[25]。既往研究发现甲状腺自身抗体包括本研究中的甲状腺过氧化物酶抗体的存在会使机体炎性因子水平升高, 诱发机体产生胰岛素抵抗, 从而增加 GDM 的发生率[27]。

既往研究发现, GDM 组孕妇的凝血功能相比于非 GDM 组孕妇, 更处于高凝状态[28]。本研究发现与非 GDM 组孕妇相比较, GDM 组孕妇的 D-二聚体、凝血酶原时间明显升高, 而凝血酶时间显著降低, 其中 D-二聚体在 Logistic 回归中依然显著。这提示 GDM 孕妇机体处于一个高凝状态, 因此出现血栓和血管病变的风险会明显增高。这可能由于 GDM 组孕妇体内血糖处于高水平状态, 从而会损伤血管内皮, 激活内在凝血系统, 导致大量组织因子释放, 诱导机体出现高凝状态[15]。

在妊娠期糖尿病(GDM)的发病机制中, 血脂异常、甲状腺功能障碍和凝血功能失衡并非孤立存在, 而是通过复杂的生理生化反应相互关联, 形成纵横交错的病理生理网络。这一相互作用网络远超过各因素独立效应的简单相加, 共同构成了 GDM 发生的多系统调控机制。慢性炎症和氧化应激是连接甲状腺功能异常、血脂紊乱和凝血功能失衡的三个关键环节的共同病理基础。在 GDM 患者中, 炎症因子(如 CRP、IL-6)不仅抑制甲状腺功能, 还促进脂质代谢紊乱和内皮功能障碍; 同时, 氧化应激产物既影响甲状腺细胞功能, 又促进脂质过氧化和内皮损伤, 进一步加剧高凝状态[29]。Dan Zhu 等的研究发现, 在胚胎植入过程中, 脂肪酸衍生的 oxylipins (特别是 PGE2)与促炎因子呈现相似的表达模式, 共同维持成功的蜕膜化所需的促炎环境[30]。这提示在妊娠早期, 适度的“生理性炎症”是必要的, 但当这种炎症反应过度时, 则可能促进 GDM 的发生。

综上所述, 本研究发现血脂代谢中甘油三酯、载脂蛋白 B, 甲状腺功能中三碘甲状腺原氨酸、促甲状腺素, 以及凝血功能中 D-二聚体共 5 项指标均为 GDM 发生的独立危险因素, 通过联合这些危险因素构建的综合预测模型 AUC 可达到 0.825, 模型预测的准确性和敏感度明显高于单因素模型。

目前临床中对妊娠期糖尿病的诊断依赖于 OGTT 检测,很多孕妇在进行 OGTT 试验服用糖水的过程中,会出现反胃、呕吐等现象,且 OGTT 需要多次抽血,操作繁琐,易受机体应激、依从性等多种因素影响。本研究构建的疾病预测模型具有较高的敏感度和特异性,有望早期发现 GDM,实现 GDM 早期干预,对母婴安全有着重要的临床意义。本研究仍存在一定的局限性,首先,本研究未纳入孕妇的生活、饮食习惯等方面的信息,而既往研究提示这些因素与 GDM 的发生密切相关。另外,本研究为单中心研究且样本收集时间跨度短,后期需进一步开展多中心、大样本、长时间、随机对照研究进一步验证。

参考文献

- [1] Boriboonhirunsarn, D. and Kasempipatchai, V. (2016) Incidence of Large for Gestational Age Infants When Gestational Diabetes Mellitus Is Diagnosed Early and Late in Pregnancy. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, **42**, 273-278. <https://doi.org/10.1111/jog.12914>
- [2] Wang, H., Li, N., Chivese, T., Werfalli, M., Sun, H., Yuen, L., et al. (2022) IDF Diabetes Atlas: Estimation of Global and Regional Gestational Diabetes Mellitus Prevalence for 2021 by International Association of Diabetes in Pregnancy Study Group's Criteria. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **183**, Article 109050. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109050>
- [3] HAPO Study Cooperative Research Group, Metzger, B.E., Lowe, L.P., et al. (2008) Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcomes. *The New England Journal of Medicine*, **358**, 1991-2002.
- [4] Abokaf, H., Shoham-Vardi, I., Sergienko, R., Landau, D. and Sheiner, E. (2018) In Utero Exposure to Gestational Diabetes Mellitus and Long Term Endocrine Morbidity of the Offspring. *Diabetes Research and Clinical Practice*, **144**, 231-235. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.09.003>
- [5] Sellers, E.A.C., Dean, H.J., Shafer, L.A., Martens, P.J., Phillips-Beck, W., Heaman, M., et al. (2016) Exposure to Gestational Diabetes Mellitus: Impact on the Development of Early-Onset Type 2 Diabetes in Canadian First Nations and Non-First Nations Offspring. *Diabetes Care*, **39**, 2240-2246. <https://doi.org/10.2337/dc16-1148>
- [6] Plows, J.F., Stanley, J.L., Baker, P.N., Reynolds, C.M. and Vickers, M.H. (2018) The Pathophysiology of Gestational Diabetes Mellitus. *International Journal of Molecular Sciences*, **19**, Article 3342. <https://doi.org/10.3390/ijms19113342>
- [7] Li, S., Wang, W., Zhou, L., Ma, L., An, Y., Xu, W., et al. (2015) Fibroblast Growth Factor 21 Expressions in White Blood Cells and Sera of Patients with Gestational Diabetes Mellitus during Gestation and Postpartum. *Endocrine*, **48**, 519-527. <https://doi.org/10.1007/s12020-014-0309-8>
- [8] Jia, X., Wang, S., Ma, N., Li, X., Guo, L., Liu, X., et al. (2015) Comparative Analysis of Vaspin in Pregnant Women with and without Gestational Diabetes Mellitus and Healthy Non-Pregnant Women. *Endocrine*, **48**, 533-540. <https://doi.org/10.1007/s12020-014-0318-7>
- [9] International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups Consensus Panel, Metzger, B.E., Gabbe, S.G., et al. (2010) International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups Recommendations on the Diagnosis and Classification of Hyperglycemia in Pregnancy. *Diabetes Care*, **33**, 676-682. <https://doi.org/10.2337/dc09-1848>
- [10] Li, G., Kong, L., Zhang, L., Fan, L., Su, Y., Rose, J.C., et al. (2015) Early Pregnancy Maternal Lipid Profiles and the Risk of Gestational Diabetes Mellitus Stratified for Body Mass Index. *Reproductive Sciences*, **22**, 712-717. <https://doi.org/10.1177/1933719114557896>
- [11] Liang, Z.X., Wu, Y., Zhu, X.Y., et al. (2016) Insulin Resistance and Lipid Profile during an Oral Glucose Tolerance Test in Women with and without Gestational Diabetes Mellitus. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, **36**, 337-339. <https://doi.org/10.3109/01443615.2015.1060197>
- [12] 乔国昱, 何亚萍, 周洁. 妊娠期糖尿病并发甲状腺功能减退孕妇凝血功能指标的变化研究[J]. 现代检验医学杂志, 2017, 32(3): 109-111.
- [13] Li, A., Hou, J., Fu, J., Wang, Y., Hu, Y., Zhuang, T., et al. (2023) Association between Serum Levels of TSH and Free T4 and Per- and Polyfluoroalkyl Compounds Concentrations in Pregnant Women. *Journal of Environmental Sciences*, **124**, 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.10.026>
- [14] Konar, H., Sarkar, M. and Roy, M. (2018) Association of Thyroid Dysfunction and Autoimmunity in Pregnant Women with Diabetes Mellitus. *The Journal of Obstetrics and Gynecology of India*, **68**, 283-288. <https://doi.org/10.1007/s13224-017-1033-0>
- [15] 魏小英, 杨琼. 妊娠期糖尿病患者凝血指标、D-二聚体检测及临床意义分析[J]. 中国妇幼健康研究, 2022, 33(2): 100-105.
- [16] 李骏, 胡峥, 徐莺. 妊娠期妇女甲状腺功能异常与其营养指标、血脂变化及 QT 间期的相关性[J]. 中国计划生育

学杂志, 2022, 30(10): 2374-2377.

- [17] Coussa, A., Hasan, H.A. and Barber, T.M. (2021) Early Predictors of Gestational Diabetes Mellitus in IVF-Conceived Pregnancies. *Endocrine Practice*, **27**, 579-585. <https://doi.org/10.1016/j.eprac.2020.10.020>
- [18] Barat, S., Batebi, Z., Bouzari, Z., et al. (2018) Triglyceride to HDL Cholesterol Ratio and Risk for Gestational Diabetes and Birth of a Large-for-Gestational-Age Newborn. *Caspian Journal of Internal Medicine*, **9**, 368-375.
- [19] Marseille-Tremblay, C., Ethier-Chiasson, M., Forest, J., Giguère, Y., Masse, A., Mounier, C., et al. (2008) Impact of Maternal Circulating Cholesterol and Gestational Diabetes Mellitus on Lipid Metabolism in Human Term Placenta. *Molecular Reproduction and Development*, **75**, 1054-1062. <https://doi.org/10.1002/mrd.20842>
- [20] Rizzo, M., Berneis, K., Altinova, A.E., Toruner, F.B., Akturk, M., Ayvaz, G., et al. (2008) Atherogenic Lipoprotein Phenotype and LDL Size and Subclasses in Women with Gestational Diabetes. *Diabetic Medicine*, **25**, 1406-1411. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2008.02613.x>
- [21] 陈群. 孕中期脂代谢水平及血脂 LDL/HDL、TG/HDL 比值与妊娠期糖尿病的关系研究[J]. 黑龙江医药, 2023, 36(5): 1181-1183.
- [22] Wang, D., Xu, S., Chen, H., Zhong, L. and Wang, Z. (2015) The Associations between Triglyceride to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratios and the Risks of Gestational Diabetes Mellitus and Large-for-Gestational-Age Infant. *Clinical Endocrinology*, **83**, 490-497. <https://doi.org/10.1111/cen.12742>
- [23] Hasain, Z., Mokhtar, N.M., Kamaruddin, N.A., Mohamed Ismail, N.A., Razalli, N.H., Gnanou, J.V., et al. (2020) Gut Microbiota and Gestational Diabetes Mellitus: A Review of Host-Gut Microbiota Interactions and Their Therapeutic Potential. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, **10**, Article 188. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00188>
- [24] 蔡婧. 甲状腺功能与代谢综合征及甲功相关基因多态性的关联性研究[D]: [博士学位论文]. 西安: 第四军医大学, 2017.
- [25] Jia, M., Wu, Y., Lin, B., Shi, Y., Zhang, Q., Lin, Y., et al. (2019) Meta-Analysis of the Association between Maternal Subclinical Hypothyroidism and Gestational Diabetes Mellitus. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, **144**, 239-247. <https://doi.org/10.1002/ijgo.12751>
- [26] 曾玮玮, 王彦钧, 王静, 等. 肠易激综合征患者神经内分泌轴功能和血糖变化及其与病情严重程度的相关性研究[J]. 重庆医学, 2022, 51(2): 214-218.
- [27] Turunen, S., Väärasmäki, M., Männistö, T., Hartikainen, A., Lahesmaa-Korpinen, A., Gissler, M., et al. (2019) Pregnancy and Perinatal Outcome among Hypothyroid Mothers: A Population-Based Cohort Study. *Thyroid*, **29**, 135-141. <https://doi.org/10.1089/thy.2018.0311>
- [28] Liu, Y., Sun, X., Tao, J., Song, B., Wu, W., Li, Y., et al. (2022) Gestational Diabetes Mellitus Is Associated with Antenatal Hypercoagulability and Hyperfibrinolysis: A Case Control Study of Chinese Women. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, **35**, 2995-2998. <https://doi.org/10.1080/14767058.2020.1818202>
- [29] Saucedo, R., Ortega-Camarillo, C., Ferreira-Hermosillo, A., Díaz-Velázquez, M.F., Meixueiro-Calderón, C. and Valencia-Ortega, J. (2023) Role of Oxidative Stress and Inflammation in Gestational Diabetes Mellitus. *Antioxidants*, **12**, Article 1812. <https://doi.org/10.3390/antiox12101812>
- [30] Zhu, D., Ma, D., Wu, M., Sun, J., He, T., Qin, Y., et al. (2025) Oxylipins from N-6 and N-3 Fatty Acids Modulate Uterine Decidualization. *Biology of Reproduction*, **2025**, ioaf256. <https://doi.org/10.1093/biolre/ioaf256>