

孕早期血红蛋白联合免疫炎症指标预测 妊娠期糖尿病的临床价值

闫诗茹, 姜 缘, 王 晗*

(哈尔滨医科大学附属第一医院产科, 黑龙江 哈尔滨 150000)

[摘要] 目的 分析孕早期血红蛋白(hemoglobin, Hb)水平、常见免疫炎症指标对妊娠期糖尿病(gestational diabetes mellitus, GDM)的预测价值。方法 回顾性收集哈尔滨医科大学附属第一医院2024年1—12月规律产检的孕妇368例。检测孕早期(8~13⁺6周)Hb及C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、降钙素原(procalcitonin, PCT)、中性粒细胞淋巴细胞比值(neutrophil-to-lymphocyte ratio, NLR)、血小板淋巴细胞比值(platelet-to-lymphocyte ratio, PLR)、单核细胞淋巴细胞比值(monocyte-to-lymphocyte ratio, MLR)。根据孕24~28周时口服葡萄糖耐量试验是否诊断为GDM,将孕妇分为GDM组56例(15.22%)和非GDM组312例(84.78%)。采用Logistic回归模型分析Hb及炎症指标与GDM的相关性,并采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线判断其对GDM的预测价值。结果 与非GDM组比较,GDM组Hb[(143.37±8.67) g/L vs. (137.69±7.72) g/L]、CRP[(2.33±0.91) mg/L vs. (2.12±0.63) mg/L]、NLR(3.69±0.84 vs. 3.42±0.76)、MLR(0.45±0.21 vs. 0.30±0.18)显著升高($P<0.05$)。校正了孕前体重指数(body mass index, BMI)、糖尿病家族史、首次产检空腹血糖后, Logistic回归模型发现Hb(OR=1.704, 95%CI: 1.157~2.509)、MLR(OR=2.164, 95%CI: 1.335~3.508)升高是GDM的独立危险因素。ROC曲线显示,Hb联合MLR预测GDM的AUC为0.880(95%CI: 0.829~0.931), 敏感度为78.57%, 特异度为86.56%, 预测效能优于单一Hb[AUC: 0.726(95%CI: 0.654~0.798)]、MLR[AUC: 0.765(95%CI: 0.697~0.833)]。结论 孕早期Hb和MLR升高是GDM的独立危险因素,二者联合应用对GDM具有较好的辅助预测价值。

[关键词] 糖尿病; 妊娠; 血红蛋白; 免疫 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2026.05.013

[中图分类号] R714.256 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2026)05-0585-07

The clinical value of first-trimester hemoglobin and immune-inflammatory markers in predicting gestational diabetes mellitus

YAN Shi-ru, JIANG Yuan, WANG Han*

(Department of Obstetrics, the First Affiliated Hospital of Harbin Medical University,
Heilongjiang Province, Harbin 150000, China)

[Abstract] **Objective** To analyze the predictive value of first-trimester hemoglobin (Hb) levels and common immune-inflammatory markers for gestational diabetes mellitus (GDM). **Methods** This was a retrospective study based on medical records, involving 368 pregnant women who had regular prenatal check-ups from January 2024 to December 2024. The main study indicators were hemoglobin (Hb), C-reactive protein (CRP), procalcitonin (PCT), neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), platelet-to-lymphocyte ratio (PLR), and monocyte-to-lymphocyte ratio (MLR) in the first trimester (8 to 13⁺6 weeks of gestation). According to the diagnosis of GDM based on the oral glucose tolerance test (OGTT) at 24—28 weeks of gestation, the pregnant women were divided into a GDM group ($n=56$, 15.22%) and a non-GDM group ($n=312$, 84.78%). Logistic regression models were used to analyze the correlation of Hb and inflammatory markers with GDM, and receiver operating characteristic (ROC) curves were

[收稿日期] 2026-03-10

[基金项目] 黑龙江省自然科学基金(H2020-138)

[作者简介] 闫诗茹(1993—), 女, 吉林双阳人, 哈尔滨医科大学附属第一医院主管护师, 医学学士, 从事产科相关疾病研究。

*通信作者。E-mail: 15636080323@163.com



used to determine their predictive value for GDM. **Results** Compared with the non-GDM group, the GDM group had significantly higher Hb [(143.37±8.67) g/L vs. (137.69±7.72) g/L], CRP [(2.33±0.91) mg/L vs. (2.12±0.63) mg/L], NLR (3.69±0.84 vs. 3.42±0.76), and MLR (0.45±0.21 vs. 0.30±0.18) ($P<0.05$). After adjusting for pre-pregnancy body mass index (BMI), family history of diabetes, and fasting blood glucose at the first prenatal check-up, logistic regression models revealed that Hb (OR=1.704, 95%CI: 1.157–2.509) and MLR (OR=2.164, 95%CI: 1.335–3.508) were independently associated with GDM. The ROC curve showed that the combination of Hb and MLR had an AUC of 0.880 (95%CI: 0.829–0.931) for predicting GDM, with a sensitivity of 78.57% and a specificity of 86.56%, which was superior to the predictive performance of Hb [AUC: 0.726 (95%CI: 0.654–0.798)] or MLR alone [AUC: 0.765 (95%CI: 0.697–0.833)]. **Conclusion** Elevated Hb and MLR in the first trimester are independent risk factors for GDM, and their combined application has a good auxiliary predictive value for GDM.

[Key words] diabetes, gestational; hemoglobin; immunity

妊娠期糖尿病 (gestational diabetes mellitus, GDM) 是妊娠期常见的合并症, 随着生活方式和饮食结构的转变, 在全球范围内其发病率呈增高趋势, 尤其在肥胖人群和高龄孕妇中发生风险更高^[1]。研究^[2-3]显示, 全球范围内该病发病率约为14%, 然而不同国家之间存在一定差异, 如北美为7.1%, 欧洲为7.8%, 中国为14.8%。GDM不仅增加妊娠期高血压、巨大儿、早产、新生儿呼吸窘迫等不良妊娠结局风险, 还显著提高母体未来发生2型糖尿病的风险^[4-5]。因此, 早期识别GDM高危人群并实施干预具有重要临床意义。目前, GDM的临床诊断主要依赖于孕24~28周的口服葡萄糖耐量试验。然而, 此时确诊往往已处于妊娠中晚期, 部分由高血糖引起的病理生理改变已不可逆, 可能已对胎儿造成不良影响, 错失早期干预时机^[6]。因此, 探索孕早期即可用于GDM风险预测的血清学标志物, 成为当前研究热点。血红蛋白 (hemoglobin, Hb) 是孕期检查的常见指标, 主要用于评估贫血状态。然而近年来研究发现, Hb异常增高通常提示铁超载, 并进一步引发氧化应激反应, 直接损伤胰腺 β 细胞, 导致胰岛素抵抗和代谢紊乱^[7-8]。既往研究^[9-10]显示高水平Hb与GDM发生风险增加相关, 然而也有研究者持相反观点, 认为低Hb与GDM相关, 这可能与研究人群、Hb阈值设定及混杂因素控制不同有关。与此同时, 炎症反应在GDM发生发展中的作用日益受到关注。妊娠本身是一种生理性炎症状态, 而过度的炎症反应可诱发氧化应激和胰岛素抵抗, 是GDM的重要病理基础^[11-12]。外周血C反应蛋白 (C-reactive protein, CRP)、降钙素原 (procalcitonin, PCT)、中性粒细胞淋巴细胞比值 (neutrophil-to-lymphocyte ratio, NLR)、血小板淋巴细胞比值 (platelet-to-lymphocyte ratio,

PLR)、单核细胞淋巴细胞比值 (monocyte-to-lymphocyte ratio, MLR) 等炎症标志物, 因其易于获取、重复性好, 已被用于多种代谢性疾病的预测研究^[13-15]。其中, MLR作为反映慢性低度炎症状态的新型指标, 近年来被发现在孕早期即与GDM发生显著相关^[16-18]。但相关研究仍较少, 尤其在国内人群中缺乏系统分析。值得注意的是, Hb升高所反映的铁过载与炎症反应之间存在密切联系: 铁过载可激活炎症信号通路, 而炎症因子亦可影响铁代谢。然而, 目前尚缺乏研究探讨Hb与免疫炎症指标联合应用于GDM预测的临床价值。本研究基于回顾性队列设计, 分析孕早期Hb及常见免疫炎症指标 (CRP、PCT、NLR、PLR、MLR) 对GDM的预测价值, 旨在为GDM的早期识别提供简便、经济的血清学标志物。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究回顾性收集哈尔滨医科大学附属第一医院2024年1—12月规律产检的孕妇368例。纳入标准如下: ①在本院建档并规律产检, 且首次产检 $<13^{+6}$ 周; ②自然受孕, 单胎妊娠; ③接受了口服葡萄糖耐量试验。排除标准: ①既往已诊断为糖尿病或GDM; ②既往接受降糖治疗; ③免疫功能异常或接受激素治疗者; ④合并急性慢性感染; ⑤合并导致贫血的疾病。

孕24~28周时所有孕妇均进行口服葡萄糖耐量试验 (需禁食8 h), 空腹血糖 (≥ 5.1 mmol/L)、1 h血糖 (≥ 10.0 mmol/L)、2 h血糖 (≥ 8.5 mmol/L), 任一项满足条件即可诊断为GDM^[6]。具体流程如下: ①试验前禁食8~12 h, 允许饮用白开水; ②次日清晨空腹采静脉血检测空腹血糖; ③随后口服75 g无水葡萄糖 (溶于300 mL温水中), 5 min内饮完; ④分别于服糖后

1 h、2 h再次采血检测血糖。根据口服葡萄糖耐量试验结果，368例孕妇分为GDM组56例(15.22%)和非GDM组312例(84.78%)。该样本量满足Logistic回归分析的事件数要求(每个自变量至少对应10个事件，本研究中多因素分析中自变量数为4个，GDM事件数56例)。

本研究方案已通过哈尔滨医科大学附属第一医院伦理委员会审核(批准文号:L2025-K97)。

1.2 研究方法 通过电子病历系统提取孕妇的临床资料，主要研究指标为孕早期(8~13⁺6周)Hb及CRP、PCT、NLR、PLR、MLR。其中NLR=中性粒细胞计数/淋巴细胞计数，PLR=血小板计数/淋巴细胞计数，MLR=单核细胞计数/淋巴细胞计数。Hb的测定采用氰化高铁血红蛋白法，仪器为XN-9000全自动血细胞分析仪；CRP的测定采用免疫比浊法，仪器为AU5800全自动生化分析仪；PCT的测定采用电化学发光法，仪器为Cobas e601免疫分析仪；中性粒细胞计数、淋巴细胞计数、单核细胞计数的测定采用流式细胞计数法，仪器为XN-9000血细胞分析仪；血小板计数的测定采用阻抗法，仪器为XN-9000血细胞分析仪。此外，提取基线资料包括年龄、孕前体重指数(body mass index, BMI)、产次、孕次、有无糖尿病家族史、首次产检时血压及孕早期空腹血糖，作为需要校正的因素。

1.3 数据采集与质控 所有数据由2名研究者独立从哈尔滨医科大学附属第一医院电子病历系统

中提取，并录入Excel数据库。提取完成后，交叉核对两份数据，不一致之处通过查阅原始病历进行校正。数据提取者对孕妇的GDM结局状态不知情(盲法)。对于缺失数据：关键变量(Hb、MLR、服葡萄糖耐量试验结果)缺失者直接排除；协变量缺失率<5%者，采用多重插补法(5次插补)处理；缺失率≥5%的变量不纳入多因素分析。

1.4 统计学方法 应用SPSS 26.0统计软件分析数据。正态分布的计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示，比较采用 t 检验；计数资料采用例数(%)表示，比较采用 χ^2 检验。采用两种Logistic回归模型分析Hb及炎症指标与GDM的相关性，并采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线判断其对GDM的预测价值。为避免模型过度拟合导致曲线下面积(area under the curve, AUC)高估，采用十折交叉验证对Hb联合MLR的预测模型进行内部验证，采用Bootstrap法对AUC进行校正。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 GDM组和非GDM组基线资料比较 与非GDM组比较，GDM组Hb、CRP、NLR、MLR显著升高($P < 0.05$)，初步提示其与GDM可能相关。2组孕前BMI、糖尿病家族史、首次产检空腹血糖差异也有统计学意义($P < 0.05$)，可能是混杂因素。见表1。

表1 2组基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data between the two groups

组别	例数	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	孕前BMI ($\bar{x} \pm s$)	孕次(例数, %)		产次(例数, %)		首次产检收缩压($\bar{x} \pm s$, mmHg)	首次产检舒张压($\bar{x} \pm s$, mmHg)
				1次	≥2次	0次	≥1次		
GDM组	56	30.26±3.49	22.71±2.89	22(39.29)	34(60.71)	27(48.21)	29(51.79)	117.89±9.12	72.33±6.94
非GDM组	312	29.53±3.17	21.83±2.96	140(44.87)	172(55.13)	146(46.79)	166(53.21)	115.73±8.62	70.81±6.67
t/χ^2 值		1.562	2.056	0.601		0.038		1.711	1.561
P 值		0.119	0.041	0.438		0.845		0.088	0.120
组别	例数	首次产检空腹血糖($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	Hb($\bar{x} \pm s$, g/L)	CRP($\bar{x} \pm s$, mg/L)	PCT($\bar{x} \pm s$, mg/L)	糖尿病家族史(例数, %)	NLR($\bar{x} \pm s$)	PLR($\bar{x} \pm s$)	MLR($\bar{x} \pm s$)
GDM组	56	5.11±0.43	143.37±8.67	2.33±0.91	0.12±0.10	19(33.93)	3.69±0.84	159.32±23.26	0.45±0.21
非GDM组	312	4.98±0.41	137.69±7.72	2.12±0.63	0.11±0.09	47(15.06)	3.42±0.76	164.28±19.73	0.30±0.18
t/χ^2 值		2.169	4.973	2.130	0.753	11.497	2.408	1.684	5.592
P 值		0.031	<0.001	0.034	0.452	<0.001	0.017	0.093	<0.001

1 mmHg=0.133 kPa

2.2 Hb及炎症指标对GDM的影响 采用2种Logistic回归模型进一步分析Hb及炎症指标与GDM的相关性，变量赋值说明见表2。其中模型1

为单因素分析结果，其未进行混杂因素校正，结果显示Hb、CRP、NLR、MLR均与GDM相关；模型2为多因素分析结果，单因素分析中差异有统

计学意义的4项指标 (Hb、CRP、NLR、MLR) 为自变量, 孕前BMI、糖尿病家族史、首次产检空腹血糖作为协变量, 采用逐步 Logistic 回归法分析 GDM 的影响因素, 结果显示校正了孕前 BMI、糖尿病家族史、首次产检空腹血糖后, 仅发现 Hb、MLR 与 GDM 独立相关, OR 值分别为 1.704 (95%CI: 1.157~2.509)、2.164 (95%CI: 1.335~3.508)。见表 3。

表 2 Logistic 回归分析变量赋值说明

Table 2 Explanation of variable assignments in Logistic regression analysis

变量	变量赋值说明
因变量	未发生 GDM=0, 发生 GDM=1
自变量	
Hb	连续变量
CRP	连续变量
PCT	连续变量
NLR	连续变量
PLR	连续变量
MLR	连续变量

2.3 Hb 联合 MLR 对 GDM 的预测价值 ROC 曲线显示, 单一 Hb 预测 GDM 的 AUC 为 0.726 (95%CI: 0.654~0.798), 敏感度为 48.21%, 特异度为 87.82%; 单一 MLR 预测 GDM 的 AUC 为 0.765 (95%CI: 0.697~0.833),

敏感度为 84.29%, 特异度为 57.14%。二者联合应用时 AUC 为 0.880 (95%CI: 0.829~0.931), 敏感度为 78.57%, 特异度为 86.56%。Delong 检验显示, 联合应用的 AUC 高于单一 Hb ($Z=3.310, P<0.001$)、MLR ($Z=2.637, P=0.008$), 而单一 Hb、MLR 的 AUC 差异无统计学意义 ($Z=0.800, P=0.424$), 见图 1 和表 3。经十折交叉验证, Hb 联合 MLR 模型的平均 AUC 为 0.851 (95%CI: 0.792~0.910), 低于原始训练集的 0.880, 提示存在一定程度的拟合高估。Bootstrap 校正后的 AUC 为 0.858 (95%CI: 0.805~0.911)。

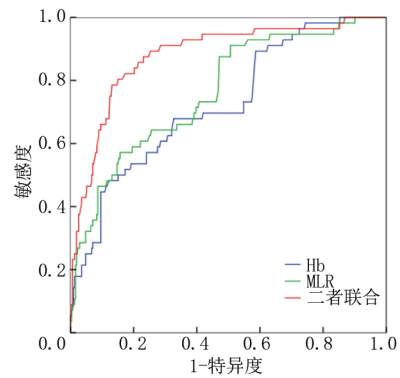


图 1 Hb、MLR 预测 GDM 的 ROC 曲线

Figure 1 ROC curves of Hb and MLR for predicting GDM

表 3 Hb 及炎症指标与 GDM 相关性的 Logistic 回归分析

Table 3 Logistic regression analysis of the correlation of Hb and inflammatory markers with GDM

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	95%CI
模型 1						
Hb	0.496	0.199	6.184	0.013	1.642	1.112~2.428
CRP	0.387	0.188	4.239	0.040	1.473	1.019~2.127
PCT	0.251	0.487	0.266	0.606	1.285	0.495~3.336
NLR	0.435	0.191	5.166	0.023	1.545	1.062~2.249
PLR	0.304	0.313	0.942	0.332	1.355	0.734~2.503
MLR	0.682	0.234	8.504	0.004	1.978	1.251~3.128
模型 2						
Hb	0.533	0.197	7.295	0.007	1.704	1.157~2.509
CRP	0.365	0.259	1.993	0.158	1.441	0.868~2.391
NLR	0.410	0.222	3.402	0.065	1.507	0.975~2.330
MLR	0.772	0.246	9.813	0.002	2.164	1.335~3.508

表 4 ROC 曲线详细数据

Table 4 Detailed data of ROC curve

指标	截断值	AUC	95%CI	敏感度(%)	特异度(%)
Hb	140 g/L	0.726	0.654~0.798	48.21	87.82
MLR	0.40	0.765	0.697~0.833	84.29	57.14
二者联合	—	0.880	0.829~0.931	78.57	86.56

3 讨 论

对于GDM,如未及时识别和干预,不仅母体感染2型糖尿病风险增加,而且随着病情进展可损伤胎儿神经发育,并导致多种不良事件,严重威胁了母婴健康,而早期诊断GDM有助于改善此种状况^[4-5]。近年来,随着肥胖发病率的增高以及高龄孕妇的增多,GDM在临床并不少见。一项纳入25篇研究涉及79 064例中国大陆孕妇的系统综述^[4]显示,GDM总发病率为14.8% (95%CI: 12.8~16.7),然而不同研究中该数据存有一定差异。侯蓉蓉等^[19]针对山西医科大学附属运城市中心医院的研究显示,GDM发生率为21.84%。韩倩倩等^[20]针对首都医科大学附属北京积水潭医院的回顾性分析显示,44.44%孕妇诊断为GDM。本研究结果表明,15.22%的孕妇在孕中期确诊为GDM,提示早期识别具有重要意义。

Hb可判断孕妇是否贫血的常用指标,近年来其与GDM的相关性引起了学界关注。一项纳入1 046例孕妇的回顾性研究^[9]表明,在调整了潜在的混杂因素后,孕早期和孕中期较高的Hb水平与GDM风险相关,该研究认为Hb可能成为孕早期筛查GDM风险的一个潜在新指标,尤其是对于血脂异常的女性具有重要应用价值。一项纵向研究^[21]纳入了290例孕早期(孕周<14周)孕妇并进行随访。二元回归分析显示,Hb水平是唯一与GDM相关的因素(OR=1.52, 95%CI: 1.07~2.16, $P=0.019$),Hb含量高于108 g/L的女性患GDM的风险更高(OR=2.52, 95%CI: 1.02~6.27, $P=0.044$)。纳入大宗文献的荟萃分析^[22]进一步显示,孕妇Hb水平过高GDM(OR=1.71, 95%CI: 1.19~2.46)显著相关,该研究强调了加强Hb管理在改善母婴结局中的重要性。然而,上述研究存在并非针对中国人群的局限性,而且不同研究中可引起GDM风险增高的Hb阈值并不一致,甚至认为Hb增高可降低GDM发生风险。例如,费萨拉巴德一项横断面研究^[23]显示,Hb水平降低被确定为导致GDM的促进因素。值得注意的是,最近国内开展的一项大样本前瞻性队列研究^[24]为Hb水平与GDM的相关性提供了高质量证据,结果表明孕早期Hb水平与GDM的危险呈线性关系(总趋势检验: $P=0.013$,非线性检验: $P=0.396$);相较于孕早期Hb ≤ 138.4 g/L者,Hb>138.4 g/L者GDM发病风险更高(OR=1.214, 95%CI: 1.021~1.445)。然而该研究未评

估孕早期Hb对GDM的预测效能。本研究结果显示,GDM组孕早期Hb已显著高于非GDM组,校正混杂因素后,Hb增高是GDM的独立危险因素,这与最新研究结果相符,推测不同研究之间结果不一致的原因可能与研究对象种族、来源(如社区或医院)不同相关。分析Hb预测GDM的机制:有研究^[25]发现,除了Hb升高外,GDM组糖化血红蛋白(glycated hemoglobin, HbA1c)也显著升高。HbA1c携氧能力较强,其升高导致氧气无法与Hb结合,从而导致组织缺氧和损伤。Hb的合成需要铁的参与,因此Hb水平与体内铁含量密切相关。高水平Hb的存在提示铁负荷增高,而铁过量则会诱导Fenton反应产生包括活性氧、丙二醛在内的氧化物质,导致胰腺 β 细胞发生凋亡和铁死亡,从而损伤胰腺功能,促进胰岛素抵抗和GDM的发生^[26-28]。

炎症反应是GDM发生的重要病理机制,既往研究^[29]显示GDM患者长期存在慢性炎症,且该状态可能在孕早期就有所体现。由于反映炎症水平的指标较多且作用机制不同,例如,C反应蛋白可反映局部炎症,而PCT主要反映全身感染,中性粒细胞参与固有免疫调控全身炎症,单核细胞主要介导慢性感染等^[30]。因此,本研究筛选了常见的炎症标志物,既包括传统PCT、CRP,也包括新型炎症标志物NLR、PLR、MLR。组间比较显示,GDM组CRP、NLR、MLR高于非GDM组,进一步校正混杂因素后发现仅MLR与GDM独立相关。本研究结果与既往研究^[31]相一致。一项病例对照研究^[27]纳入了105例GDM患者和205名健康孕妇,并在妊娠中期早期阶段检测了炎症性血液细胞指标。组间比较显示,2组PLR和NLR比较差异无统计学意义($P=0.54$ 和 $P=0.39$),GDM仅与MLR呈正相关($P=0.02$)。在调整了包括母亲年龄、产次和BMI等潜在的混杂风险因素后,多变量回归分析显示,MLR水平较高(临界值为0.312)与GDM风险独立相关(OR=2.15, 95%CI: 1.51~4.31, $P=0.03$)。另一项队列研究^[32]纳入了931例孕妇,并在妊娠7~13周测定血清炎症指标,结果显示GDM组MLR已显著升高。MLR升高可能通过以下机制参与GDM的发生^[33]:首先,活化的单核细胞浸润胰腺组织,释放炎症因子损伤胰腺 β 细胞功能;其次,MLR所代表的慢性炎症状态加重胰岛素抵抗,迫使 β 细胞代偿性分泌过多胰岛素,最终导致 β 细胞失代偿;此外,MLR升高可反映机体整体免疫

炎症状态，与铁代谢异常（如Hb升高）协同作用，共同促进GDM的发生发展。因此，孕早期MLR对GDM具有一定预测价值。

本研究发现，孕早期单一Hb、MLR预测GDM的AUC分别为0.726（95%CI: 0.654~0.798）、0.765（95%CI: 0.697~0.833），二者联合应用时AUC高达0.880（95%CI: 0.829~0.931），且敏感度和特异度分别为78.57%、86.56%，提示联合应用的价值更高。这可能与二者具有协同作用相关^[34-35]：Hb升高可通过铁死亡等途径损伤胰腺β细胞，其作用机制通常由炎症介导，导致MLR升高；而MLR升高导致的慢性炎症又会通过氧化应激反应进一步促进胰腺β细胞损伤，二者联合应用具有协同作用，最终诱发GDM。本研究不仅验证了Hb和MLR的独立作用，还首次在国内人群中探讨二者联合的预测效能，具有一定的创新性和临床转化价值。尤其对于基层医疗机构，Hb和MLR均来自血常规检测，成本低、易获取，具有良好的推广前景。

综上所述，孕早期Hb和MLR升高是GDM的独立危险因素，二者联合应用对GDM具有较好的辅助预测价值。本研究也存在一定局限性。本研究的主要局限性在于研究设计为回顾性而非前瞻性，存在固有偏倚：首先，孕早期Hb及炎症指标检测并非专门为GDM预测而设计，其检测时机、方法可能受临床指征影响，存在指征偏倚；其次，回顾性研究难以完全控制未测量的混杂因素（如饮食、运动、孕期体重增长等）；再次，数据质量依赖于病历记录的完整性和准确性，可能存在信息偏倚。最后，本研究样本量相对较小（尤其GDM组仅56例），可能存在选择偏倚，联合模型的AUC可能存在一定程度的拟合高估，结论的外推性需在独立前瞻性队列中验证。因此，本研究结论属于探索性发现，其因果推断能力有限。未来需设计前瞻性队列研究，在统一规范的时间点（如孕8~12周）系统采集Hb及炎症指标，并严格记录潜在混杂因素，以验证本研究结论。

[参考文献]

- [1] Rasmussen L, Poulsen CW, Kampmann U, et al. Diet and healthy lifestyle in the management of gestational diabetes mellitus[J]. *Nutrients*, 2020, 12(10):3050.
- [2] Wang H, Li N, Chivese T, et al. 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[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2022, 183:109050.
- [3] Gao C, Sun X, Lu L, et al. Prevalence of gestational diabetes mellitus in mainland China: A systematic review and meta-analysis[J]. *J Diabetes Investig*, 2019, 10(1):154-162.
- [4] Wang X, Sheng Y, Xiao J, et al. Combined detection of serum adiponectin and pregnancy-associated plasma protein a for early prediction of gestational diabetes mellitus [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2024, 103(42):e40091.
- [5] Chatzakis C, Cavoretto P, Sotiriadis A. Gestational diabetes mellitus pharmacological prevention and treatment [J]. *Curr Pharm Des*, 2021, 27(36):3833-3840.
- [6] 中华医学会妇产科学分会产科学组. 妊娠期糖尿病诊治指南(2022)[J]. *中华妇产科杂志*, 2022, 57(1):3-10.
- [7] 王丽, 张敏, 李华. 孕早期血红蛋白水平与妊娠期糖尿病的相关性研究[J]. *中国妇幼保健*, 2023, 38(4):721-724.
- [8] 赵敏, 刘洋. 铁代谢与妊娠期糖尿病研究进展[J]. *国际妇产科学杂志*, 2023, 50(2):123-127.
- [9] Yang X, Wang G, Jiang R, et al. Impact of hemoglobin level on the association between lipid metabolism and gestational diabetes mellitus: A retrospective study [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2025, 104(10):e41778.
- [10] Hayashi I, Sakane N, Suganuma A, et al. Association of a pro-inflammatory diet and gestational diabetes mellitus with maternal anemia and hemoglobin levels during pregnancy: A prospective observational case-control study [J]. *Nutr Res*, 2023, 115:38-46.
- [11] 李娜, 王艳. 妊娠期糖尿病与炎症反应的研究进展[J]. *中国糖尿病杂志*, 2023, 31(3):217-221.
- [12] Bendek MJ, Canedo-marroquín G, Realini O, et al. Periodontitis and gestational diabetes mellitus: A potential inflammatory vicious cycle[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(21):11831.
- [13] 陈晓, 刘慧. NLR、PLR、MLR在妊娠期糖尿病中的研究进展[J]. *中国妇幼保健*, 2024, 39(2):389-392.
- [14] 周洁, 王敏. 外周血炎症标志物与妊娠期糖尿病关系的研究[J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2023, 39(6):612-615.
- [15] Inthavong S, Jatavan P, Tongsong T. Predictive utility of biochemical markers for the diagnosis and prognosis of gestational diabetes mellitus[J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(21):11666.
- [16] 刘晓, 张静. MLR在妊娠期糖尿病早期预测中的价值[J]. *中国妇幼健康研究*, 2024, 35(1):56-60.
- [17] 王慧, 李娜. 孕早期MLR与GDM的相关性研究[J]. *中国糖尿病杂志*, 2024, 32(2):112-116.
- [18] Liu B, Cai J, Xu R, et al. Prevalence of gestational diabetes mellitus in China: A nationwide cohort study [J]. *JAMA Netw Open*, 2021, 4(8):e2121864.
- [19] 侯蓉蓉, 丁婷萍, 王启翰. 外周血系统免疫炎症指标水平与妊娠期糖尿病发生风险的相关性[J]. *实用临床医药杂志*, 2025, 29(13):116-120.
- [20] 韩倩倩, 董丹丹, 鲁怡. 孕早期Lpa、NLR、FGF21对妊娠期糖尿病的预测价值[J]. *中国计划生育和妇产科*, 2025, 17(8):50-53, 58, 113.

- [21] Rayis DA, Musa IR, Al-Shafei AI, et al. High haemoglobin levels in early pregnancy and gestational diabetes mellitus among Sudanese women[J]. *J Obstet Gynaecol*, 2021, 41(3): 385-389.
- [22] Young MF, Oaks BM, Tandon S, et al. Maternal hemoglobin concentrations across pregnancy and maternal and child health: A systematic review and meta-analysis[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2019, 1450(1):47-68.
- [23] Akash MSH, Noureen S, Rehman K, et al. Investigating the biochemical association of gestational diabetes mellitus with dyslipidemia and hemoglobin [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2023, 10:1242939.
- [24] 祁策,姜文,胡曦尹,等. 孕早期血红蛋白水平与妊娠期糖尿病关系的前瞻性队列研究[J]. *现代预防医学*, 2025, 52(11): 1992-1996, 2014.
- [25] 郑争争. 妊娠期糖尿病早期检测Hb、HbA1c、TBA的临床意义[J]. *中国实用医药*, 2020, 15(35):78-80.
- [26] James JV, Varghese J, Mckie AT, et al. Enhanced insulin signaling and its downstream effects in iron-overloaded primary hepatocytes from hepcidin knock-out mice [J]. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Res*, 2020, 1867(2):118621.
- [27] 张敏,刘洋. HbA1c与妊娠期糖尿病关系的研究[J]. *中国糖尿病杂志*, 2023, 31(5):356-360.
- [28] Liang C, Liu X, Sun Y, et al. Iron overload impairs pancreatic β -cell function by inhibiting the Nrf2/HO-1 pathway: Implications for gestational diabetes mellitus [J]. *Front Endocrinol*, 2023, 14: 1123456.
- [29] Hessami K, Tabrizi R, Homayoon N, et al. Gestational diabetes mellitus and inflammatory biomarkers of neutrophil-lymphocyte ratio and platelet-lymphocyte ratio: A systematic review and Meta-analysis [J]. *Biomarkers*, 2021, 26(6): 491-498.
- [30] Huang X, Zha B, Zhang M, et al. Decreased monocyte count is associated with gestational diabetes mellitus development, macrosomia, and inflammation[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2022, 107(1):192-204.
- [31] Baki Yıldırım S, Bezirganoglu Altuntas N, Bayoglu Tekin Y. Monocyte-to-lymphocyte ratio in the early second trimester is a predictor of gestational diabetes mellitus[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2024, 37(1):2371979.
- [32] Liu G, Geng J, Jin R, et al. The clinical significance of complete blood count, neutrophil-to-lymphocyte ratio, and monocyte-to-lymphocyte ratio in gestational diabetes mellitus [J]. *Acta Endocrinol (Buchar)*, 2023, 19(4):441-446.
- [33] Zhang L, Zhou H, Chen W, et al. Combined utility of first-trimester hemoglobin and monocyte-to-lymphocyte ratio for predicting gestational diabetes mellitus: A retrospective study [J]. *J Diabetes Invest*, 2022, 13(8):1420-1428.
- [34] Wang H, Shen Y, Huang Y, et al. Iron overload amplifies systemic inflammation through NF- κ B activation during pregnancy[J]. *Nutrients*, 2023, 15(12):2789.

(本文编辑:王聪)