

孕早期临床指标预测妊娠期糖尿病的研究进展

王秀鑫¹, 韦玉岚^{2*}

1. 右江民族医学院, 广西 百色 533000

2. 右江民族医学院附属西南医院, 广西 百色 533000

DOI:10.61369/MRP.2025110039

摘要： 随着妊娠期糖尿病（Gestational Diabetes Mellitus, GDM）发病率不断上升，GDM越来越受到广泛关注。GDM的全球高发病率、对母婴的近远期不良影响，尽早进行干预和治疗越来越受到重视。目前诊断GDM一般在孕中期24-28周行OGTT试验确诊，因此可能会错过早期干预和治疗。孕早期识别高危人群尽早进行干预和治疗可能会降低GDM发生率以及相关孕产妇和围产期并发症的发生，探索或开发新的孕早期模型预测妊娠期糖尿病是十分必要的。本综述旨在回顾目前关于利用孕早期各种临床指标预测GDM发生风险的最新研究进展。

关键词： 妊娠期糖尿病；孕早期；预测；风险因素；生物标志物

Research Progress on Predicting Gestational Diabetes Mellitus Using Early Pregnancy Clinical Indicators

Wang Xiuxin¹, Wei Yulan^{2*}

1. Youjiang Medical University for Nationalities, Baise, Guangxi 533000

2. Affiliated Southwest Hospital of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise, Guangxi 533000

Abstract： With the rising incidence of gestational diabetes mellitus (GDM), this condition has garnered increasing attention. Given its high global prevalence and adverse short- and long-term effects on both mothers and infants, early intervention and treatment have become increasingly important. Currently, GDM is typically diagnosed during the second trimester (24-28 weeks) via an oral glucose tolerance test (OGTT), potentially missing opportunities for early intervention and treatment. Identifying high-risk individuals during early pregnancy for timely intervention and treatment may reduce GDM incidence and associated maternal and perinatal complications. Exploring or developing new early pregnancy models to predict gestational diabetes is therefore essential. This review aims to summarize recent research advances on utilizing various clinical indicators during early pregnancy to predict GDM risk.

Keywords： gestational diabetes mellitus; early pregnancy; prediction; risk factors; biomarkers

引言

妊娠期糖尿病是妊娠期常见的代谢并发症，对母儿近远期健康构成严重威胁。临床上诊断多在孕24-28周进行，但病理生理变化可能在孕早期甚至孕前就开始启动。因此，寻求一种在孕早期能识别高危人群，并进行早期干预的方法，对于改善妊娠结局至关重要。近年来，除传统人口学特征外，大量研究致力于探索孕早期的多种临床指标，包括糖脂代谢参数、脂肪因子、炎症标志物乃至新兴的miRNAs等对妊娠期糖尿病的预测价值。同时，联合预测模型与机器学习技术的应用进一步提升了风险识别的精准度。本文旨在对利用孕早期临床指标预测妊娠期糖尿病的研究进展进行系统综述，以期对妊娠期糖尿病的早期防控提供新思路。

一、妊娠期糖尿病

（一）妊娠糖尿病 (gestational diabetes mellitus, GDM) 的定义及流行病学

GDM是临床上常见的妊娠期并发症，以孕妇血糖代谢异常为

主要临床特征，属于糖尿病中的一种特殊类型，在妊娠期首次出现葡萄糖耐量异常的妊娠期代谢性疾病，对孕妇及胎儿的健康都有潜在的危害^[1]。随着经济水平的提升、饮食生活的变化，GDM的发病率不断上升，GDM对孕妇本身及妊娠结局都会造成不同程度的影响，严重者可危及母婴生命安全^[2]。目前临床上将孕

作者简介：

王秀鑫（1998.02--），女，壮族，云南文山州人，研究生在读，右江民族医学院研究生院，妇产科专硕。

韦玉岚（1978.11--），女，壮族，广西凌云人，本科，主任医师，研究方向：高危妊娠孕期管理、围产期疾病诊治及其对子代影响。

24-28周时行75 g口服葡萄糖耐量试验(oral glucose tolerance test, OGTT)作为诊断糖代谢异常的金标准,但该方法存在一定局限,不能在孕早期预测。早期发现GDM高危人群能够及时进行干预,降低GDM发生率及相关孕产妇围产期并发症的发生^[3]。近年来,关于孕早期诊断妊娠期糖尿病研究备受关注。目的是寻求一种简便、高效且便于临床预测的方法,以成为孕早期识别GDM高风险孕妇,尽早实施干预,改善母婴结局。进一步建立孕早期GDM的预测模型,从而为GDM的早期干预和预防奠定基础^[4]。GDM的早期诊断和治疗可改善妊娠结局,这彰显了优化策略对其检测和治疗的重要性。

(二) GDM人口统计学与母体特征(Demographic and Maternal Characteristics)

高龄产妇、肥胖、GDM家族史或个人史、妊娠次数与产次、久坐不动的生活方式和不良饮食习惯等都是GDM的危险因素。其中高龄和肥胖是主要影响因素。一项关于孕产妇年龄和GDM风险meta分析表明,GDM风险与孕产妇年龄之间存在很强的正相关关系^[5]。肥胖是GDM发病的主要危险因素,这是因为脂肪细胞过度产生促炎细胞因子,促进胰岛素抵抗,导致慢性炎症。研究表明,2型糖尿病、肥胖和低度慢性炎症的发展之间存在密切关系,胰岛素抵抗导致血糖升高和高血糖,进一步导致肥胖和其他并发症的发生^[6]。另一项研究表明,母亲年龄较大和超重、肥胖与GDM风险显著相关^[7]。

二、孕早期预测GDM的临床指标

(一) 生化指标(Biochemical Indicators)

1. 糖代谢指标

孕早期空腹血糖(fasting blood glucose, FPG)虽未达诊断标准,但水平升高与GDM风险相关,Jiao J等人的研究证明,妊娠早期FBG与妊娠中期FBG呈显著正相关,因此,孕早期FBG和BMI可用于预测妊娠期糖尿病^[8]。血糖水平的控制对于管理患有GDM的孕妇至关重要。及早识别妊娠有血糖异常风险的人群,实现及时的干预,进而促进更有效的血糖控制,可以改善母体的代谢状况,并为胎儿发育创造有利的宫内条件。另一项调查显示,妊娠早期FPG与GDM密切相关,且与其他不良妊娠结局相关。GDM、巨大儿、初次剖宫产等的风险在妊娠早期FPG为4.19-4.63 mmol/L时就开始增加,随着妊娠早期FPG的增加,不良结局的风险也增加^[9]。妊娠早期FPG通常在第一次产前检查中只检测一次,其准确性可能较低。因此,需要大量的研究来评估孕妇妊娠早期FPG诊断GDM这一方法的可行性。另外,糖化血红蛋白(Hemoglobin A1c, HbA1c)是衡量糖尿病患者血糖水平的可靠指标。人们对HbA1c进行GDM相关探讨,HbA1c测试显示前两到三个月的平均葡萄糖浓度,此法操作简便,容易被孕妇接受。Immanuel J等人的研究发现,早孕HbA1c在预测超重/肥胖欧洲女性的GDM或不良结局方面的用途有限^[10]。同样另一研究证明了这一观点,妊娠早期HbA1c其敏感性或特异性不足,不能替代OGTT诊断GDM。但妊娠早期HbA1c较高的女性患GDM

的风险很高^[11]。

2. 脂代谢指标

在GDM中,母体血脂的增加可能会导致胎儿脂肪的积累,甘油三酯(Triglycerides, TG)或总胆固醇(High-Density Lipoprotein Cholesterol, TC)升高的血脂异常可能会增加早产的风险。一些研究将血脂确定为GDM的独立危险因素^[12, 13]。近年来甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇比率(TG/HDL-C ratio)备受关注,Souza等人的研究强调了较高的TG/HDL比率与较晚的GDM诊断相关,也表明随着妊娠的进展,胰岛素抵抗的作用越来越强^[14]。此外,也有观点认为较高水平的孕早期TyG-BMI指数是GDM有价值的预测指标^[15]。

(二) 脂肪因子

脂肪组织分泌的脂肪因子参与GDM的代谢改变。虽然GDM中脂肪因子的母体循环谱已被广泛研究,但是脂肪因子的母体水平仍有研究价值,以便更好地了解它们在GDM中的病理生理相关性^[16]。胰岛素分泌及其敏感性、代谢能量控制和炎症由脂肪因子控制。脂肪因子在调节人体葡萄糖和脂质代谢、胰岛素敏感性等过程中起着关键作用,并且可能成为新治疗策略的潜在靶点,瘦素具有抗炎和胰岛素增敏特性瘦素的过度表达会促进体重增加和肥胖,可能会迫使胰腺系统在血液中分泌更多的胰岛素,即高瘦素血症,GDM风险也随之增加。由于GDM发生的不良围产期结局以及母婴随后代谢和心血管疾病的风险增加,孕妇血清中的瘦素成为GDM的一种有前途的生物标志物^[17]。Xiao W等人的研究支持孕早期瘦素浓度可以作为潜在生物标志物之一,用于预测妊娠期糖尿病的发展,识别高风险女性的策略^[18]。脂联素是一种脂肪组织来源的脂肪因子,在胰岛素对血糖的致敏中起着非常重要的生理作用。研究表明^[19],怀孕期间足够水平的脂联素可以抵消胰岛素抵抗的影响,其随着胰岛素敏感性而相应降低,防止高血糖和GDM的发展。脂联素有望成为预测GDM发病的有效生物标志物之一。也有研究表明,脂联素与中国孕妇GDM呈负相关,而瘦素与GDM呈正相关。脂联素和瘦素在传统风险因素之外适度改善了妊娠糖尿病的预测性能^[20]。

(三) 炎症指标

GDM的特征是胰岛素抵抗(increased insulin resistance, IR)增加和葡萄糖耐受不良,并发展为低度炎症^[21]。因此,炎症反应在GDM和胰岛素抵抗的发展中起着重要作用。一些临床研究探讨了各种炎症指标与GDM之间的关联,一项前瞻性研究表明^[22],GDM中的葡萄糖代谢异常在孕早期就出现,炎症反应与葡萄糖代谢之间存在潜在联系,其研究妊娠期炎症血细胞参数与糖代谢之间的关系,提出了筛查孕早期GDM风险可行的工具。白细胞介素6(IL-6)和肿瘤坏死因子- α (TNF- α)对胰岛素抵抗和孕期发生的代谢改变被广泛研究。Varthaliti A等人的研究证明,IL-6和TNF- α 不仅可以作为诊断辅助手段,还可以作为早期治疗干预的潜在靶点。此外,一些新型的炎症标志物也受到研究者青睐,有研究发现^[23],全身炎症在GDM的发展中发挥着重要作用,且表明NLR是一个简单、容易且廉价的参数,可用于GDM高危孕妇的识别和早期诊断。另一项研究发现^[24],孕早期血

小板与淋巴细胞比值 (platelet-to-lymphocyte ratio, PLR) 和中性粒细胞与淋巴细胞比值 (neutrophil-to-lymphocyte ratio, NLR) 是 GDM 的不同危险因素, 对 GDM 的发展有预测价值。尽管有研究探讨了血液学参数与 GDM 之间的关联, 但这些研究并未集中在妊娠期间这些参数的动态变化, 需要进一步研究和验证。

三、其他激素及新兴标志物

(一) 其他激素

性激素结合球蛋白 (sex hormone-binding globulin, SHBG) 是一种易于评估的标志物, 学者们将其用于 GDM 的相关研究, 一项来自尼日利亚 GDM 人群研究表明^[25], SHBG 蛋白与胰岛素呈负相关, 女性中发现的 SHBG 的正常浓度在 18 至 144 nmol/L 范围内, 在妊娠期第 13 周或第 16 周 SHBG 水平低可能导致 GDM 的发生, 具有一定的预测 GDM 的潜力。另一项研究还表明^[26], SHBG 可能是 GDM 中参与胰岛素抵抗和葡萄糖转运的重要因素。孕前 SHBG 水平低与 GDM 风险增加有关, 可能有助于识别有 GDM 风险的女性, 能尽早实施早期预防策略, 降低 GDM 发生; 但仍需进一步进行大规模前瞻性研究来证实 SHBG 作为常规临床生物标志物的作用。

(二) 新兴标志物

1. 胎盘生长因子 (placental growth factor, PLGF) 和妊娠相关血浆蛋白-A (insulin-like growth factor-bound proteins, PAPP-A)

PLGF 主要由胎盘滋养层细胞合成, 在胎盘的生长和发育中发挥重要作用, EPLGF 可能参与了 GDM 的发生和发展^[27]。PAPP-A 也是一种由合胞滋养层细胞合成的糖蛋白, 属于金属蛋白酶的甲锌素超家族, 主要调节胰岛素样生长因子 (insulin-like growth factor, IGF) 的生物活性。因此它有诊断孕早期 GDM 的可能性, 但仅使用 PAPP-A 的诊断有效性不足以进行临床应用, 且与其他生物标志物相结合以增强 GDM 诊断性能的潜在价值值得进一步探索^[28, 29]。Lu Y 等人对妊娠早期筛查生物标志物与母体特征的研究中表明, 较低水平的 PAPP-A 和 PLGF 与 GDM 的发展显着相关, PAPP-A 被证明是比 PLGF 更有效地预测 GDM 的早期检测。也进一步证实, 将孕早期生物标志物与母体特征相结合可以作为预测 GDM 风险的工具^[30]。

2. miRNAs

miRNAs 作为一类短非编码 RNA, 研究将胎盘衍生的 miRNA 等新型胎盘衍生因子与怀孕联系起来, 探索了胎盘来源的 miRNA 的生物学功能及其作为生物标志物在 GDM 的相关性, 为预测 GDM 中的具体用途提供了证据^[31]。但仍需要大量的研究进一步验证 miRNA 潜在孕早期预测 GDM 的潜力。外泌体可以非常受关注, 因为它们的研究 GDM 的病理生理学和潜在的个性化治疗方面发挥着关键作用。

四、联合预测模型与机器学习应用 (Combined Prediction Models and Application of Machine Learning)

(一) 联合预测模型 (Combined Prediction Models)

对于 GDM 预测, 研究者们对孕早期生化指标、炎症指标、胎盘生长因子、妊娠相关蛋白及一些新兴的生物标志物 (包括性激素结合蛋白、microRNA 等) 均有报道能成为潜在预测因子。但在临床实践中的低可用性限制了其应用及新兴标志物尚未得到彻底研究, 尚未在临床上使用。这些生物标志物具有预测 GDM 的潜在价值, 但是大多数研究的样本量较小, 其重现性和可靠性需要进一步验证。有一些研究通过搜集临床数据, 基于临床资料 (如年龄、BMI、病史、种族等) 和实验室数据构建的预测模型, 用于妊娠早期 GDM 的预测。但是这种预测模型还没有被广泛接受的 GDM 早期预测模型。Wei Y 等人的研究表明^[32], 通过常规临床和实验室参数结合可以准确预测第一次产检检查发生 GDM 的风险。相较于单一指标, 其预测效能较好, 实现早期预警及早期干预具有重要意义, 但是, 仍需要进一步使用多中心前瞻性研究对模型进行外部验证。泰国的一项前瞻性研究^[33], 在综合模型中利用家族史和产科史、体力活动和 HbA1c 等 GDM 风险因素构建的视觉列线图, 有助于提高常规实践中 GDM 筛查, 早期发现 GDM 的概率。

(二) 机器学习应用 (Application of Machine Learning)

GDM 的早期筛查和诊断对于降低妊娠相关并发症的风险至关重要, 许多研究致力于制定能够在怀孕早期识别 GDM 风险的模型。尤其是在机器学习应用这一方面, 当前机器学习技术已成为 GDM 预测的强大工具。有人说, 基于机器学习的模型将改变临床诊断, 但在临床实践中实施之前, 必须经过验证。近年来, 研究者们已经开发了多种临床预测模型, 如基于医学变量、临床变量、生化变量、临床和生化、miRNA 变量等的 GDM 早期预测模型来识别 GDM 风险; 并且一些机器学习方法展示了强大的自学习能力, 通过研究整个孕早期收集的数据预测 GDM, 提高 GDM 预测准确性, 实施有效的个体化风险预测模型, 减少和预防 GDM 的发生及相关并发症的发生。一项韩国的 GDM 机器预测模型研究表明^[34], 使用机器学习模型分析母体因素和实验室数据的组合, 可能有效地预测个体的妊娠期糖尿病风险, 及时开始治疗并防止其对母婴健康的负面影响。尽管可能需要进一步的研究和前瞻性队列以及外部数据集进行进一步验证。有研究结果表明^[35], 这种基于机器学习的分层系统可以提供一种有效且实用的方法, 能尽早特征定制护理干预措施, 从而有可能改善患者的治疗效果和资源分配。机器学习技术预测和早期检测 GDM 是一个动态且不断发展的领域, 随着技术和医疗保健数据的发展, 未来的研究可以利用新兴的机会。

五、结论与展望 (Conclusion and Future Perspectives)

随着 GDM 发病率逐年攀升，母婴健康也受到严重威胁，孕早期识别 GDM 高危人群，及早预测和干预提供“时间窗口”，进一步降低 GDM 发生率以及相关孕产妇和围产期并发症的发生。基于 GDM 的母体特征，高龄、肥胖、GDM 家族史或个人史等是明确且易于获取的强预测因素，是任何预测模型的基础。糖代谢指标（如 FPG、HbA1c）与 GDM 直接相关，但在孕早期敏感性或特异性不足，单独使用预测价值有限。脂代谢指标、脂肪因子、炎症指标分别从不同病理生理角度（胰岛素抵抗、慢性炎症等）揭示了 GDM 的早期征兆，显示出巨大的预测潜力，特别是像性激素结合球蛋白、脂联素等特异性较高的指标。但检测成本、标准

化问题限制了临床普及。新兴标志物 miRNAs 作为高灵敏度、高特异性“分子指纹”的巨大前景，代表了精准医疗的方向。但目前大多数研究仍处于发现和验证阶段，距离临床转化尚有距离。此外，许多研究将传统人口学特征与新型生化指标相结合的预测模型，能显著提高预测效能，表明联合预测是一个必然趋势。当然，机器学习的应用能够高效整合多维度、非线性的复杂数据，构建更精准的个体化风险预测模型，是未来提高预测准确性的关键技术路径。未来的研究不应止步于预测。更应转向基于早期预测结果的干预性研究，构建“早期预测－风险分层－精准预防”的全链条管理策略，以降低 GDM 发生率以及改善母婴结局。

参考文献

- [1] 姚瑛, 金青青, 陈青华. 妊娠期糖尿病相关危险因素的关联规则研究 [J]. 中国卫生统计, 2023, 40(04):559-562.
- [2] 李金英, 马晓娟. 妊娠期糖尿病发生的危险因素分析及对妊娠结局的影响 [J]. 解放军医药杂志, 2020, 32(02):67-70.
- [3] Parsaei M, Dashtkoobi M, Noorafrooz M, et al. Prediction of gestational diabetes mellitus using early-pregnancy data: a secondary analysis from a prospective cohort study in Iran.[J]. BMC pregnancy and childbirth, 2024, 24(1):849.DOI:10.1186/s12884-024-07079-6.
- [4] Tenenbaum-Gavish K, Sharabi-Nov A, Binyamin D, et al. First trimester biomarkers for prediction of gestational diabetes mellitus[J]. Placenta, 2020, 101:80-89. DOI:https://doi.org/10.1016/j.placenta.2020.08.020.
- [5] Li Y, Ren X, He L, et al. Maternal age and the risk of gestational diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis of over 120 million participants.[J]. Diabetes research and clinical practice, 2020, 162:108044.DOI:10.1016/j.diabres.2020.108044.
- [6] Sharma A K, Singh S, Singh H, et al. Deep Insight of the Pathophysiology of Gestational Diabetes Mellitus.[J]. Cells, 2022, 11(17).DOI:10.3390/cells11172672.
- [7] Yong H Y, Mohd Shariff Z, Mohd Yusof B N, et al. Independent and combined effects of age, body mass index and gestational weight gain on the risk of gestational diabetes mellitus.[J]. Scientific reports, 2020, 10(1):8486.DOI:10.1038/s41598-020-65251-2.
- [8] Jiao J, Gao Y, Wang L, et al. Accuracy of Fasting Blood Glucose and Body Mass Index in Predicting Gestational Diabetes Mellitus in China.[J]. Endocrine, metabolic & immune disorders drug targets, 2024, 24(8):967-972.DOI:10.2174/0118715303247457231018080709.
- [9] Tong J, Wu L, Chen Y, et al. Fasting plasma glucose in the first trimester is related to gestational diabetes mellitus and adverse pregnancy outcomes.[J]. Endocrine, 2022, 75(1):70-81.DOI:10.1007/s12020-021-02831-w.
- [10] Immanuel J, Simmons D, Desoye G, et al. Performance of early pregnancy HbA(1c) for predicting gestational diabetes mellitus and adverse pregnancy outcomes in obese European women.[J]. Diabetes research and clinical practice, 2020, 168:108378.DOI:10.1016/j.diabres.2020.108378.
- [11] Valadan M, Bahramnezhad Z, Golshahi F, et al. The role of first-trimester HbA1c in the early detection of gestational diabetes.[J]. BMC pregnancy and childbirth, 2022, 22(1):71.DOI:10.1186/s12884-021-04330-2.
- [12] Akash M S H, Noureen S, Rehman K, et al. Investigating the biochemical association of gestational diabetes mellitus with dyslipidemia and hemoglobin.[J]. Frontiers in medicine, 2023, 10:1242939.DOI:10.3389/fmed.2023.1242939.
- [13] Zhang Y, Lan X, Cai C, et al. Associations between Maternal Lipid Profiles and Pregnancy Complications: A Prospective Population-Based Study.[J]. American journal of perinatology, 2021, 38(8):834-840.DOI:10.1055/s-0039-3402724.
- [14] Souza Santos G G, Souza F D, Montero M F, et al. Triglyceride/High-Density Lipoprotein Cholesterol (TG/HDL) Ratio May Predict Gestational Diabetes and Worse Cardiometabolic Profile.[J]. Cureus, 2025, 17(6):e85505.DOI:10.7759/cureus.85505.
- [15] Meng Z, Lin M, Song L, et al. The first-trimester triglyceride glucose-body mass index is a valuable predictor for adverse pregnancy outcomes.[J]. BMC pregnancy and childbirth, 2025, 25(1):142.DOI:10.1186/s12884-025-07258-z.
- [16] Valencia-Ortega J, González-Reynoso R, Ramos-Martínez E G, et al. New Insights into Adipokines in Gestational Diabetes Mellitus.[J]. International journal of molecular sciences, 2022, 23(11).DOI:10.3390/ijms23116279.
- [17] Roca-Rodríguez M D M, Ramos-García P, López-Tinoco C, et al. Significance of Serum-Plasma Leptin Profile during Pregnancy in Gestational Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis.[J]. Journal of clinical medicine, 2022, 11(9).DOI:10.3390/jcm11092433.
- [18] Xiao W, He J, Shen S, et al. Maternal circulating leptin profile during pregnancy and gestational diabetes mellitus.[J]. Diabetes research and clinical practice, 2020, 161:108041.DOI:10.1016/j.diabres.2020.108041.
- [19] Moyce Gruber B L, Dolinsky V W. The Role of Adiponectin during Pregnancy and Gestational Diabetes.[J]. Life (Basel, Switzerland), 2023, 13(2).DOI:10.3390/life13020301.
- [20] Ye Y, Wu P, Wang Y, et al. Adiponectin, leptin, and leptin/adiponectin ratio with risk of gestational diabetes mellitus: A prospective nested case-control study among Chinese women.[J]. Diabetes research and clinical practice, 2022, 191:110039.DOI:10.1016/j.diabres.2022.110039.

- [21]De Luccia T P B, Pendeloski K P T, Ono E, et al. Unveiling the pathophysiology of gestational diabetes: Studies on local and peripheral immune cells[J]. Scandinavian Journal of Immunology, 2020,91(4):e12860.DOI:https://doi.org/10.1111/sji.12860.
- [22]Duo Y, Song S, Qiao X, et al. The Association of Hematological Parameters in Early and Middle Pregnancy with the Risk of Gestational Diabetes Mellitus[J]. Diabetes, metabolic syndrome and obesity : targets and therapy, 2024, 17:633–646.DOI:10.2147/DMSO.S445927.
- [23]Sahin M, Oguç A, T ü z ü n D, et al. A new marker predicting gestational diabetes mellitus: First trimester neutrophil/lymphocyte ratio[J]. Medicine, 2022,101(36):e30514.DOI:10.1097/MD.00000000000030511.
- [24]Zhao X, Sun J, Yuan N, et al. A prospective cohort study on the association between neutrophil-to-lymphocyte and platelet-to-lymphocyte ratios and gestational diabetes mellitus in Chinese pregnant women[J]. Frontiers in endocrinology, 2025,16:1477092.DOI:10.3389/fendo.2025.1477092.
- [25]Basil B, Oghagbon E K, Mba I N, et al. First trimester sex hormone-binding globulin predicts gestational diabetes mellitus in a population of Nigerian women[J]. Journal of obstetrics and gynaecology : the journal of the Institute of Obstetrics and Gynaecology, 2022,42(7):2924–2930.DOI:10.1080/01443615.2022.2114321.
- [26]Szybiak-Skora W, Cyna W, Lacka K. New Insights in the Diagnostic Potential of Sex Hormone-Binding Globulin (SHBG)-Clinical Approach[J]. Biomedicines, 2025, 13(5). DOI:10.3390/biomedicines13051207.
- [27]Gul Kara S M, Alkan Bulbul G, Kirtis E, et al. Maternal and cord serum levels of sFlt-1 and PlGF in pregnancies complicated by gestational diabetes mellitus: a prospective cohort study[J]. The journal of maternal-fetal & neonatal medicine : the official journal of the European Association of Perinatal Medicine, the Federation of Asia and Oceania Perinatal Societies, the International Society of Perinatal Obstetricians, 2025,38(1):2491454.DOI:10.1080/14767058.2025.2491454.
- [28]Gao Y, Chen J, Mi J. Pregnancy-associated plasma protein A in maternal serum for predicting early gestational diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis[J]. PeerJ, 2025, 13:e19825.DOI:10.7717/peerj.19825.
- [29]Yanachkova V E, Staynova R, Bochev I, et al. Potential role of biochemical placentation markers – pregnancy associated plasma protein-A and human chorionic gonadotropin for early gestational diabetes screening – a pilot study[J]. Ginekologia polska, 2021.DOI:10.5603/GP.a2021.0129.
- [30]Lu Y, Chen C, Sun F, et al. Associations between first-trimester screening biomarkers and maternal characteristics with gestational diabetes mellitus in Chinese women[J]. Frontiers in endocrinology, 2024, 15:1383706.DOI:10.3389/fendo.2024.1383706.
- [31]Liu Z, Jiang Y, Liu X, et al. MiRNAs in Gestational Diabetes Mellitus: Potential Mechanisms and Clinical Applications[J]. Journal of diabetes research, 2021,2021:4632745. DOI:10.1155/2021/4632745.
- [32]Wei Y, He A, Tang C, et al. Risk prediction models of gestational diabetes mellitus before 16 gestational weeks[J]. BMC pregnancy and childbirth, 2022,22(1):889. DOI:10.1186/s12884-022-05219-4.
- [33]Lappharat S, Rothmanee P, Jandee K, et al. A model for predicting gestational diabetes mellitus in early pregnancy: a prospective study in Thailand[J]. Obstetrics & gynecology science, 2022,65(2):156–165.DOI:10.5468/ogs.21250.
- [34]Kang B S, Lee S U, Hong S, et al. Prediction of gestational diabetes mellitus in Asian women using machine learning algorithms[J]. Scientific reports, 2023,13(1):13356. DOI:10.1038/s41598-023-39680-8.
- [35]Kokori E, Olatunji G, Aderinto N, et al. The role of machine learning algorithms in detection of gestational diabetes: a narrative review of current evidence[J]. Clinical diabetes and endocrinology, 2024,10(1):18.DOI:10.1186/s40842-024-00176-7.