

· 论 著 ·

超声指标联合血清胎盘蛋白-13对迟发型胎儿宫内生长受限的预测价值研究

孔亚荣, 顾 晔, 刘益宁, 曹 硕

(河北省保定市第一中心医院超声二科, 河北 保定 071000)

[摘要] 目的 研究超声评估静脉导管血流参数(S波、D波、A波)联合胎盘蛋白-13检测对迟发型胎儿宫内生长受限(fetal intrauterine growth restriction, FGR)的预测价值。方法 选取2022年12月—2023年12月于我院妇产科分娩的130例孕晚期孕妇,其中迟发型FGR 42例(观察组),正常88例(对照组),迟发型FGR患者根据脐动脉、子宫动脉的血流特点分为I组、II组、III组、IV组。比较观察组、对照组静脉导管血流速度(S波、D波、A波)、血清胎盘蛋白-13水平,分析不同亚组迟发型FGR患者的各项指标差异,采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析静脉导管血流速度(S波、D波、A波)、血清胎盘蛋白-13对于迟发型FGR的预测价值。结果 观察组S波[(55.84±8.46) cm/s vs. (60.67±7.78) cm/s]、D波[(42.89±6.64) cm/s vs. (48.38±7.47) cm/s]、A波[(23.35±4.58) cm/s vs. (31.68±4.45) cm/s]以及血清胎盘蛋白-13[(0.98±0.15) cm/s vs. (1.15±0.18) cm/s]均低于对照组($P<0.05$)。不同亚型孕妇静脉导管血流速度(S波、D波、A波)、血清胎盘蛋白-13水平差异有统计学意义,其中随着分级的增加,S波、D波、A波以及血清胎盘蛋白-13水平呈增加趋势($P<0.05$)。Logistic回归分析显示,静脉导管血流速度(S波、D波、A波)、血清胎盘蛋白-13是导致孕晚期FGR的影响因素($P<0.05$)。ROC曲线分析显示,S波、D波、A波、血清胎盘蛋白-13预测FGR的AUC分别为0.766(95%CI:0.672~0.861)、0.765(95%CI:0.663~0.862)、0.751(95%CI:0.653~0.856)、0.816(95%CI:0.717~0.916),联合预测FGR的AUC为0.875(95%CI:0.793~0.952),各项指标联合预测FGR的AUC高于单独预测($P<0.05$)。结论 静脉导管血流速度(S波、D波、A波)与胎盘蛋白-13均与FGR的发生、发展关联密切,联合检测可提高FGR的预测效能。

[关键词] 胎儿生长迟缓;超声;胎盘蛋白-13 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2025.06.014

[中图分类号] R714.51 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2025)06-0710-06

Study on the predictive value of ultrasound indicators combined with serum placental protein-13 for late-onset intrauterine growth restriction of fetuses

KONG Ya-rong, GU Ye, LIU Yi-ning, CAO Shuo

(The Second Department of Ultrasound, the First Central Hospital of Baoding City, Hebei Province, Baoding 071000, China)

[Abstract] **Objective** To study the value of ultrasound evaluation of blood flow parameters (S wave, D wave, A wave) combined with placenta protein-13 detection in the prediction of late-onset intrauterine growth restriction (FGR). **Methods** A total of 130 pregnant women who gave birth in the Department of Obstetrics and Gynecology of our hospital from December 2022 to December 2023 were selected, including 42 patients with late-onset FGR (observation group) and 88 patients with normal FGR (control group). According to the blood flow characteristics of umbilical artery and uterine artery, the patients with late-onset FGR were divided into group I, group II, group III and group IV. The blood flow velocity (S wave, D wave, A wave) and serum

[收稿日期]2024-10-24

[基金项目]保定市科技计划项目(2441ZF220)

[作者简介]孔亚荣(1985-),女,河北保定人,河北省保定市第一中心医院主治医师,医学学士,从事彩色多普勒超声诊断研究。

placenta protein-13 levels of intravenous catheter were compared between the observation group and the control group, and the differences of various indexes in patients with late-onset FGR in different subgroups were analyzed. The predictive value of intravenous catheter blood flow velocity (S wave, D wave, A wave) and serum placenta protein-1 for late-onset FGR was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** The S wave [(55.84±8.46) cm/s vs. (60.67±7.78) cm/s], D wave [(42.89±6.64) cm/s vs. (48.38±7.47) cm/s], A wave [(23.35±4.58) cm/s vs. (31.68±4.45) cm/s] and serum placental protein-13 [(0.98±0.15) cm/s vs. (1.15±0.18) cm/s] in the observation group were lower than those in the control group ($P < 0.05$). There were significant differences in blood flow velocity (S wave, D wave, A wave) and serum placental protein-13 levels in different subtypes of pregnant women, and the levels of S wave, D wave, A wave and serum placental protein-13 showed an increasing trend with the increase of grade ($P < 0.05$). Logistic regression analysis showed that intravenous catheter blood flow velocity (S wave, D wave, A wave) and serum placenta protein-13 were the influential factors of FGR in late pregnancy ($P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the ROC curve (AUC) of S wave, D wave, A wave and serum placenta protein-13 for predicting FGR was 0.766 (95%CI: 0.672—0.861), 0.765 (95%CI: 0.663—0.862), 0.751 (95%CI: 0.653—0.856) and 0.816 (95%CI: 0.717—0.916), respectively, the AUC of combined prediction for FGR was 0.875 (95%CI: 0.793—0.952), and the AUC of combined prediction for FGR was higher than that of single prediction ($P < 0.05$). **Conclusion** The intravenous catheter blood flow velocity (S wave, D wave, A wave) and placenta protein-13 are closely related to the occurrence and development of FGR, and the combined detection can improve the prediction efficiency of FGR.

[Key words] fetal growth retardation; ultrasound; placenta-13

胎儿宫内生长受限(fetal intrauterine growth restriction, FGR)属于胎儿营养不良综合征,在临床产科中较为常见,临床发病率约为6.4%,容易导致围产儿不良结局,包括神经系统畸形、早产、死亡等^[1-2]。一般认为,FGR的发生与遗传、吸烟、母体等多种因素相关,不良胚胎环境导致胎儿生长潜能受阻,体重明显偏低^[3]。随着优生优育理念的深入,孕早、中期评估胎儿生长发育情况已成为常规检查项目,早期诊断FGR并积极开展治疗对于降低围产儿不良结局具有重要临床意义。近年来,医学影像技术的不断发展,彩色多普勒超声检查已成为孕产妇妊娠期间的必要检查项目,可直接评估胎儿血流方向,量化评估多血管血流状态^[4]。超声评估静脉导血流动力学变化可反映胎儿宫内状态,已成为检测胎儿在子宫内发育程度的早期、敏感指标。既往研究^[5]认为,胎盘异常发育初期,母体血清标志物水平可能明显改变,其中胎盘蛋白-13表达于胎盘组织,具有凝血功能,参与调控胎盘生长。研究^[6]认为,在妊娠过程中胎盘蛋白-13表达水平逐渐增加,且异常低表达与异常胎盘着床密切关联,可能参与调控FGR的发生、发展。本研究旨在探讨胎盘蛋白-13、静脉导管血流速度与FGR的关系以及对于

FGR的预测价值,从而为临床早期筛选高危产妇提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年12月—2023年12月于我院妇产科分娩的孕晚期孕妇130例,其中晚发型FGR 42例(观察组),正常88例(对照组)。2组一般资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,见表1。参考《妇产科学》^[7]评估FGR:胎儿出生体重 $< 2\ 500\text{ g}$,或低于同胎龄正常体重的第10百分位数,或低于同胎龄平均体重两个标准差。纳入标准:①均于我院建卡、分娩,定期产检;②末次月经明确;③产前超声检查显示胎盘发育正常;④单胎妊娠;⑤家属知情同意且签署知情同意书。排除标准:①合并遗传代谢性疾病、骨骼发育异常等先天性疾病;②畸形胎儿,染色体异常;③双胎或多胎;④心、肝、肾、肺等脏器功能严重不全。

本研究获得医院伦理委员会批准(批号:2022035)。

1.2 研究方法

1.2.1 分组 观察组孕妇根据脐动脉、子宫动脉血流状态分为4个亚组:I组(脐动脉、子宫动脉均异

常)、II组(脐动脉异常、子宫动脉正常)、III组(脐动脉正常、子宫动脉异常)、IV组(脐动脉、子宫动脉均正常)。血流参数异常诊断标准:脐动脉搏动指数>1.2判定为脐动脉血流异常;子宫动脉血流参数异常,如搏动指数>1.2,或舒张早期切迹,则子宫动脉异常。

1.2.2 静脉导管血流速度 采用彩色多普勒超声诊断仪(GE-E8 GE-Vivid7 Philips IU22)进行检测,腹部凸阵探头,频率2~5 MHz,孕妇取仰卧位,调节多普勒与血流夹角不超过20°,腹部矢状切面,下腔静脉与脐静脉间的延续段为静脉导管,该段血流加速,调节取样容积,静脉导管血流信号为四相波

形,获取静脉导管血流速度参数,包括心房收缩期(A波)、心室舒张期(D波)、心室收缩期(S波)。

1.2.3 胎盘蛋白-13检测 入组孕妇于孕20周时,空腹抽取静脉血3 mL,4 000 r/min离心10 min,采用酶联免疫吸附法测定上清胎盘蛋白-13表达水平,酶标仪(厂家:赛默飞世尔科技有限公司;型号:3111)。取配制的标准品溶液,在酶标仪上测得各溶液对应光密度值(optical density, OD)值,以OD值为纵坐标,标准品浓度为横坐标绘制标准曲线,代入标准曲线计算出各样品浓度,所有操作步骤均参照说明书进行。

表1 2组孕妇基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data of pregnant women between the two groups

组别	例数	年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	孕周($\bar{x} \pm s$,周)	体重指数($\bar{x} \pm s$)	产次($\bar{x} \pm s$,次)	吸烟史(例数)
观察组	42	28.45±3.02	38.59±1.66	23.87±2.77	1.37±0.32	14
对照组	88	28.79±2.96	38.27±1.72	23.56±2.83	1.26±0.28	20
t/χ^2 值		0.608	1.003	0.588	1.817	1.656
P 值		0.544	0.318	0.558	0.072	0.198

1.3 统计学方法 应用SPSS 22.0统计软件分析数据。计数资料比较采用 χ^2 检验,计量资料比较采用t检验、单因素方差分析和LSD-t检验。采用Logistic回归分析孕妇发生晚发型FGR的影响因素,采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic, ROC)分析静脉导管血流速度(S波、D波、A波)、血清胎盘蛋白-13对于晚发型FGR的预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2组孕妇静脉导管血流速度(S波、D波、A波)、血清胎盘蛋白-13水平 观察组S波、D波、A波以及血清胎盘蛋白-13水平均低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表2。观察组、对照组典型病例影像学图像见图1~7。

表2 2组孕妇静脉导管血流速度、血清胎盘蛋白-13水平

Table 2 Intravenous catheter blood flow velocity and serum placental protein-13 level of pregnant women between the two groups

组别	例数	S波(cm/s)	D波(cm/s)	A波(cm/s)	胎盘蛋白-13($\mu\text{g/L}$)
观察组	42	55.84±8.46	42.89±6.64	23.35±4.58	0.98±0.15
对照组	88	60.67±7.78	48.38±7.47	31.68±4.45	1.15±0.18
t 值		3.218	4.057	9.888	5.302
P 值		0.002	<0.001	<0.001	<0.001

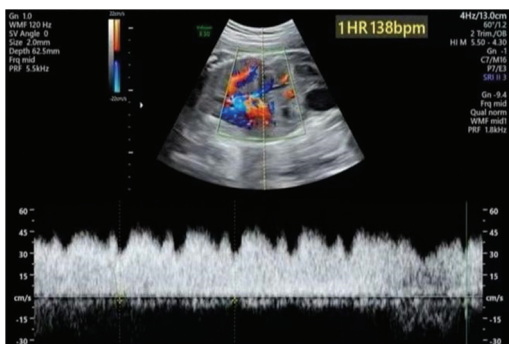


图1 32周1天正常胎儿静脉导管频谱参数正常
Figure 1 Normal intravenous catheter spectrum parameters in normal fetus at 32 weeks 1 day of gestation



图2 32周1天FGR胎儿腹围测量图
Figure 2 Abdominal circumference measurement of FGR fetus at 32 weeks 1 day of gestation

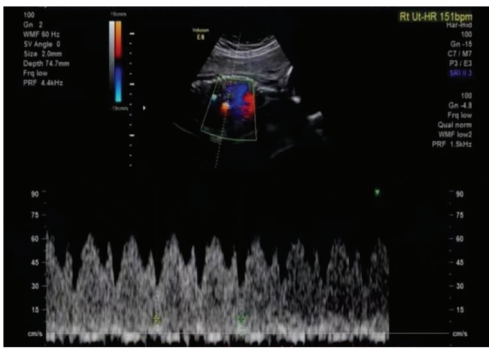


图3 32周1天FGR胎儿静脉导管频谱参数升高

Figure 3 Increased intravenous catheter spectrum parameters of FGR fetus at 32 weeks 1 day of gestation

A波)、血清胎盘蛋白-13水平 不同亚型孕妇静脉导管血流速度(S波、D波、A波)、血清胎盘蛋白-13水平差异有统计学意义,其中随着分级的增加,S波、D波、A波以及血清胎盘蛋白-13水平呈增加趋势,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表3。

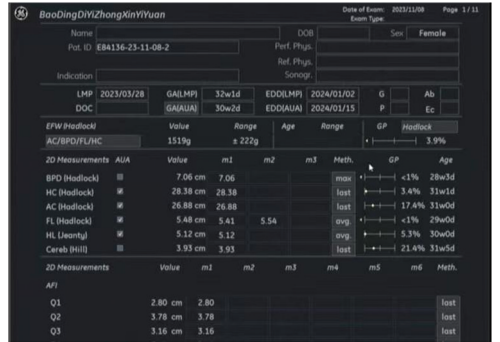


图6 32周1天FGR胎儿生长表:胎儿体重<10%

Figure 6 Growth table of FGR fetus at 32 weeks 1 day of gestation: fetal weight <10%



图4 32周1天FGR胎儿股骨长测量图

Figure 4 Femur length measurement of FGR fetus at 32 weeks 1 day of gestation

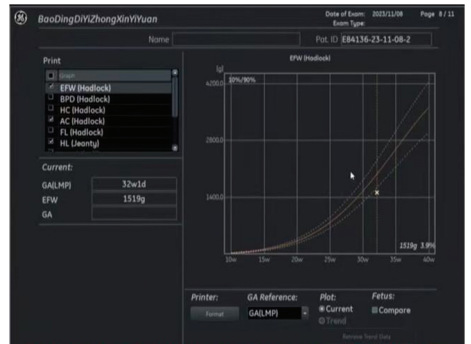


图7 32周1天FGR胎儿生长曲线位于10%线下

Figure 7 Growth curve of FGR fetus below 10% at 32 weeks 1 day of gestation



图5 32周1天FGR胎儿双顶级及头围测量图

Figure 5 Double apex and head circumference measurements of FGR fetus at 32 weeks 1 day of gestation

2.3 孕晚期FGR影响因素分析 以是否发生FGR(是=1、否=0)为因变量,将S波、D波、A波、血清胎盘蛋白-13为自变量,均以实际值(连续变量)进行赋值,Logistic回归分析显示,静脉导管血流速度(S波、D波、A波)、血清胎盘蛋白-13是导致孕晚期FGR的影响因素($P < 0.05$),即各项指标值越大则发生FGR风险越低,见表4。

2.2 不同亚型孕妇静脉导管血流速度(S波、D波、

表3 不同亚型孕妇静脉导管血流速度、血清胎盘蛋白-13水平

Table 3 Blood flow velocity and serum placental protein-13 level of intravenous catheter in pregnant women with different subtypes

组别	例数	S波(cm/s)	D波(cm/s)	A波(cm/s)	胎盘蛋白-13($\mu\text{g/L}$)
I组	9	50.48±6.15	38.98±5.14	19.18±4.06	0.83±0.13
II组	12	55.39±7.51*	42.26±5.13*	24.08±4.75*	0.91±0.11*
III组	13	55.75±6.75*	43.07±5.45*	23.26±4.12*	1.04±0.10*
IV组	8	62.76±7.66*#△	47.96±6.77*#△	27.08±4.36*#△	1.13±0.11*#△
F值		4.339	3.746	4.803	13.043
P值		0.010	0.019	0.006	<0.001

* P值<0.05与I组比较 # P值<0.05与II组比较 △ P值<0.05与III组比较(LSD-t检验)

($\bar{x} \pm s$)

表4 孕晚期 FGR 影响因素分析

Table 4 Analysis of influencing factors of FGR in the third trimester

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	95%CI
S 波	-0.363	0.166	4.782	0.029	0.696	0.502~0.963
D 波	-0.435	0.212	4.210	0.040	0.647	0.427~0.981
A 波	-0.554	0.255	4.720	0.030	0.575	0.349~0.947
胎盘蛋白-13	-0.527	0.206	6.545	0.011	0.590	0.394~0.884

2.4 静脉导管血流速度、血清胎盘蛋白-13 对孕晚期 FGR 的预测价值 ROC 曲线分析显示,S 波、D 波、A 波、血清胎盘蛋白-13 预测 FGR 的 AUC 分别为 0.766(95%CI:0.672~0.861)、0.765(95%CI:0.663~0.862)、0.751(95%CI:0.653~0.856)、0.816(95%CI:0.717~0.916),联合预测 FGR 的 AUC 为 0.875(95%CI:0.793~0.952),各项指标联合预测 FGR 的 AUC 高于单独预测($P < 0.05$),见图 8。

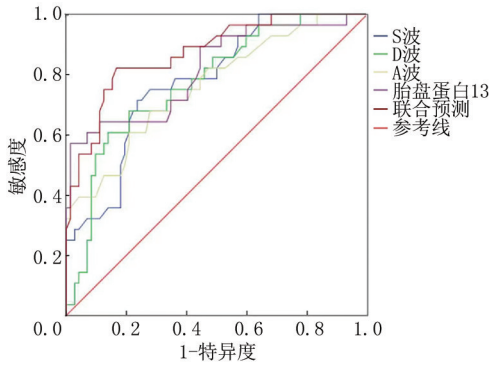


图8 ROC 曲线分析

Figure 8 ROC curve analysis

3 讨论

胎儿早期血流供应不足以及营养、氧气缺乏会严重影响胎儿生长,增加 FGR 发生风险,从而增加围产儿患病、病死风险^[8-9]。既往研究^[10-11]证实,FGR 已成为新生儿死亡的重要因素,临床上一一般在孕晚期进行 FGR 的干预治疗,此时胎盘病理改变明显,增加临床治疗难度,早期筛查、诊断可指导临床采取积极有效措施,对于改善新生儿预后具有重要临床价值。临床上常监测孕妇腹围、宫高等生理指标评估 FGR 发生情况,生理指标容易受到孕妇身体状况的影响,容易出现漏诊、误诊等现象,尽管也有研究^[12-14]认为监测孕妇的腹围增长速度可指导临床诊治 FGR,但测量过程繁琐、耗时,容易导致病情延误,耽误治疗。近年来,彩色多普勒超声检查已成为产检常规检查项目,具有无创、费用低、操作简单、重现性强等优势,量化评估胎盘血流状态,准确反映胎儿生长发育情况,而 FGR 的显著病理变化为胎盘、胎儿血循环状态异常改变^[15],因此,彩色多普勒

超声检查筛查 FGR 具有潜在临床应用价值。

国内外学者研究^[16-17]显示,FGR 胎儿的静脉系统发育情况较动脉系统良好,脐静脉、中心静脉压力差决定静脉导管血流速度,并反映宫内状态以及心功能变化,因此一般通过监测静脉导管分析 FGR 胎儿的发育情况。有研究^[18]表明,FGR 胎儿舒张功能变化一般比收缩功能早,且右心功能变化早于左心,静脉导管血流状态已成为评估胎儿心功能的敏感指标。本研究结果显示,观察组 A 波、S 波、D 波均低于对照组,且随着孕子宫动脉、脐动脉血流动力学指标异常严重程度的增加(分级降低),A 波、S 波、D 波均呈降低趋势,表明超声评估静脉导管血流速度可反映孕子宫动脉、脐动脉血流动力学状态。静脉导管血流动力学可直接反映胎盘、子宫循环情况,一般认为,正常孕妇随着孕周增加,胎儿心脏不断发育,心室舒张、收缩功能增强,心室顺应性增加以及舒张末压下降,子宫动脉、静脉血流阻力呈降低趋势,直至孕 34 周后保持稳定状态,若孕妇在孕晚期血流阻力增加,舒张早期存在切迹,表明子宫、胎盘血液循环系统发生紊乱^[19],故而本研究采用彩色多普勒超声检查显示观察组静脉导管 A 波、S 波、D 波血流参数明显降低。FGR 胎儿由于心脏舒张功能减退,静脉导管回流受阻,血流量减少,静脉导管的血流频谱速度(A 波、S 波、D 波)也呈降低趋势,特别是 A 波下降较快^[20]。当静脉导管频谱 A 波出现消失、加深或反向特征性改变时,胎儿可能进入失代偿期,右心负荷过大,使得静脉导管回流受阻,增加了胎儿不良预后风险,因此基于静脉导管血流频谱参数评估 FGR 预后具有重要临床价值。

血清标志物是临床常用的敏感性指标,其变化往往早于临床表现,可辅助指导临床早期筛查,降低疾病风险。胎盘蛋白-13 是由胎盘滋养层细胞合成的半乳糖凝集素,FGR 胎盘、胎儿血循环状态异常导致胎盘着床异常,损伤滋养层细胞,导致绒毛发育不良,进而破坏滋养细胞分泌功能,导致胎盘蛋白-13 分泌降低^[21]。本研究结果显示,观察组血清胎盘蛋白-13 低于对照组($P < 0.05$),且进一步通过 Logistic 回归分析显示,胎盘蛋白-13 是导致孕晚期 FGR 的危险因素($P < 0.05$),表明血清胎盘蛋白-13

表达水平与 FGR 的发生关联密切。黄杨等^[22]研究也认为,子痫前期孕妇血清胎盘蛋白-13 水平显著降低,并影响子宫动脉血流,导致胎盘着床异常,故而认为血清胎盘蛋白-13 与 FGR 的发生有关。通过 ROC 曲线分析显示,血流频谱参数(A 波、S 波、D 波)、血清胎盘蛋白-13 预测 FGR 的 AUC 分别为 0.766 (95% CI: 0.672 ~ 0.861)、0.765 (95% CI: 0.663 ~ 0.862)、0.751 (95% CI: 0.653 ~ 0.856)、0.816 (95% CI: 0.717 ~ 0.916),表明各项指标均有一定预测价值。血流频谱参数与血清胎盘蛋白-13 联合预测的 AUC 为 0.875 (95% CI: 0.793 ~ 0.952),明显高于各项指标单独预测效能,联合检测可借助影像学、分子生物学多维度评估 FGR 发生风险,对于预测 FGR 具有重要提示意义。另外,本研究仍存在不足之处,随着孕周的变化,血流频谱参数(A 波、S 波、D 波)、血清胎盘蛋白-13 均处于动态变化中,可连续检测各项指标,并分析指标变化与孕周的关系,从而为提升预测可靠性提供依据。

综上所述,静脉导管血流速度(S 波、D 波、A 波)与胎盘蛋白-13 均与 FGR 的发生、发展关联密切,联合检测可提高 FGR 的预测效能。

[参考文献]

- [1] Lees CC, Romero R, Stampalija T, et al. Clinical Opinion: The diagnosis and management of suspected fetal growth restriction: an evidence-based approach [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2022, 226(3): 366-378.
- [2] Melamed N, Baschat A, Yinon Y, et al. FIGO (international Federation of Gynecology and obstetrics) initiative on fetal growth: best practice advice for screening, diagnosis, and management of fetal growth restriction [J]. *Int J Gynaecol Obstet*, 2021, 152(Suppl 1): 3-57.
- [3] Damhuis SE, Ganzevoort W, Gordijn SJ. Abnormal fetal growth: small for gestational age, fetal growth restriction, large for gestational age: definitions and epidemiology [J]. *Obstet Gynecol Clin North Am*, 2021, 48(2): 267-279.
- [4] Karim JN, Bradburn E, Roberts N, et al. First-trimester ultrasound detection of fetal heart anomalies: systematic review and meta-analysis [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2022, 59(1): 11-25.
- [5] Şahin B, Turhan U, Şahin B, et al. Maternal serum placental protein-13 levels in the prediction of pregnancies with abnormal invasive placentation [J]. *Z Geburtshilfe Neonatol*, 2021, 225(3): 232-237.
- [6] Soongsatitanon A, Phupong V. Prediction of preeclampsia using first trimester placental protein 13 and uterine artery Doppler [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2022, 35(22): 4412-4417.

- [7] 谢幸, 苟文丽. 妇产科学, 8 版 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 96-99.
- [8] 邵银霞, 王天辉, 李娟. 3D-PDU 血流参数 VI、FI、VFI 与 CDFI 血流参数 PI、RI、S/D 值联合检测对迟发型 FGR 发生风险的预测价值 [J]. *中国医学工程*, 2024, 32(12): 82-85.
- [9] 庄万祝, 戚怀钻, 张果, 等. 早发重度子痫前期患者子宫动脉血流动态监测对胎儿生长受限的预测效能 [J]. *中国妇产科临床杂志*, 2023, 24(5): 526-527.
- [10] 张志涛, 刘彩霞, 尹少蔚, 等. 选择性胎儿宫内生长受限诊治及保健指南 (2020) [J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2020, 36(7): 618-625.
- [11] 黄娜娜, 杨静, 赵扬玉. 选择性胎儿宫内生长受限与胎盘血管功能受损机制研究进展 [J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2022, 38(11): 1146-1149.
- [12] 郭迎坤, 李灵, 袁苗, 等. 胎儿生长受限风险预测模型的研究进展 [J]. *中国计划生育和妇产科*, 2023, 15(12): 29-31.
- [13] 陈炫嘉, 张丽娜, 朱毓, 等. 胎儿小脑横径与腹围比值在评估胎儿生长受限中的应用价值 [J]. *中国超声医学杂志*, 2023, 39(10): 1134-1136.
- [14] 柏艳红, 饶洪杰, 李敏. 基于超声检测 S/D、IFI、CPR 预测胎儿宫内生长受限的效能及意义 [J]. *影像科学与光化学*, 2022, 40(2): 243-247.
- [15] Czeiger S, Weissbach T, Zloto K, et al. Umbilical-portal-systemic venous shunt and intrauterine growth restriction: an inquiry from a prospective study [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2024, 231(3): 340.e1-340.e16.
- [16] Koorn I, Heinrich H, Nelissen A, et al. Isolated fetal umbilical vein varix and the association with intrauterine fetal death and fetal growth restriction: A systematic review, meta-analysis, and nested retrospective cohort study [J]. *Prenat Diagn*, 2024, 44(5): 595-613.
- [17] Hamidi OP, Driver C, Steller JG, et al. Umbilical venous volume flow in late-onset fetal growth restriction [J]. *J Ultrasound Med*, 2023, 42(1): 173-183.
- [18] Schuermans A, Van den Eynde J. Intrauterine growth restriction: an emerging cardiovascular risk factor [J]. *Pediatr Cardiol*, 2022, 43(7): 1674-1675.
- [19] 黄嘉, 吴宗美, 汪洋, 等. 正常足月胎龄新生儿出生前后静脉导管血流动力学变化规律研究 [J]. *转化医学杂志*, 2024, 13(8): 1220-1224.
- [20] 胡媛, 韩明妍, 杜薇, 等. 超声测量胎儿静脉导管血流动力学参数联合血清胎盘生长因子预测妊娠期高血压疾病患者妊娠结局的价值 [J]. *中国现代医学杂志*, 2024, 34(4): 1-7.
- [21] Li X, Yao Y, Liu T, et al. Actin binding to galectin-13/placental protein-13 occurs independently of the galectin canonical ligand-binding site [J]. *Glycobiology*, 2021, 31(9): 1219-1229.
- [22] 黄杨, 孟琳, 吕慧, 等. 血清胎盘蛋白-13 及甲胎蛋白对子痫前期发生胎儿宫内生长受限的预测价值 [J]. *安徽医药*, 2023, 27(2): 354-357.

(本文编辑:何祯)