

3D-PDU 血流参数 VI、FI、VFI 与 CDFI 血流参数 PI、RI、S/D 值联合检测对晚发型 FGR 发生风险的预测价值

邵银霞¹, 王天辉², 李娟¹

(周口市妇幼保健院儿童医院 1.超声科; 2.磁共振室, 河南 周口 466000)

摘要: **目的** 探讨三维能量多普勒超声 (3D-PDU) 血流参数血管化指数 (VI)、血流指数 (FI)、血管化-血流指数 (VFI) 与彩色多普勒血流成像 (CDFI) 血流参数波动指数 (PI)、阻力指数 (RI)、收缩期峰值流速与舒张末期流速比值 (S/D) 联合检测对晚发型胎儿宫内生长受限 (FGR) 发生风险的预测价值。**方法** 选取 2021 年 4 月至 2023 年 4 月于周口市妇幼保健院收治的 150 例孕妇, 根据是否发生 FGR 将产妇分为 FGR 组 (14 例) 和正常组 (136 例)。比较两组 CDFI 血流参数 PI、RI、S/D 值及 3D-PDU 血流参数 VI、FI、VFI; 分析 3D-PDU 血流参数及 CDFI 血流参数对晚发型 FGR 发生风险的预测价值。**结果** FGR 组脐动脉 PI、RI、S/D 值均高于正常组, 大脑中动脉 PI、S/D 值、RI 值低于 FGR 组 ($P<0.05$); FGR 组 VI、FI、VFI 明显低于正常组 ($P<0.05$); CDFI 脐动脉及大脑中动脉血流参数 PI、RI、S/D 值与 3D-PDU 血流参数 VI、FI、VFI 联合检测预测 FGR 的曲线下面积 (AUC) 为 0.905, 高于 CDFI 及 3D-PDU 检测各血流参数单独检测 ($P<0.05$)。**结论** CDFI 血流参数 PI、RI、S/D 值与 3D-PDU 血流参数 VI、FI、VFI 联合检测对晚发型 FGR 发生风险具有较高的预测价值, 可用于诊断/评估 FGR 的发生情况, 为及时制定晚发型 FGR 干预措施提供参考依据。

关键词: 晚发型胎儿宫内生长受限; 三维能量多普勒超声; 彩色多普勒血流成像; 血流参数

中图分类号: R714.5

胎儿生长受限 (FGR) 是产科临床中多发的围产期并发症, 主要是指胎儿由于各种原因的影响, 生长潜力未达到标准, 通常表现为胎儿体重低于同孕周正常体重, 即低于标准体重的第十个百分位^[1-2]。根据 FGR 胎儿发育异常情况及发生时间可分为内因性、外因性匀称性 FGR 及外因性不匀称性 FGR 三种^[3]。FGR 是我国围产期胎儿死亡的第二大原因, 且 FGR 胎儿围产期风险是正常发育儿的 6~10 倍, 对出生人口质量造成严重影响^[4-5]。当前, 探究一种有效、准确诊断 FGR 的方法, 对临床防控 FGR、改善围产期结局十分重要。当前, 三维能量多普勒超声 (3D-PDU)、彩色多普勒血流成像 (CDFI) 是临床诊断 FGR 主要手段, 其中 CDFI 具有无创、简便、经济等优势, 在反映胎儿血流动力学改变具有较好的效果^[6-7]。3D-PDU 通过血流中红细胞密度散射强调 (信号振幅大小) 及进行成像, 不易受探查角度、血流流速的影响^[8-9]。目前, 有部分研究将 3D-PDU 或 CDFI 检测用于评估 FGR 发生情况, 具有一定参考

价值^[10-11], 但 3D-PDU、CDFI 二者血流参数联合检测对晚发型 FGR 发生风险的预测价值临床尚无相关研究。基于此, 本研究选取周口市妇幼保健院收治的 150 例孕妇, 探究 CDFI 血流参数搏动指数 (PI)、阻力指数 (RI)、收缩期峰值流速与舒张末期流速比值 (S/D) 与 3D-PDU 血流参数血管化指数 (VI)、血流指数 (FI)、血管化-血流指数 (VFI) 联合检测对晚发型 FGR 发生风险的预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 4 月至 2023 年 4 月于周口市妇幼保健院收治的 150 例孕妇, 根据是否发生 FGR 将产妇分为 FGR 组 (14 例) 和正常组 (136 例)。纳入标准: ①均为初产、单胎孕妇; ②所有孕妇均为自然受孕; ③孕妇无家族遗传史; ④患者及其家属知晓此次研究内容, 并自愿签署同意书; ⑤孕周 ≥ 32 周。排除标准: ①胎儿羊水、胎盘存在异常; ②脐带插入点异常; ③凝血功能障碍;

④孕妇妊娠期前经期紊乱，末次月经不明确；
⑤依从性较差。FGR 组：年龄 23~40 岁，平均（30.15±2.74）岁；孕周 34~40 周，平均（35.25±0.47）周。正常组：年龄 21~39 岁，平均（29.89±2.47）岁；孕周 32~40 周，平均（34.98±0.39）周。两组基线资料比较，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），具有可比性。本研究经周口市妇幼保健院伦理协会批准。

1.2 检查方法

1.2.1 3D-PDU 检查方法 应用彩色多普勒超声诊断仪（GE Voluson E8）进行定量检测（3D-PDU 技术），扫查时使用 85°宽角进行扫描，对整个胎盘进行数据采集。扫查完成后，手动进行描记，每个切面需转动 30°，总计 6 个切面共旋转 180°，对胎盘形态进行重建三维图，脱机（VOCAL 软件）分析胎儿胎盘 FI、VFI、VI。

1.2.2 CDFI 检查方法 使用 Philips A50 彩色多普勒超声诊断仪进行检查，使用凸阵头，探头频率为 2~5 MHz。嘱孕妇取平卧位，首先对胎儿生长情况进行常规检查（腹围、双顶径、头围等），对胎儿大脑中动脉、脐动脉血流动力学参数进行调整取样容积（2 mm），并在大脑中动脉处采集 5 个

连续波形稳定的频谱后冻结图像，在大脑中动脉检测完毕后，将取样框置于脐带游离部，对脐动脉、大脑中动脉血流 RI、PI、S/D 值进行检测。所有患者均随访至围产期，并记录妊娠。

1.3 观察指标

①比较两组 CDFI 脐动脉、大脑中动脉血流参数（PI、RI、S/D 值）；②比较两组 3D-PDU 血流参数（VI、FI、VFI）；③分析 3D-PDU、CDFI 血流参数联合检测对晚发型 FGR 发生风险的预测价值。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行分析。计量资料以均数±标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，用 t 检验；计数资料以百分率（%）表示，用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组 CDFI 脐动脉、大脑中动脉血流参数比较

FGR 组脐动脉 PI、RI、S/D 值均高于正常组，大脑中动脉 PI、RI、S/D 值均低于正常组，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ）。见表 1。

表 1 两组脐动脉、大脑中动脉 CDFI 血流参数比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	<i>n</i>	脐动脉			大脑中动脉		
		PI	RI	S/D 值	PI	RI	S/D 值
FGR 组	14	1.20±0.31	0.87±0.21	3.11±0.41	1.29±0.18	0.53±0.12	2.69±0.36
正常组	136	0.74±0.14	0.52±0.11	2.43±0.31	1.63±0.23	0.79±0.14	4.63±0.43
<i>t</i>		5.495	6.150	7.570	5.356	6.695	16.289
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2 两组 3D-PDU 血流参数比较

FGR 组 VI、FI、VFI 明显低于正常组，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ）。见表 2。

表 2 两组 3D-PDU 血流参数比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	<i>n</i>	VI	FI	VFI
FGR 组	14	10.25±1.98	35.78±3.12	4.97±0.64
正常组	136	17.99±3.54	41.26±4.25	8.25±1.47
<i>t</i>		12.687	4.690	15.437
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

2.3 3D-PDU、CDFI 血流参数联合检测预测 FGR 发生风险的 ROC 分析

以发生 FGR 孕妇为阳性标本，未发生 FGR 孕妇为阴性标本，绘制受试者操作特征（ROC）曲线，见图 1。结果显示，CDFI 脐动脉及大脑中动脉血流参数 PI、RI、S/D 值与 3D-PDU 血流参数 VI、FI、VFI 联合检测预测 FGR 发生风险的曲线下面积（AUC）为 0.905，高于 CDFI 及 3D-PDU 检测各血流参数单独检测，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ）。见图 1、表 3。

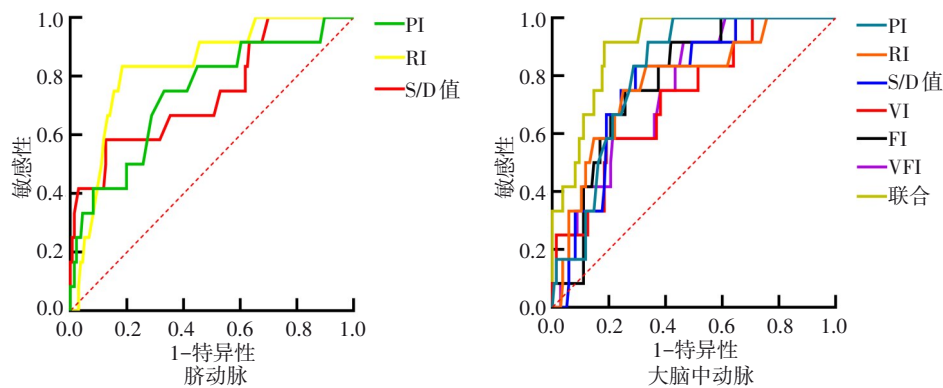


图 1 ROC 曲线分析

表 3 3D-PDU、CDFI 血流参数联合检测预测 FGR 发生风险的 ROC 分析结果

检查方案	AUC	95%CI	cut-off	敏感度/%	特异度/%	P
脐动脉						
PI	0.740	0.661~0.808	>1.02	75.00	66.91	<0.001
RI	0.831	0.761~0.888	>0.85	83.33	81.62	<0.001
S/D 值	0.744	0.665~0.812	>3.13	58.33	87.50	<0.001
大脑中动脉						
PI	0.813	0.741~0.872	<1.41	91.67	66.18	<0.001
RI	0.776	0.701~0.841	<0.57	83.33	66.91	<0.001
S/D 值	0.775	0.700~0.840	<2.89	83.33	70.59	<0.001
VI	0.723	0.644~0.793	>10.61	58.33	80.88	<0.001
FI	0.783	0.708~0.847	>38.45	91.67	58.09	<0.001
VFI	0.751	0.674~0.819	>5.87	91.67	53.68	<0.001
联合	0.905	0.846~0.947	—	91.67	81.62	<0.001

3 讨论

临床认为，造成 FGR 的主要原始是胎盘内血管损伤导致的血流减少，其中晚发型 FGR 是指孕周>32 周首次诊出 FGR^[12-13]。胎盘血流灌注情况可将胎儿发育情况清晰反映。胎盘循环阻力增加促使子宫动脉阻力指数显著提升，极易导致宫内窘迫、FGR、早产等不良妊娠结局^[14]。相关研究指出，晚发型 FGR 妊娠并发症发病率约为 52%，且极易导致急性呼吸窘迫症、新生儿肺炎、败血症等疾病发病率增加，且其不仅与围产儿结局密切相关，远期还能对儿童青春期体能、智力的发育造成影响^[15-17]。当前，晚发型 FGR 处理原则是否 FGR 一致还尚未明确，因此探究一种及时准确诊断晚发型 FGR 的方式，对制定 FGR 干预措施，改善围产儿结局十分重要。

当前，CDFI 是检测晚发型 FGR 的主要方法之一，其通过对胎儿大脑中动脉、脐动脉血流的异常进行观察，可达到对胎儿、胎盘循环血流灌注

阻力进行评估的目的^[18]。本研究结果显示，FGR 组脐动脉 PI、RI、S/D 值均高于正常组，大脑中动脉 PI、RI、S/D 值低于正常组 ($P<0.05$)，表明与正常孕妇比较，FGR 胎儿 CDFI 脐动脉和大脑中动脉血流参数均显示异常。可能是因为大脑半球主要供血血管为大脑中动脉，其血流情况可反映脑组织是否存在缺氧现象；脐动脉是连接胎儿、胎盘、母体的唯一纽带，可通过观察血流动力学是否改变对胎儿发育情况进行判断^[19]。随着胎盘逐渐发育成熟，脐动脉阻力降低导致血流量增加，以满足胎儿正常发育生长的营养需求^[20]。因此，可通过 CDFI 检测胎儿脐动脉和大脑中动脉血流参数情况来预测是否发生 FGR。

3D-PDU 具有无创、简便、安全性高等优势，是将能量多普勒、三维超声技术相结合，可将靶器官、组织一定单位体积中的血流参数及血管结构等信息清晰显示^[21]。本研究显示，FGR 组 VI、FI、VFI 明显低于正常组 ($P<0.05$)，表明与正常孕妇比较，FGR 孕妇 3D-PDU 血流参数显示异常。

可能是因为 3D-PDU 在探测低速血流中具有较高的敏感度,通过血管空间重建技术可对静脉导管中的血流信息进行检测,从而达到评估胎儿发育情况的目的^[22]。因此,临床上可通过 3D-PDU 检测 FGR 孕妇的血流参数异常预测是否发生 FGR。

本研究创新性探讨 3D-PDU 血流参数与 CDFI 血流参数联合检测对晚发型 FGR 发生风险的预测价值。结果显示,CDFI 脐动脉及大脑中动脉血流参数 PI、RI、S/D 值与 3D-PDU 血流参数 VI、FI、VFI 联合检测预测 FGR 发生风险的 AUC 为 0.905,高于 CDFI 及 3D-PDU 检测各血流参数单独检测($P<0.05$),表明 3D-PDU、CDFI 血流参数联合检测对晚发型 FGR 的发生具有较高的预测价值。

综上所述,CDFI 血流参数 PI、RI、S/D 值与 3D-PDU 血流参数 VI、FI、VFI 联合检测对晚发型 FGR 发生风险具有较高的预测价值,可用于诊断/评估 FGR 的发生情况,为及时制定晚发型 FGR 干预措施提供参考依据。

参 考 文 献

- [1] PELS A, DERKS J, ELVAN-TASPINAR A, et al. Maternal sildenafil vs placebo in pregnant women with severe early-onset fetal growth restriction: a randomized clinical trial[J]. JAMA Netw Open, 2020, 3(6): e205323.
- [2] 黄夏霓,曾雅畅,许庆芸,等. 胎儿生长受限围产期不良结局预测模型的构建[J]. 现代妇产科进展, 2023, 32(7): 529-534.
- [3] VAN WYK L, BOERS KE, GORDIJN SJ, et al. Perinatal death in a term fetal growth restriction randomized controlled trial: the paradox of prior risk and consent[J]. Am J Obstet Gynecol MFM, 2020, 2(4): 100239.
- [4] 吴青京,陈昌钊,符俊娟,等. 孕中期子宫动脉超声联合性激素检测预测晚发型胎儿宫内生长受限[J]. 中国计划生育学杂志, 2022, 30(8): 1893-1896.
- [5] 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.
- [6] 肖晓青,郑友平,王亮琴,等. 超声预测晚发型胎儿宫内生长受限的临床价值[J]. 临床超声医学杂志, 2022, 24(12): 950-952.
- [7] CHOORAKUTTIL RM, SATARKAR SR, SHARMA LK, et al. Color Doppler ultrasonography in the third trimester of pregnancy significantly reclassifies fetal growth restriction in the samrakshan program of IRIA in India[J]. Indian J Radiol Imaging, 2023, 33(1): 104-106.
- [8] 王卫平,林雁,赵蒙. 三维能量多普勒超声在观察孕早期胎盘血流预测胎儿生长受限中的应用[J]. 广东医学, 2023, 44(2): 204-207.
- [9] WANG YJ, LIANG LH, LIU YF, et al. The application value of three-dimensional power Doppler ultrasound in fetal growth restriction[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2022, 2022: 4087406.
- [10] 马澜,栗河舟,樊慧,等. 三维能量多普勒超声评估胎儿生长受限的临床应用研究[J]. 医药论坛杂志, 2021, 42(5): 132-135.
- [11] HE BY, HU CH, ZHOU YQ. First-trimester screening for fetal growth restriction using Doppler color flow analysis of the uterine artery and serum PAPP-a levels in unselected pregnancies[J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2021, 34(23): 3857-3861.
- [12] 买苗,姬超,张莉. 硫酸镁联合大剂量低分子肝素方案治疗重度子痫前期合并胎儿生长受限的疗效及安全性[J]. 海南医学, 2021, 32(24): 3209-3212.
- [13] PEASLEY R, ABREGO RANGEL LAA, CASAGRANDE D, et al. Management of late-onset fetal growth restriction: pragmatic approach[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2023, 62(1): 106-114.
- [14] 植剑芳,冯清华,李海玲,等. 孕晚期超声多普勒血流参数对宫内生长受限胎儿的检测意义及对妊娠结局的影响[J]. 国际医药卫生导报, 2021, 27(12): 1799-1802.
- [15] 高云鹤,郑海清,陈乔珠,等. 孕早期胎儿生长受限与孕晚期胎儿生长受限的相关性研究[J]. 实用妇产科杂志, 2022, 38(4): 287-291.
- [16] 徐平平,徐浩. 脑胎盘率及主动脉峡部收缩指数评估晚发型胎儿生长受限妊娠结局[J]. 中国介入影像与治疗学, 2020, 17(10): 604-607.
- [17] SANZ-CORTÉS M, CARBAJO RJ, CRISPI F, et al. Metabolomic profile of umbilical cord blood plasma from early and late intrauterine growth restricted (IUGR) neonates with and without signs of brain vasodilation[J]. PLoS One, 2013, 8(12): e80121.
- [18] 罗俊华. 彩色多普勒血流显像相关参数检测对孕晚期胎儿宫内生长受限的诊断及评估意义[J]. 川北医学院学报, 2020, 35(6): 1029-1032.
- [19] DIGUISTO C, GOUGE AL, MARCHAND MS, et al. Low-dose aspirin to prevent preeclampsia and growth restriction in nulliparous women identified by uterine artery Doppler as at high risk of preeclampsia: a double blinded randomized placebo-controlled trial[J]. PLoS One, 2022, 17(10): e0275129.
- [20] 高文凯,王瑞玲,王凤梅,等. 孕晚期宫内生长受限胎儿彩色多普勒血流显像相关参数变化及临床意义[J]. 湖南师范大学学报(医学版), 2021, 18(1): 150-154.
- [21] 赵天娇,赵芝芝. 早孕期三维能量多普勒超声联合彩色多普勒预测胎儿生长受限[J]. 中国计划生育学杂志, 2023, 31(4): 964-967, 973.
- [22] 林雁. 四维与三维能量多普勒超声在早孕期胎儿生长受限中的诊断价值比较[J]. 现代医药卫生, 2022, 38(21): 3651-3655.

(张咏 编辑)