

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2024.11.001

基于超声血流参数评估晚发型胎儿宫内生长受限的研究*

甘国财¹,赵永峰¹,巨芙蓉²,马淑梅¹,才让卓玛¹,社会英³

1. 青海大学附属医院超声医学科,青海西宁 810001;2. 青海大学附属医院重症医学科,青海西宁 810001;3. 陕西省渭南市第二医院超声科,陕西渭南 714099

摘要:目的 分析超声血流参数对晚发型胎儿宫内生长受限(FGR)的预测价值。方法 选取 2020 年 6 月至 2022 年 6 月青海大学附属医院收治的 82 例晚发型 FGR 孕产妇作为研究对象。根据新生儿妊娠结局分为结局良好组(51 例)与结局不良组(31 例)。另选取同期在青海大学附属医院产检且胎儿生长正常的 32 例孕产妇作为对照组。比较 3 组基线资料及分娩前最后 1 次超声的大脑中动脉搏动指数(MCA-PI)、脐动脉搏动指数(UA-PI)、脑-胎盘血流比(CPR)、心血管整体评分(CVPS)、Hadlock 胎儿体质量估测(EFW),绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估上述超声血流参数对晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的预测价值。结果 结局不良组新生儿出生体质量均低于结局良好组及对照组,且结局良好组低于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。结局不良组分娩孕周短于对照组和结局良好组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。结局不良组 MCA-PI、CPR、CVPS、EFW 均低于结局良好组及对照组,且结局良好组低于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。结局不良组 UA-PI 高于结局良好组及对照组,且结局良好组高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。ROC 曲线分析结果显示,MCA-PI、UA-PI、CPR、CVPS、EFW 单独预测晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的曲线下面积分别为 0.667、0.792、0.762、0.820、0.917。结论 超声血流参数 MCA-PI、UA-PI、CPR、CVPS、EFW 均对晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局有一定预测价值,其中 CVPS 及 EFW 预测价值较高,可为临床治疗及判断分娩时机提供重要依据。

关键词:胎儿宫内生长受限; 晚发型; 妊娠结局; 超声; 血流参数; 心血管整体评分; 胎儿体质量估测

中图法分类号:R714.51;R445.11

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2024)11-1505-05

Evaluation of late-onset fetal intrauterine growth restriction based on ultrasound blood flow parameters*

GAN Guocai¹, ZHAO Yongfeng¹, JU Furong², MA Shumei¹, CAI rangzhuoma¹, DU Huiying³

1. Department of Ultrasound, Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining, Qinghai 810001, China; 2. Department of Critical Care Medicine, Affiliated Hospital of Qinghai University, Xining, Qinghai 810001, China; 3. Department of Ultrasound, the Second Hospital of Weinan, Weinan, Shaanxi 714099, China

Abstract: **Objective** To analyze the predictive value of ultrasonic blood flow parameters for late-onset fetal intrauterine growth restriction (FGR). **Methods** A total of 82 pregnant women with late-onset FGR admitted to the Affiliated Hospital of Qinghai University from June 2020 to June 2022 were selected as the research objects. According to the neonatal pregnancy outcome, they were divided into good outcome group (51 cases) and poor outcome group (31 cases). Another 32 pregnant women with normal fetal growth in the Affiliated Hospital of Qinghai University during the same period were selected as the control group. The baseline data, middle cerebral artery pulsatility index (MCA-PI), umbilical artery pulsatility index (UA-PI), cerebroplacental flow ratio (CPR), Global Cardiovascular Score (CVPS) and Hadlock estimating fetal weight (EFW) within last ultrasound were compared among the three groups. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the predictive value of the above ultrasound blood flow parameters for poor pregnancy outcomes of pregnant women with late-onset FGR. **Results** The neonatal birth weight of the poor outcome group was lower than that of the good outcome group and the control group, and the neonatal birth weight of good outcome group was lower than that the control group, and the differences were statistically sig-

* 基金项目:青海省卫生健康委员会一般指导性课题(2020-wjzd-54)。

作者简介:甘国财,男,主治医师,主要从事妇产超声方向的研究。

nificant ($P < 0.05$). The gestational age at delivery in the poor outcome group was shorter than that in the control group and the good outcome group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The MCA-PI, CPR, CVPS and EFW of the poor outcome group were lower than those of the good outcome group and the control group, and the MCA-PI, CPR, CVPS and EFW of the good outcome group were lower than those of the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The UA-PI of the poor outcome group was higher than that of the good outcome group and the control group, and the UA-PI of the good outcome group was higher than that of the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curves of MCA-PI, UA-PI, CPR, CVPS and EFW for predicting poor pregnancy outcomes of late-onset FGR pregnant women were 0.667, 0.792, 0.762, 0.820 and 0.917, respectively. **Conclusion** MCA-PI, UA-PI, CPR, CVPS and EFW all have certain predictive value for the poor pregnancy outcome of late-onset FGR pregnant women, among which CVPS and EFW have higher predictive value, which can provide important basis for clinical treatment and estimating delivery timing.

Key words: fetal intrauterine growth restriction; late-onset; pregnancy outcome; ultrasound; blood flow parameter; global cardiovascular score; estimating fetal weight

胎儿宫内生长受限(FGR)是导致死胎、不良妊娠结局的重要原因。其中在孕 32 周后被确诊的病例为晚发型 FGR, 部分病例甚至在产后才被发现, 一般认为, 胎儿情况良好时可维持妊娠至 37 周, 产前出现异常情况时需及时终止妊娠^[1]。评估胎儿状态、预测妊娠结局是指导临床治疗的关键, 但目前仍缺乏预测 FGR 的有效指标。超声血流参数是最常用的评估项目, 有研究表明, 脑-胎盘血流比(CPR)可反映胎儿缺氧导致的脑血流扩张、胎盘血管阻力增加、脐动脉血流减少等病理变化, 可预测围生儿预后^[2]。心血管整体评分(CVPS)为评估胎儿心脏功能及血流动力学的超声定量工具, 近年该评分被发现在高危产科产前胎心监测中具有良好应用效果, 可评估胎儿宫内状态、预测妊娠结局^[3]。Hadlock 胎儿体质量估测(EFW)是目前应用最广泛的胎儿体质量估算工具, 与出生体质量基本接近, 是 FGR 的重点评估项目^[4]。本研究分析了 CPR、CVPS、EFW 等超声参数对晚发型 FGR 的预测价值, 为指导晚发型 FGR 临床治疗提供新思路。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020 年 6 月至 2022 年 6 月青海大学附属医院收治的 82 例晚发型 FGR 孕产妇作为研究对象。根据新生儿妊娠结局分为结局良好组(51 例)与结局不良组(31 例)。另选取同期在青海大学附属医院产检且胎儿生长正常的 32 例孕产妇作为对照组, 对照组孕产妇均为单胎妊娠, 自然受孕, 胎儿生长正常且无染色体数量和结构异常, 无妊娠不良结局, 既往无不良孕产史、遗传病史。晚发型 FGR 孕产妇纳入标准: (1)符合《胎儿生长受限专家共识(2019 版)》^[5]中 FGR 的诊断标准; (2)孕周 ≥ 32 周; (3)自然受孕; (4)末次月经明确; (5)单胎妊娠; (6)胎儿娩出

后证实无染色体数量和结构异常; (7)临床资料完整。晚发型 FGR 孕产妇排除标准: (1)妊娠前 3 个月内或孕早期有服药史、大剂量辐射史; (2)既往有不良孕产史、遗传病史; (3)存在胎盘、脐带结构异常。本研究经青海大学附属医院医学伦理委员会审批(SL-2020060), 且所有研究对象均知情同意并签署知情同意书。

1.2 方法 使用美国通用电气公司的 Voluson E10 彩色多普勒超声诊断仪(探头型号: RM6C-D; 频率: 1.0~7.0 MHz)或荷兰飞利浦公司的 HD6 型彩色多普勒超声诊断仪(探头型号: C5-2; 频率: 2.0~5.0 MHz)对所有孕产妇进行超声检查。检查时先进行双顶径、头围、腹围等产科常规胎儿生长项目测量, 胎儿无异常后测量大脑中动脉(MCA)、脐动脉(UA)等血流参数。记录分娩前最后 1 次超声的 MCA 搏动指数(MCA-PI)、UA 搏动指数(UA-PI)、CPR、CVPS、EFW。评估标准: (1)测量 MCA-PI 须在确定双顶径测量平面后, 将探头向颅底移动, 在前中颅窝之间可见成对的蝶骨大翼, 调整为彩色多普勒显像, 将取样容积置于 MCA 前 1/3 内, 取样容积为 1~2 mm³, 声束夹角 $< 20^\circ$, 读取 MCA-PI, 取 3 次测量的平均值作为最终结果; (2)测量 UA-PI 须选取脐带游离端与声束夹角 $< 30^\circ$ 的节段进行频谱取样, 3 次测量后取平均值作为最终结果; (3)计算 CPR, $CPR = MCA-PI / UA-PI$; (4)参考《ISUOG 胎儿心脏超声检查指南(修订版)》^[6]中 CVPS 的评分标准, 有胎儿水肿、心/胸面积比、心脏功能、UA 频谱及脐静脉、静脉导管共 5 项评估条目, 每项 0~2 分, 总分为 0~10 分, CVPS 越高, 胎儿越正常。 (5)EFW 须根据 Hadlock 标准^[7]估测体质量, $lg(EFW) = 1.566 - 200 - 0.010 - 800 \times \text{头围} + 0.046 - 800 \times \text{腹围} + 0.171 - 000 \times \text{股骨长度} + 0.000 - 340 \times$

头围²-0.003 685×(腹围×股骨长度)。

1.3 统计学处理 采用 SPSS26.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验,多组间比较采用单因素方差分析,多组间两两比较采用 LSD- t 检验;计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估超声参数对晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 3 组基线资料比较 结局不良组新生儿出生体质量均低于结局良好组及对照组,且结局良好组低于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结局不良组分娩孕周短于对照组和结局良好组,差异均有统计

学意义($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 3 组超声血流参数比较 结局不良组 MCA-PI、CPR、CVPS、EFW 均低于结局良好组及对照组,且结局良好组低于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结局不良组 UA-PI 高于结局良好组及对照组,且结局良好组高于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见图 1、表 2。

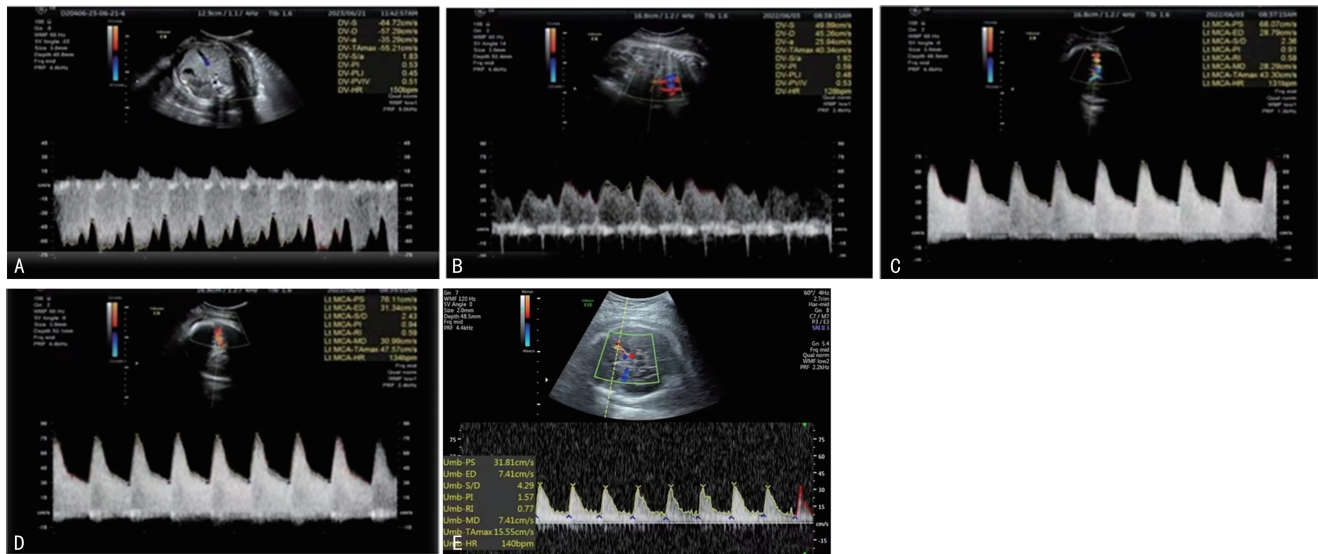
2.3 超声参数对晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的预测价值 以结局不良组作为阳性对照,以结局良好组和对照组作为阴性对照进行 ROC 曲线分析。结果显示,MCA-PI、UA-PI、CPR、CVPS、EFW 单独预测晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的曲线下面积(AUC)分别为 0.667、0.792、0.762、0.820、0.917。见表 3、图 2。

表 1 3 组基线资料比较[$\bar{x} \pm s$ 或 $n(\%)$]

组别	<i>n</i>	年龄(岁)	初产妇	妊娠期糖尿病	妊娠期高血压
结局不良组	31	29.42±3.79	19(61.29)	10(32.26)	15(48.39)
结局良好组	51	29.68±4.02	30(58.82)	13(25.49)	23(45.10)
对照组	32	29.20±3.56	20(62.50)	8(25.00)	12(37.50)
<i>F/χ²/t</i>		0.158	0.122	0.554	0.816
<i>P</i>		0.854	0.941	0.758	0.665

组别	<i>n</i>	子痫前期	确诊 FGR 孕周(周)	分娩孕周(周)	新生儿出生体质量(kg)
结局不良组	31	10(32.26)	34.89±1.27	37.40±1.08	2.01±0.39
结局良好组	51	15(29.41)	35.34±1.24	38.66±1.12 ^a	2.24±0.41 ^a
对照组	32	6(18.75)	—	38.80±0.89 ^a	3.08±0.52 ^{ab}
<i>F/χ²/t</i>		1.681	1.579	17.862	54.060
<i>P</i>		0.432	0.118	<0.001	<0.001

注:—表示无数据;与结局不良组比较,^a $P < 0.05$;与结局良好组比较,^b $P < 0.05$ 。



注:A、B为对照组孕产妇胎儿静脉导管表现正常图像;C、D为晚发型 FGR 孕产妇胎儿 MCA 表现异常图像,可见血流流速降低,MCA-PI 降低;E为孕晚期孕产妇胎儿 MCA 表现正常图像。

图 1 典型超声图像

表 2 3 组超声血流参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	MCA-PI	UA-PI	CPR	CVPS(分)	EFW(g)
结局不良组	31	1.46±0.18	1.34±0.20	1.13±0.19	7.39±1.12	2 060.84±76.61
结局良好组	51	1.56±0.24 ^a	1.11±0.19 ^a	1.32±0.15 ^a	8.61±0.60 ^a	2 182.57±44.30 ^a
对照组	32	1.79±0.22 ^{ab}	0.79±0.17 ^{ab}	2.10±0.27 ^{ab}	10.00±0.00 ^{ab}	3 018.46±42.69 ^{ab}
<i>F</i>		19.121	68.750	216.103	107.302	3 052.210
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:与结局不良组比较,^a*P*<0.05;与结局良好组比较,^b*P*<0.05。

表 3 超声血流参数对晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的预测价值

指标	最佳截断值	灵敏度(%)	特异度(%)	AUC	AUC 的 95%CI	<i>P</i>
MCA-PI	1.63	83.87	45.10	0.667	0.550~0.783	0.012
UA-PI	1.25	67.74	82.35	0.792	0.689~0.894	<0.001
CPR	1.20	61.29	82.35	0.762	0.657~0.868	<0.001
CVPS	7.5 分	58.06	98.04	0.820	0.715~0.925	<0.001
EFW	2 131.0 g	90.32	90.20	0.917	0.838~0.995	<0.001

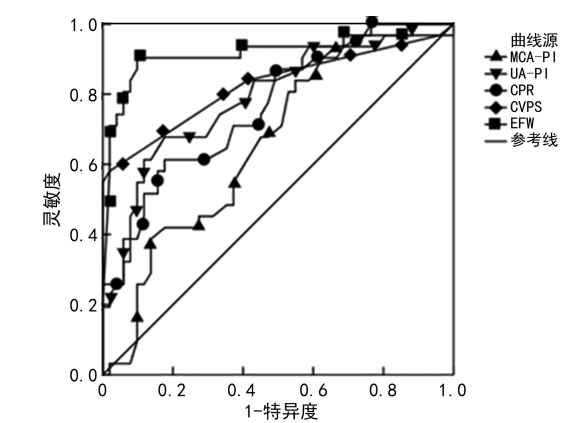


图 2 超声参数预测晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的 ROC 曲线

3 讨 论

FGR 的病因学调查显示,母体营养不良、妊娠合并症、妊娠并发症、胎盘异常、脐带异常等因素均为 FGR 的发病原因。目前普遍认为,多种因素导致胎盘灌注不良,引起胎盘功能异常,供氧不足,营养不良使胎儿生长发育受限是 FGR 发生的重要机制。晚发型 FGR 确诊时孕妇处于孕晚期,要求密切监测胎儿状态,明确分娩时机,以保证母胎健康,超声检查是目前监测 FGR 生长趋势的最理想工具^[8-9]。UA 与 MCA 是《胎儿生长受限专家共识(2019 版)》^[5]中推荐的 FGR 监测项目(推荐等级分别为 A、B),并提出 MCA-PI 降低为 FGR 缺氧时的“脑保护效应”,此时若伴 UA 舒张末期血流正向,则新生儿酸中毒发生风险极高,可作为明确分娩时机的参考指标。UA-PI 与 MCA-PI 也是目前评估 FGR 最常用的监测参数。近年研究发现,CPR 可综合评估脑血流-胎盘血流-UA 血流的变化,可反映缺氧时血流在脑、胎盘等重要器官组织的重新分配情况,CPR 下降提示缺氧导致的胎

盘血管阻力严重增加,胎盘出现病理性改变,监测 CPR 可提升预测 FGR 的灵敏度^[10]。本研究中,结局不良组 MCA-PI、CPR、CVPS、EFW 均低于结局良好组及对照组,且结局良好组低于对照组,差异均有统计学意义(*P*<0.05)。结局不良组 UA-PI 高于结局良好组及对照组,且结局良好组高于对照组,差异均有统计学意义(*P*<0.05)。ROC 曲线分析结果显示,MCA-PI、UA-PI、CPR 单独预测晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的 AUC 分别为 0.667、0.792、0.762,提示 MCA-PI、UA-PI、CPR 均对晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局具有良好预测价值,提示该 3 项超声血流参数对评估晚发型 FGR 不良妊娠结局有较高应用价值,可辅助预测妊娠结局,有利于指导临床判断分娩时机。

CVPS 是全面评估胎儿心功能的半定量指标,可反映胎儿整体循环情况,常用于胎盘绒毛膜血管瘤、肝脑血管瘤、心律失常等胎儿疾病监测,且能预测不良妊娠结局^[11]。一般认为,CVPS≤5 分的胎儿预后差,围生期病死率高^[12]。本研究分析本地区晚发型 FGR 孕产妇的 CVPS,发现晚发型 FGR 孕产妇的平均 CVPS>5 分,但结局不良组 CVPS 低于结局良好组,CVPS 预测晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的最佳截断值为 7.5 分,可为产科治疗提供指导意见。另外,CVPS 预测晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的 AUC 为 0.820,提示 CVPS 综合心脏功能、UA 频谱等多项评估项目,评估胎儿整体循环功能更准确,预测妊娠结局更有效^[13]。

除血流、循环方面的超声参数外,EFW 也是 FGR 的重要监测项目,Hadlock 标准的 EFW 使用广泛,估测体质量准确^[14-15]。本研究中,结局不良组、结局良

好组、对照组的 EFW 分别为 $(2\ 060.84\pm76.61)\text{g}$ 、 $(2\ 182.57\pm44.30)\text{g}$ 、 $(3\ 018.46\pm42.69)\text{g}$,新生儿出生体质量分别为 (2.01 ± 0.39) 、 (2.24 ± 0.41) 、 $(3.08\pm0.52)\text{kg}$,提示 EFW 估测较为准确,接近实际体质量,与目前的报道结果相似^[16-17]。不仅如此,EFW 对晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局的预测价值最高($\text{AUC}=0.917$),灵敏度高达 90.32%,提示胎儿体质量轻可能是导致不良妊娠结局的重要原因,EFW 对围生儿体质量估测准确,可辅助判断分娩时机^[18-19]。此外,有报道指出,晚发型 FGR 胎儿在孕 34~37 周生长发育较快,在确定胎儿状态良好的条件下,应尽可能延长孕周至 37 周,可改善围生儿妊娠结局^[20-21]。因此,对于晚发型 FGR,可通过监测超声血流参数明确胎儿安危,尽可能保证足月分娩,以减少不良妊娠结局。

综上所述,超声血流参数 MCA-PI、UA-PI、CPR、CVPS、EFW 均能预测晚发型 FGR 孕产妇不良妊娠结局,且后 2 项指标预测价值更高,可为临床判断分娩时机提供指导意见。

参考文献

[1] 符建,杨月华,陈亮,等. 子宫动脉和脐动脉血流动力学参数对晚发型胎儿宫内生长受限的预测价值[J]. 中国超声医学杂志,2021,37(9):1035-1039.

[2] 王倩,石珊,于艳美,等. 脑胎盘率及子宫动脉联合检测对晚发型胎儿生长受限预后评估的临床意义[J]. 医学影像学杂志,2022,32(6):1015-1018.

[3] 翟晶,尤淑艳,王慧,等. 胎儿心血管整体评分在高危产科母胎监测中的应用价值分析[J]. 中国超声医学杂志,2022,38(9):1033-1036.

[4] 李亚丽,王欢. 产前超声估测胎儿出生体重的方法及其影响因素分析[J]. 医学临床研究,2022,39(9):1439-1441.

[5] 中华医学会围产医学分会胎儿医学学组. 中华医学会妇产科学分会产科学组. 胎儿生长受限专家共识(2019 版)[J]. 中华围产医学杂志,2019,22(6):361-380.

[6] 赵胜. ISUOG 胎儿心脏超声检查指南(修订版)[J/OL]. 中国产前诊断杂志(电子版),2014,6(1):46-54.

[7] HADLOCK F P, HARRIST R B, CARPENTER R J, et al. Sonographic estimation of fetal weight. The value of femur length in addition to head and abdomen measurements[J]. Radiology,1984,150(2):535-540.

[8] SELVARATNAM R J, WALLACE E M, WOLFE R, et al. Association between iatrogenic delivery for suspected fetal growth restriction and childhood school outcomes [J]. JAMA,2021,326(2):145-153.

[9] PRESSMAN K, ODIBO L D, DUNCAN J R, et al. Impact of using abdominal circumference independently in the di-

agnosis of fetal growth restriction[J]. J Ultrasound Med, 2022,41(1):157-162.

[10] 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.

[11] DIONYSOPOULOU A, PIRIH E, MACCHIELLA D, et al. The cardiovascular profile score in patients with non-immune hydrops fetalis and cardiac anomalies-a pilot study[J]. Reprod Sci,2023,30(9):2805-2812.

[12] OZAWA S W, TAKARADA S, OKABE M, et al. Clinical characteristics and prognosis of fetal left ventricular non-compaction in Japan[J]. Circ J,2021,86(1):98-105.

[13] RAKHA S, ELMARSAFAWY H. Nonimmune hydrops fetalis management from the perspective of fetal cardiologists:a single tertiary center experience from egypt[J]. J Neonatal Perinatal Med,2021,14(2):237-244.

[14] 王一飞,吴琰婷,黄荷凤. 孕妇及胎儿超声参数评估胎儿体质量的研究进展[J]. 上海交通大学学报(医学版),2021,41(3):366-370.

[15] AYE A A, AGIDA T E, BABALOLA A A, et al. Accuracy of ultrasound estimation of fetal weight at term: A comparison of shepard and hadlock methods[J]. Ann Afr Med,2022,21(1):49-53.

[16] DEBBI K, BOUACHBA A, MANCINI J, et al. Postmortem CT better estimates fetal weight than the Hadlock's formula[J]. Diagn Interv Imaging, 2023, 104 (9): 448-450.

[17] LOVRIC B, ŠIJANOVIC S, LEŠIN J, et al. Diagnostic accuracy of modified Hadlock formula for fetal macrosomia in women with gestational diabetes and pregnancy weight gain above recommended[J]. J Perinat Med,2021,49(7):907-914.

[18] MA J, CHENG D C, ZHANG Z F, et al. Evaluating the accuracy of sonographic fetal weight estimations using the Hadlock IV formula in a Chinese population [J]. Quant Imaging Med Surg,2023,13(6):3726-3734.

[19] MIYOSHI T K K, HOSODA H, KUROSAKI K I, et al. Plasma natriuretic peptide levels reflect the status of the heart failure in fetuses with arrhythmia[J]. J Matern Fetal Neonatal Med,2021,34(12):1883-1889.

[20] CHOUDHARY P, MALIK A, BATRA A. Cerebroplacental ratio and aortic isthmus doppler in early fetal growth restriction[J]. J Clin Ultrasound,2021,49(7):754-761.

[21] 李雪蕾,周盟,王珊珊. 小于胎龄儿与晚发型宫内生长受限胎儿右室心肌做功指数的研究[J]. 中国超声医学杂志,2021,37(3):299-302.