

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.09.005
文章编号: 1005-8982 (2026) 09-0027-07

影像诊断学专题·论著

改良胎儿生物物理评分联合无应激试验及胎儿血流频谱对胎儿宫内窘迫诊断的临床价值*

冯国隽¹, 冯欣¹, 刘萨², 李健², 何冠南³, 王焱⁴, 刘红¹

(1. 江油市人民医院 超声医学科, 四川 江油 621700; 2. 江油市人民医院 产科, 四川 江油 621700; 3. 四川省妇幼保健院 超声医学中心, 四川 成都 610031; 4. 成都市金牛区妇幼保健院 医学影像科, 四川 成都 610031)

摘要: **目的** 探讨改良胎儿生物物理评分(BPS)、无应激试验(NST)及胎儿血流频谱检测的联合应用对胎儿宫内窘迫诊断的临床价值。**方法** 选取2020年1月—2023年12月江油市人民医院因自觉“胎动减少”就诊的157例单胎妊娠孕妇作为研究对象。受试者均接受改良BPS、NST及彩色多普勒超声检测胎儿脐动脉(UA)和大脑中动脉(MCA)血流频谱,包括收缩期与舒张期血流速度比值(S/D)、搏动指数(PI)及阻力指数,并计算MCA-PI-UA-PI。以新生儿出生后1 min Apgar评分 ≤ 7 分为胎儿宫内窘迫的诊断标准,将入组新生儿分为宫内窘迫组(22例)与宫内非窘迫组(135例)。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各项指标及联合检测的诊断效能。**结果** 共纳入的157例孕妇中确诊胎儿宫内窘迫22例(14.01%)。在改良BPS各指标中,窘迫组胎动、肌张力及羊水量评分均低于非窘迫组($P < 0.05$),而两组呼吸样运动评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。窘迫组改良BPS和MCA-PI-UA-PI均低于非窘迫组($P < 0.05$),而UA-S/D高于非窘迫组($P < 0.05$)。与非窘迫组比较,宫内窘迫组NST分类较高($P < 0.05$)。ROC曲线分析结果表明:NST的敏感性为77.3%、特异性为63.0%;改良BPS的敏感性为72.7%、特异性为88.9%;UA-S/D的敏感性为81.8%、特异性为84.4%;MCA-PI-UA-PI的敏感性为86.4%、特异性为90.4%;NST的敏感性为77.3%、特异性为63.0%。改良BPS联合NST的敏感性为90.9%、特异性为75.6%;改良BPS联合MCA-PI-UA-PI的敏感性为86.4%、特异性为87.4%;改良BPS联合UA-S/D的敏感性为81.8%、特异性为88.9%;UA-S/D联合MCA-PI-UA-PI的敏感性为81.8%、特异性为92.6%;单一检测中,MCA-PI-UA-PI表现出良好的敏感性和特异性。联合检测中,改良BPS联合NST在敏感性方面表现突出,而UA-S/D联合MCA-PI-UA-PI则表现出较好的特异性。**结论** 改良BPS、UA-S/D、MCA-PI-UA-PI及NST对胎儿宫内窘迫均具诊断价值,联合诊断有进一步提升效能的潜力,且各项指标在敏感性和特异性上各有特点,临床可根据侧重避免漏诊或控制误诊的不同需求进行选择。

关键词: 胎儿宫内窘迫; 改良生物物理评分; 无应激实验; 胎儿血流频谱
中图分类号: R714.5 **文献标识码:** A

Clinical value of modified fetal biophysical profile score combined with non-stress test and fetal blood flow spectrum in the diagnosis of intrauterine fetal distress*

Feng Guo-jun¹, Feng Xin¹, Liu Sa², Li Jian², He Guan-nan³, Wang Yan⁴, Liu Hong¹

(1. Department of Ultrasound Medicine, Jiangyou People's Hospital, Jiangyou, Sichuan 621700, China; 2. Department of Obstetrics, Jiangyou People's Hospital, Jiangyou, Sichuan 621700; 3. Department of Ultrasonic Medicine, Sichuan Women's and Children's Health Care Hospital, Chengdu, Sichuan 610031,

收稿日期: 2026-01-23

* 基金项目: 四川省自然科学基金(2024NSFC0663); 2022年四川省医学会科研课题(S202277)

[通信作者] 刘红, E-mail: 309009197@qq.com

China; 4. Department of Medical Imaging, Jinjiu District Maternal and Child Health Care Hospital, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: Objective To explore the clinical value of the combined application of modified fetal biophysical profile score (BPS), non-stress test (NST), and fetal blood flow spectrum detection in the diagnosis of intrauterine fetal distress. **Methods** A total of 157 singleton pregnant women who visited the hospital due to self-reported "decreased fetal movement" from January 2020 to December 2023 were selected as the research objects. All subjects underwent modified BPS, NST, and color Doppler ultrasound to detect the blood flow spectra of fetal umbilical artery (UA) and middle cerebral artery (MCA), including systolic/diastolic ratio (S/D), pulsatility index (PI), resistance index (RI), and the MCA-PI/UA-PI ratio was calculated. According to the diagnostic criterion of a 1-minute Apgar score ≤ 7 , the enrolled neonates were divided into a fetal distress group (22 cases) and a non-fetal distress group (135 cases). The diagnostic efficacy of each index and combined detection was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** This study included 157 pregnant women, of whom 22 (14.01%) were diagnosed with fetal intrauterine distress. Among the indicators of the modified BPS, the scores for fetal movement, muscle tone, and amniotic fluid volume in the distress group were lower than those in the non-distress group ($P < 0.05$), whereas there was no statistically significant difference in the score for fetal breathing movements between the two groups ($P > 0.05$). Compared with the non-distress group, the distress group showed significantly lower values in modified BPS, MCA-PI/UA-PI ($P < 0.05$), while demonstrating a significantly higher UA-S/D ($P < 0.05$). Additionally, the distress group was associated with a significantly higher NST classification ($P < 0.05$). In comparison to the non-distress group, the distress group showed significantly lower values for modified BPS and MCA-PI/UA-PI, while UA-S/D was significantly higher ($P < 0.05$). Additionally, the distress group exhibited a higher NST classification compared to the non-distress group ($P < 0.05$). ROC curve analysis revealed that among the single detection indicators, NST had a sensitivity of 77.3% and specificity of 63.0%; modified BPS had a sensitivity of 72.7% and specificity of 88.9%; UA-S/D had a sensitivity of 81.8% and specificity of 84.4%; and MCA-PI/UA-PI had a sensitivity of 86.4% and specificity of 90.4%. Among the combined detection strategies, modified BPS combined with NST achieved a sensitivity of 90.9% and specificity of 75.6%; modified BPS combined with MCA-PI/UA-PI yielded a sensitivity of 86.4% and specificity of 87.4%; modified BPS combined with UA-S/D showed a sensitivity of 81.8% and specificity of 88.9%; and UA-S/D combined with MCA-PI/UA-PI demonstrated a sensitivity of 81.8% and specificity of 92.6%. Among the single detection indicators, MCA-PI/UA-PI demonstrated favorable sensitivity and specificity. In combined detection, the combination of modified BPS and NST performed notably well in sensitivity, while UA-S/D combined with MCA-PI/UA-PI demonstrated relatively high specificity. **Conclusion** The modified BPS, UA-S/D, MCA-PI/UA-PI, NST and combined all have diagnostic value for fetal intrauterine distress. Combined diagnosis shows potential to further improve diagnostic performance. Different combinations show different characteristics in sensitivity and specificity, allowing clinicians to choose an appropriate strategy based on the need to either minimize missed diagnoses or control misdiagnoses.

Keywords: intrauterine fetal distress; modified fetal biophysical profile score; non-stress test; fetal blood flow spectrum

胎儿宫内窘迫是导致胎儿神经系统发育受损及出生后神经系统后遗症的主要致病原因^[1],其早期精准识别与评估直接关系到围产儿预后,对提高人口素质具有重要现实意义。在临床实践中,无应激试验(non-stress test, NST)是评估胎儿宫内状况的常用检测方法^[2],而传统胎儿生物物理评分(biophysical profile scores, BPS)也已常应用于胎儿宫内窘迫的判断^[3]。然而,传统BPS检测需耗时30 min,在临床紧急情况或大规模筛查中存在一定局限性,

难以满足高效诊断的需求。基于此,临床工作者在传统BPS核心评估体系的基础上,结合临床实践探索出10 min改良BPS评分方案,该方案保留传统BPS中反映胎儿宫内安危的核心指标(胎儿呼吸样运动、胎动、肌张力、羊水量),通过精简监测时长提升其临床实用性^[4]。近年来,随着彩色超声多普勒技术的不断革新与完善,为胎儿血流频谱检测提供了更可靠的技术支撑,通过检测胎儿大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)、脐动脉(umbilical

artery, UA)的血流指数,能够有效反映胎儿宫内血液循环状态,进而为预测胎儿宫内窘迫提供重要参考依据^[5-7]。鉴于单一检测方法在诊断敏感性、特异性方面存在各自局限^[8-11],本研究采用改良BPS联合NST及胎儿血流频谱检测的综合评估模式,对临床疑似胎儿宫内窘迫的孕妇进行系统检查,旨在探讨该联合检测方案对胎儿宫内窘迫的诊断价值,为临床早期干预、改善围产儿结局提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2020年1月—2023年12月江油市人民医院因自觉“胎动减少”就诊的157例单胎妊娠孕妇作为研究对象。孕妇年龄19~42岁,平均 (28.97 ± 4.98) 岁,孕周35~41周,平均 (37.41 ± 2.03) 周。本研究经医

院医学伦理委员会审核批准(JY-2025-0035)。

1.1.1 纳入标准 ①单胎妊娠;②无严重内外科合并症;③顺利完成改良BPS、NST及胎儿血流频谱检测。

1.1.2 排除标准 ①多胎妊娠;②胎儿畸形;③患有妊娠期高血压疾病、糖尿病等重大并发症或合并症;④患有较为严重的脏器疾病(心肌炎、重症肺炎、肾病综合征等);⑤患有既往精神病史或存在认知及语言功能障碍;⑥资料不完整。

1.2 检测方法

1.2.1 10 min改良BPS评分 利用超声记录10 min内胎儿呼吸样运动(fetal breathing movement, FBM)、胎动(fetal movement, FM)、胎儿肌张力(fetal tone, FT)及羊水量(amniotic fluid volume, AFV),每项2分,总分8分, ≤ 4 分为异常。见表1。

表1 10 min改良BPS评分

指标	2分	1分	0分
FBM	10 min内胎儿呼吸运动 ≥ 1 次,持续 ≥ 60 s	10 min内胎儿呼吸运动 ≥ 1 次,持续时间 < 60 s	10 min内无胎儿呼吸运动
FM	10 min内躯干、胎头或肢体的活动 ≥ 3 次	10 min内出现1~2次躯干、胎头或肢体的活动	10 min内无胎动
FT	胎儿肢体或脊柱至少有1次活动并且回复原位或胎儿处于良好的屈曲状态	胎儿肢体或脊柱至少有1次活动但不能回复原位	胎儿肢体或脊柱无屈伸运动,且刺激后无反应
AFV	羊水池最大深度 > 30 mm	羊水池最大深度20~30 mm	羊水池最大深度 < 20 mm

1.2.2 胎儿血流频谱测量 采用彩色多普勒超声诊断仪E8(美国GE公司)及R7S(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司),探头频率3.5~5.0 MHz。利用超声显示位于基底动脉环的MCA,测量其频谱,记录舒张期速度(D)、收缩期血流速度(S)、搏动指数(pulsatility index, PI)、阻力指数(resistance index, RI),并计算S/D。同时选取脐血管中份检测脐动脉血流频谱,记录S/D、PI、RI。以上检测均测量3次,最终取平均值。对比大脑中动脉的搏动指数(pulsatility index of the middle cerebral artery, MCA-PI)与脐动脉的搏动指数(pulsatility index of the umbilical artery, UA-PI),若 $MCA-PI/UA-PI < 1.08$ 或脐动脉 $S/D \geq 3$,则考虑异常^[12-13]。

1.2.3 NST 利用胎心多普勒胎儿监护系统(广州莲印医疗科技有限公司)进行20 min NST^[14],根据其表现分为3类。I类需同时满足:胎心率基线110~160次/min、基线变异为中度变异、无晚期减速及变异减速,存在或缺乏早期减速及加速。II类为除I类和III类外的其他情况。III类包括:①胎心率基

线无变异,且存在复发性晚期减速、复发性变异减速或胎心过缓(胎心率基线 < 110 次/min);②正弦波型。II类及III类胎监考虑为异常。

1.2.4 分组与研究方法 新生儿1 min Apgar评分可反映宫内情况,故以胎儿分娩后1 min Apgar评分 ≤ 7 分作为诊断宫内窘迫的标准^[15]。依据该标准将胎儿分为宫内窘迫组(22例)与宫内非窘迫组(135例)。比较改良BPS、NST、胎儿超声血流频谱检测及其联合检测的诊断效能。所有孕妇均于入院后48 h内完成上述3项检测。

1.3 统计学方法

数据分析采用SPSS 27.0统计软件。非正态分布的计量资料以中位数和四分位数 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,用Wilcoxon秩和检验;计数资料以例(%)表示,用 χ^2 检验;等级资料以例(%)表示,用H检验;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic curve, ROC)曲线,比较曲线下面积(area under the curve, AUC)。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组改良 BPS 各项指标得分比较

宫内窘迫组与非窘迫组呼吸样运动评分比较,经 H 检验,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。而宫内窘迫组与非窘迫组胎动、肌张力及羊水量评分比较,经 H 检验,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 宫内窘迫组的胎动、胎儿肌张力及羊水量评分均低于非窘迫组。见表 2。

2.2 两组不同检测结果比较

宫内窘迫组与非窘迫组改良 BPS、UA-S/D、MCA-PI/UA-PI 比较,经秩和检验,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 宫内窘迫组改良 BPS 和 MCA-PI/UA-PI 均低于非窘迫组 ($P < 0.05$), 而 UA-S/D 高于非窘迫组 ($P < 0.05$)。宫内窘迫组与非窘迫组 NST 分类比较,经 H 检验,差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 宫内窘迫组 NST 分类较高。见表 3。

表 2 两组改良 BPS 各项指标得分比较 例(%)

组别	n	胎动			胎儿肌张力			羊水量			呼吸样运动		
		0分	1分	2分	0分	1分	2分	0分	1分	2分	0分	1分	2分
宫内窘迫组	22	1(4.6)	20(90.9)	1(4.6)	1(4.6)	21(95.5)	0(0.0)	7(31.8)	10(45.5)	5(22.7)	0(0.0)	8(36.4)	14(63.6)
宫内非窘迫组	135	2(1.5)	64(47.4)	69(51.1)	1(0.7)	93(68.9)	41(30.4)	0(0.0)	17(12.6)	118(87.4)	0(0.0)	31(23.0)	104(77.0)
H 值			4.086			3.181			7.195			1.820	
P 值			0.000			0.001			0.000			0.177	

表 3 两组不同检测结果比较

组别	n	改良 BPS	UA-S/D	MCA-PI/UA-PI	NST 分类 例(%)		
		[M(P ₂₅ , P ₇₅)]	[M(P ₂₅ , P ₇₅)]	[M(P ₂₅ , P ₇₅)]	I 类	II 类	III 类
宫内窘迫组	22	4.00(4.00, 5.00)	3.27(2.83, 3.98)	1.07(1.04, 1.07)	5(22.7)	10(45.5)	7(31.8)
宫内非窘迫组	135	7.00(6.00, 7.00)	2.20(1.92, 2.50)	1.77(1.46, 2.10)	85(63.0)	42(31.1)	8(5.9)
U/H 值		375.5	535.5	447.5		-4.048	
P 值		0.000	0.000	0.000		0.000	

2.3 两组不同检测方法阳性检出率比较

宫内窘迫组与非窘迫组的改良 BPS、UA-S/D、MCA-PI/UA-PI 及 NST 阳性检出率比较,经 χ^2 检验,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 宫内窘迫组上述指标的阳性检出率均高于非窘迫组。见表 4。

2.4 不同检测方法联合检测诊断胎儿宫内窘迫的价值

在单一检测指标中, NST 的敏感性为 77.3%、

特异性为 63.0%; 改良 BPS 的敏感性为 72.7%、特异性为 88.9%; UA-S/D 的敏感性为 81.8%、特异性为 84.4%; MCA-PI/UA-PI 的敏感性为 86.4%、特异性为 90.4%; NST 的敏感性为 77.3%、特异性为 63.0%。MCA-PI/UA-PI 表现出良好的敏感性和特异性。见表 5 和图 1。

在联合检测方案中, 改良 BPS 联合 NST 的敏感性为 90.9%、特异性为 75.6%; 改良 BPS 联合 MCA-PI/UA-PI 的敏感性为 86.4%、特异性为 87.4%; 改良 BPS 联合 UA-S/D 的敏感性为 81.8%、特异性为 88.9%; UA-S/D 联合 MCA-PI/UA-PI 的敏感性为 81.8%、特异性为 92.6%。改良 BPS 联合 NST 则在敏感性方面表现突出, 而 UA-S/D 联合 MCA-PI/UA-PI 的组合表现出较好的特异性。见表 6 和图 2。

表 4 不同检测方法阳性检出率比较 例 (%)

组别	n	改良 BPS	UA-S/D	MCA-PI/UA-PI	NST
宫内窘迫组	22	16(72.7)	14(63.6)	18(81.8)	17(77.3)
宫内非窘迫组	135	15(11.1)	14(10.4)	13(9.6)	50(37.0)
χ^2 值		45.322	36.628	62.210	12.519
P 值		0.000	0.000	0.000	0.000

表 5 单一指标检测诊断胎儿宫内窘迫的效能分析

指标	截断值	AUC	95% CI		敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
			下限	上限		下限	上限		下限	上限
NST		0.701	0.588	0.815	77.3	0.560	0.902	63.0	0.545	0.707
改良 BPS	4 分	0.874	0.802	0.945	72.7	0.515	0.870	88.9	0.823	0.932
UA-S/D	2.7	0.849	0.738	0.961	81.8	0.607	0.931	84.4	0.773	0.896
MCA-PI/UA-PI	1.1	0.820	0.686	0.953	86.4	0.656	0.959	90.4	0.841	0.944

表 6 联合指标检测诊断胎儿宫内窘迫的效能分析

指标	AUC	95% CI		敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
		下限	上限		下限	上限		下限	上限
改良 BPS 联合 NST	0.890	0.809	0.972	90.9	0.708	0.985	75.6	0.676	0.820
改良 BPS 联合 MCA-PI/UA-PI	0.890	0.790	0.990	86.4	0.656	0.959	87.4	0.806	0.920
改良 BPS 联合 UA-S/D	0.913	0.841	0.986	81.8	0.607	0.889	88.9	0.823	0.932
UA-S/D 联合 MCA-PI/UA-PI	0.863	0.740	0.985	81.8	0.607	0.931	92.6	0.867	0.960

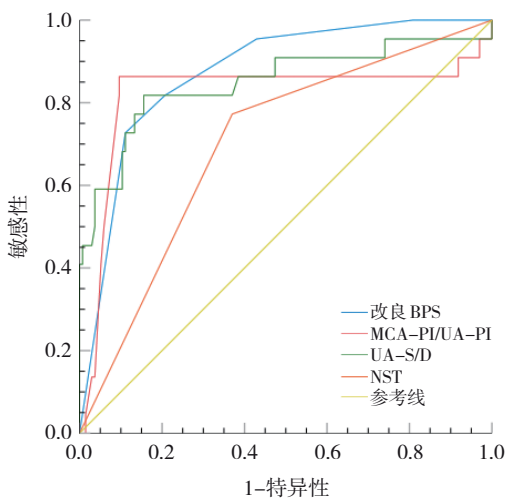


图 1 单一指标检测宫内窘迫的 ROC 曲线图

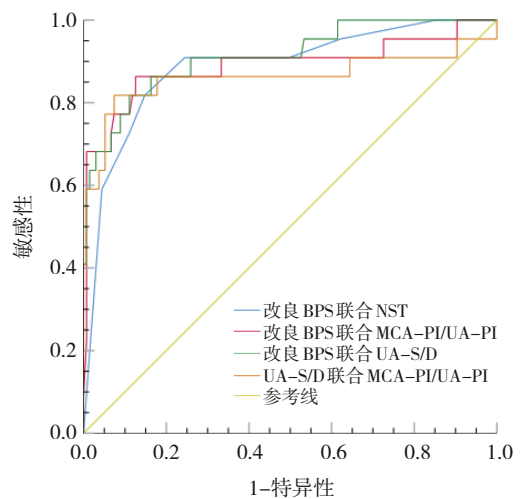


图 2 联合指标检测宫内窘迫的 ROC 曲线图

3 讨论

胎儿宫内窘迫是胎儿在宫内因缺氧及酸中毒所致的一系列病理生理改变, 为围生期严重并发症, 可导致胎儿大脑、心脏等多器官损伤, 严重者可造成不可逆的脑损伤。因此, 早期发现并及时干预胎儿宫内窘迫, 对改善围产儿预后至关重要。

传统的 BPS 是一种产前胎儿监护手段, 将 NST、胎儿肌张力、呼吸运动、羊水量及胎动等 5 项生物物理指标相结合, 目前常用于评估胎儿宫内缺氧情况。其评分越低, 提示胎儿缺氧的可能性越大^[16]。传统 BPS 不仅在评分指标上只有 2 分、0 分的标准, 容易存在“全或无”的评估风险, 且

由于其操作时间长 (通常需要 30 min), 医疗负担较重, 限制了其在临床的广泛应用。10 min 改良 BPS 不仅在时间上优化了医疗资源, 而且在评分指标上更加细化客观。本研究结果显示, 窘迫组胎动及肌张力评分均低于非窘迫组, 表明了这 2 个指标对于识别胎儿不良状态具有即时敏感性。其原因可能在于胎动、肌张力受中枢系统控制。胎儿中枢神经系统在缺氧状态下, 胎动与肌张力反应会依次消失。通常情况下, 胎儿中枢神经系统对缺氧的耐受呈“渐进性丧失”的规律, 一般首先表现为控制胎儿呼吸样运动的中枢功能受抑制。但本研究中两组呼吸运动得分比较, 差异无统计学意义, 这与部分研究报道^[17]不一致。分析原因,

首先考虑本研究阳性样本量较小,且为单中心研究;其次,检查者在行改良BPS检查时,优先观察呼吸样运动,再观察其他指标,也可能对结果产生影响。此外,该结果还可能与孕周及胎儿生理状态相关。一方面,不同孕周胎儿呼吸样运动的频率、持续时间虽有差异,但本研究孕妇均处于妊娠晚期,胎儿呼吸中枢发育已趋成熟,差异不显著;另一方面,胎儿瞬时生理状态亦可能产生影响,若监测时胎儿处于睡眠状态,会干扰呼吸样运动的准确评估。

本研究结果显示,宫内窘迫组中孕妇羊水量评分也低于非窘迫组,提示羊水过少是胎儿宫内慢性缺氧的重要标志。羊水作为胎儿的保护屏障,其容量减少不仅反映胎盘功能减退,还可能加重胎儿缺氧程度,这与研究报道一致^[18-19],羊水量异常对胎儿宫内窘迫的预测价值具有重要意义。

NST通过监测胎心率变化评估胎儿宫内储备能力,是临床应用最广泛的产前监护手段之一。本研究结果显示,宫内窘迫组与非窘迫组NST分类比较,窘迫组分类更高。本研究结果还显示,宫内窘迫组改良BPS低于非窘迫组,与文献报道较为一致^[20]。在血流动力学指标方面,脐动脉作为胎儿胎盘循环中的主要血管通道,有效地反映胎盘的血液灌注能力,监测其S/D能客观、定量地反映胎盘末梢微循环阻力及胎盘血流的灌注量^[21-23],本研究也证实宫内窘迫组胎儿UA-S/D高于宫内非窘迫组,而MCA-PI/UA-PI低于宫内非窘迫组。同时本研究结果显示,在阳性检出率方面,宫内窘迫组4个指标的阳性检出率均高于非窘迫组。其中MCA-PI/UA-PI在胎儿宫内窘迫中血流频谱的改变是胎儿宫内缺氧时“脑保护效应”的典型体现^[24]。当胎儿处于缺氧状态时,为保证心、脑等重要器官的血液供应,体内会发生血流再分布,外周血管(如脐动脉)收缩,阻力增加,大脑血流阻力降低,MCA-PI/UA-PI综合反映了这种“中心化”血流分布的强度,其比值降低是胎儿代偿失调前的重要预警信号^[25]。本研究结果进一步强化了这一理论在临床诊断中的应用价值。

尽管NST是临床应用最广泛的胎儿监护手段,本研究结果显示其敏感性与特异性不够理想,分别为77.3%与63.0%。这可能与胎儿睡眠周期干扰

有关,20%~30%的正常胎儿在监测期间处于睡眠状态,可出现Ⅲ类NST无反应型,导致假阳性结果。反映胎盘阻力的UA-S/D和综合反映脑胎盘血流再分布的MCA-PI/UA-PI也展现了较好的诊断价值。同时改良BPS通过多参数评估,且其特异性达88.9%,较传统BPS的诊断特异性60.86%^[23]有所提高,分析其原因,10 min改良BPS不仅保留了传统BPS的核心评估项目,而且超声的程序化操作能尽可能实现胎儿的有效唤醒,较好地客观评估胎儿生理活动状态。本研究样本量较小且未排除地域差异性而导致的诊断特异性差异,后续的研究可采用多中心模式继续进行探索。

鉴于单一检测指标可能存在的局限性,本研究进一步探讨了不同联合检测方案的诊断效能。本研究中的联合方案均展现出较好的诊断价值,其中,改良BPS联合NST检测在敏感性(90.9%)方面表现突出,而UA-S/D联合MCA-PI/UA-PI的组合也表现出了较好的特异性(92.6%)。这些结果为临床提供了多样化的选择,医生可根据临床实际,在侧重排除漏诊与控制误诊之间选用相应的检测方案。改良BPS联合UA-S/D及改良BPS联合MCA-PI/UA-PI的检测方案在敏感性及特异性之间均表现出稳定的诊断效能,可有效减少不必要的干预(如过早剖宫产)及避免漏诊。除改良BPS联合NST外,改良BPS联合UA-S/D、改良BPS联合MCA-PI/UA-PI,以及UA-S/D联合MCA-PI/UA-PI检测方案,均可在同一台超声设备上完成,降低了设备采购成本。改良BPS仅需10 min即可完成,UA-S/D及MCA-PI/UA-PI的检测耗时不足3 min,相较于传统BPS,大幅缩短了单次检查时间,在一定程度上平衡了母婴安全与医疗资源合理利用,具备较高的性价比,有利于临床推广应用。

本研究存在一定局限性:样本量相对有限,且为单中心回顾性研究,可能存在选择偏倚,未来需多中心、大样本前瞻性研究验证结果;未分析不同孕周的诊断效能差异,孕周不同,胎儿生理功能及对缺氧的耐受度不同,联合检测的临界值可能需根据孕周调整。未来研究可围绕两方面展开:一是探索联合检测的最佳临界值及孕周特异性校正方案,提高临床实用性;二是结合人工智能技术,构建基于多指标的胎儿宫内窘迫风险

预测模型,实现个体化评估,为临床决策提供更精准的支持。

综上所述,改良BPS、UA-S/D、MCA-PI/UA-PI及NST各指标均具备诊断胎儿宫内窘迫的临床价值,其联合检测方案也各具特点,可有效调整诊断侧重点,展现了其进一步改善诊断效能的潜力。这些结果为临床提供了多样化的选择,临床医生可根据不同的诊疗目标,优先选用相应的检测方案。此外,本研究针对“胎动减少”这一高危人群展开,研究对象更具临床针对性,对基层医院处理此类孕妇具有一定参考价值。

参 考 文 献 :

- [1] 于登锋,荆美子,高慧杰.产前三色多普勒超声评估妊娠期高血压综合征孕妇胎儿宫内窘迫的临床研究[J].海南医学,2025,36(18):2682-2686.
- [2] E AKSOY Y, D YILMAZ S, KILIÇ S. The effect of music therapy on non-stress test results and anxiety levels in high-risk pregnant women: a randomized controlled trial[J]. Int J Nurs Pract, 2024, 30(6): e13281.
- [3] MANNING F A. Fetal biophysical profile[J]. Obstet Gynecol Clin North Am, 1999, 26(4): 557-577.
- [4] 李玲,钟梅.多指标联合应用预测围产儿结局[J].实用医学杂志,2014,30(10):1604-1606.
- [5] DIXIT S, DIXIT N A, RAWAT A, et al. Color doppler ultrasound in high-low risk pregnancies and its relationship to fetal outcomes: a cross-sectional study[J]. Front Pediatr, 2024, 11: 1221766.
- [6] 吕信笑,杨崇泽,杨章慧.胎心监测结合超声脐动脉血流监测对胎儿窘迫诊断的应用[J].中国计划生育学杂志,2018,26(6):515-517.
- [7] 石英娜,江浩,魏米琳.超声检测脐动脉参数与宫内窘迫胎儿缺氧严重程度的关系探讨[J].中国计划生育学杂志,2025,33(8):1832-1835.
- [8] KALE R M, TIRUPATHI R G, SHEELA S R. Role of ultrasonography and color doppler in the assessment of High-Risk pregnancies and their accuracy in predicting fetal outcome[J]. Cureus, 2023, 15(5): e39017.
- [9] 邓彦明,万建芳,范涛,等.改进型超声生物物理评分对胎儿宫内窘迫的预测价值[J].陕西医学杂志,2022,51(8):970-973.
- [10] 张红卫.彩色多普勒超声检查大脑中动脉与脐动脉阻力指标诊断胎儿缺氧的临床意义[J].中国实用医药,2023,18(17):60-62.
- [11] KOLATE D, SURYARAO P, BHATTACHARJEE N, et al. Assessing the role of fetal doppler in high-risk obstetrics: evidence from a comprehensive study[J]. Cureus, 2024, 16(9): e68383.
- [12] 李寅红,仇菊,季滢.超声脐血流S/D比值联合24h动态血压监测对妊娠期高血压母婴结局的预测价值[J].哈尔滨医科大学学报,2022,56(3):254-258.
- [13] 郭江,赵大聪,杨昕宇,等.血清TRAF6 sFlt-1联合超声脐血流S/D比值对妊娠期高血压母婴结局的预测价值[J].安徽医学,2025,46(5):609-612.
- [14] 谢幸,孔北华,段涛.妇产科学[M].第9版.北京:人民卫生出版社,2018:54.
- [15] 谢幸,孔北华,段涛.妇产科学[M].第9版.北京:人民卫生出版社,2018:175.
- [16] BASCHAT A A, GALAN H L, LEE W, et al. The role of the fetal biophysical profile in the management of fetal growth restriction[J]. Am J Obstet Gynecol, 2022, 226(4): 475-486.
- [17] 邢爱耘.胎儿生物物理评分的临床意义[J].实用妇产科杂志,2019,35(12):885-886.
- [18] 张锐,王婷,李百玲,等.晚孕期羊水过少胎儿彩色多普勒超声血流检测预测胎儿妊娠结局的价值[J].中国妇幼保健,2022,37(19):3660-3664.
- [19] 李晓庆,刘守福,马川人,等.基于彩超观察晚孕期羊水过少孕妇胎儿动脉血流特征与胎儿窘迫的关系[J].中南医学科学杂志,2025,53(2):357-360.
- [20] 张凌,王凤,何芳,等.胎儿频谱多普勒联合胎儿生物物理学评分对胎儿宫内缺氧的诊断价值[J].海南医学,2019,30(5):616-618.
- [21] 姜虹羽,庄秀娟,蔡思铭,等.胎儿生长受限与脐动脉血流异常的相关性及影响胎儿生长的相关影响因素分析[J].河北医学,2022,28(8):1379-1383.
- [22] 张婷,陈震宇,刘森,等.子痫前期不良妊娠结局预测模型的构建与验证[J].国际妇产科学杂志,2024,51(1):21-27.
- [23] 毋蓓蓓,张盼盼,刘娜,等.胎儿生物物理评分联合脐血流动力学指标对子痫前期孕妇母婴结局的预测价值[J].临床医学,2025,45(1):12-15.
- [24] 陈李芳,陈春来,舒静.大脑中动脉脐动脉血流动力学参数联合无应激试验对胎儿窘迫的预测价值[J].中国妇幼保健,2025,40(2):360-363.
- [25] 程志华,杨瑞敏,刘翔宇,等.孕子宫动脉及胎儿大脑中动脉、肾动脉血流参数预测高龄孕妇胎儿宫内窘迫的价值[J].河北医药,2024,46(18):2768-2771.

(张西倩 编辑)

本文引用格式: 冯国隽,冯欣,刘萨,等.改良胎儿生物物理评分联合无应激试验及胎儿血流频谱对胎儿宫内窘迫诊断的临床价值[J].中国现代医学杂志,2026,36(9):27-33.

Cite this article as: FENG G J, FENG X, LIU S, et al. Clinical value of modified fetal biophysical profile score combined with non-stress test and fetal blood flow spectrum in the diagnosis of intrauterine fetal distress[J]. China Journal of Modern Medicine, 2026, 36(9): 27-33.