

超声预测子痫前期胎儿不良围产结局的临床价值

陈飒,冯帆,周昌荣,韩瑞征,张恒静,董孝贞,焦义莉,栗河舟

摘要 目的 探讨超声在预测子痫前期(PE)胎儿不良围产结局中的临床价值。方法 前瞻性选取我院收治的PE孕妇144例,依据围产期结局将其分为良好围产结局组108例和不良围产结局组36例,应用二维超声测量胎儿颅脑参数,包括胼胝体最大前后径(MADCC)、头径指数(CI)、双顶径(BPD)、头围(HC)、枕额径(OFD)及小脑横径(TCD),比较两组上述参数的差异。应用二元Logistic回归分析筛选预测PE胎儿不良围产结局的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数单独及联合应用预测PE胎儿不良围产结局的诊断效能。结果 不良围产结局组胎儿TCD、MADCC、MADCC/CI均小于良好围产结局组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);两组胎儿HC、BPD、OFD、CI比较差异均无统计学意义。二元Logistic回归分析显示,MADCC、MADCC/CI均为预测PE胎儿不良围产结局的独立影响因素($OR=1.511, 0.943$,均 $P<0.05$)。ROC曲线分析显示,当MADCC ≤ 31.93 mm、MADCC/CI ≤ 38.05 mm时,预测PE胎儿不良围产结局的曲线下面积(AUC)分别为0.822、0.756,灵敏度分别为80.6%、63.9%,特异度分别为71.1%、76.3%;MADCC联合MADCC/CI预测的AUC为0.957,高于单独应用的AUC,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);联合应用的灵敏度、特异度分别为94.4%、92.1%。结论 胎儿颅脑超声参数MADCC、MADCC/CI可有效预测PE胎儿不良围产结局,两者联合应用的预测效能更优,可为临床早期干预提供影像学依据。

关键词 超声检查;颅脑参数;子痫前期;胼胝体;预测模型

[中图法分类号]R445.1;R714.5

[文献标识码]A

Clinical value of ultrasound in predicting adverse perinatal outcomes in fetuses with preeclampsia

CHEN Sa, FENG Fan, ZHOU Changrong, HAN Ruizheng, ZHANG Hengjing, DONG Xiaozhen, JIAO Yili, LI Hezhou
Department of Ultrasound, the Third Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

ABSTRACT Objective To explore the clinical value of ultrasound in predicting adverse perinatal outcomes in fetuses with preeclampsia(PE). **Methods** A total of 144 pregnant women with PE admitted to our hospital were selected prospectively, they were divided into the good outcome group($n=108$) and the adverse outcome group($n=36$) based on perinatal outcomes. Two-dimensional ultrasound was used to measure fetal cranial parameters, including the maximum anteroposterior diameter of the corpus callosum(MADCC), cephalic index(CI), biparietal diameter(BPD), head circumference(HC), occipitofrontal diameter(OFD), and transverse cerebellar diameter(TCD), the differences in above parameters were compared between the two groups. Binary Logistic regression analysis was used to screen the independent influencing factors for predicting adverse perinatal outcomes in fetuses with PE. Receiver operating characteristic(ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of parameters used alone and in combination for predicting adverse perinatal outcomes in fetuses with PE. **Results** The TCD, MADCC, and MADCC/CI in the adverse outcome group were lower than those in the good outcome group, with statistically significant differences (all $P<0.05$). There were no significant differences in HC, BPD, OFD, and CI between the two groups. Binary Logistic regression analysis showed that MADCC and MADCC/CI were independent influencing factors for predicting adverse perinatal outcomes in fetuses with PE ($OR=1.511, 0.943$, both $P<0.05$). ROC curve analysis showed that when MADCC ≤ 31.93 mm and MADCC/CI ≤ 38.05 mm, the area under the curve(AUC) for predicting adverse perinatal outcomes were 0.822 and

基金项目:河南省医学适宜技术推广项目(SYJS2022066)

作者单位:郑州大学第三附属医院超声科,河南 郑州 450052

通讯作者:栗河舟, Email: lihezhou67@126.com

0.756, with sensitivities of 80.6% and 63.9%, and specificities of 71.1% and 76.3%, respectively. The AUC of prediction by MADCC combined with MADCC/CI was 0.957, which was higher than that of parameters used alone, with statistically significant differences (all $P < 0.05$), with a sensitivity of 94.4% and a specificity of 92.1%. **Conclusion** The fetal cranial ultrasound parameters MADCC and MADCC/CI can effectively predict adverse perinatal outcomes in fetuses with PE, and their combined predictive efficacy is significantly better, which can provide an imaging basis for clinical early intervention.

KEY WORDS Ultrasonography; Cranial parameters; Preeclampsia; Corpus callosum; Predictive model

子痫前期(preeclampsia, PE)作为妊娠中晚期特有的多系统功能障碍综合征,以孕 20 周后新发高血压(收缩压 ≥ 140 mmHg 和/或舒张压 ≥ 90 mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa)合并蛋白尿或终末器官损害为临床特征,全球发病率为 2%~8%,呈显著地域差异,病因至今尚不清楚,可导致 25% 的围产儿死亡及 18% 的早产事件^[1]。其核心病理生理机制源于胎盘螺旋动脉重铸异常功能不全^[2],由此引发的子宫-胎盘缺血再灌注损伤可诱导氧化应激级联反应,通过胎盘源性外泌体介导的内皮功能障碍,最终引发特征性“脑保护效应”——即胎儿脑血流动力学代偿性重分布(大脑中动脉搏动指数降低伴脐动脉阻力指数升高)^[3]。近年研究^[4]证实,PE 相关早产儿白质纤维束微观结构完整性受损。尽管多普勒血流动力学参数[如子宫动脉搏动指数、脐动脉收缩期峰值流速与舒张末期流速比值(S/D)]已被纳入 PE 不良围产结局预测模型^[5],但基于二维超声的胎儿形态学定量评估体系尚未见系统报道。本研究旨在构建基于颅脑形态生物标志物的多参数预测模型,为 PE 胎儿的精准管理提供影像学依据。

资料与方法

一、研究对象

前瞻性选取 2023 年 6 月至 2024 年 8 月我院收治的 PE 孕妇 144 例,年龄 21~40 岁,孕 24~35 周,依据围产期结局将其分为良好围产结局组 108 例,不良围产结局组 36 例。纳入标准:① PE 的诊断标准参考《妊娠期高血压疾病诊治指南(2020)》^[6];② 符合不良围产结局判定标准^[7],即新生儿死亡、新生儿缺氧缺血性脑病、新生儿坏死性小肠结肠炎、新生儿呼吸窘迫综合征、入新生儿科或新生儿重症监护室中的任意一项或多项。排除标准:① 孕妇末次月经记录不详;② 孕妇合并甲状腺疾病、糖尿病或自身免疫性疾病;③ 胎儿合并染色体疾病或畸形;④ 临床资料不完整或图像质量差。本研究经我院医学伦理委员会批准(批准号:2024-047-01),所有孕妇或其家属均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 超声检查:使用 GE Voluson E8、E10 彩色多普勒超声诊断仪, C1-6 探头,频率 1.0~6.0 MHz; C2-9 探头,频率 2.0~9.0 MHz。孕妇取仰卧位,将游标置于胎儿近端颅骨骨板外缘至远端颅骨骨板内缘测量双顶径(BPD);将游标放置于额骨回声中点和枕骨回声中点测量枕额径(OFD);沿胎儿颅骨外缘包络测量头围(HC),不包括头皮及软组织,并计算头径指数(CI),公式为: $CI = BPD / OFD$ ^[8-9];于胎儿丘脑水平横切面的基础上,以探头中点为轴心,探头标记侧向胎儿尾侧旋转约 30°~60°,待胼胝体压部清晰显示,微调探头至两侧大脑半球对称,此切面要求显示的颅脑结构包括透明隔腔、双侧对称的丘脑、胼胝体膝部和压部、外侧裂、胼胝体膝部前方及压部后方的强回声大脑镰等^[10],测量胼胝体膝部最前端处大脑镰强回声点至胼胝体压部最后端处大脑镰强回声点间的直线距离,即胎儿胼胝体最大前后径(MADCC);于胎儿小脑水平横切面垂直于脑中线处测量从近场小脑外缘至远场小脑外缘的直线距离,即小脑横径(TCD)^[8-9],并计算 MADCC 与 CI 的比值(MADCC/CI)。以上操作均由 2 名具有 10 年以上工作经验的超声医师完成,所有参数均重复测量 3 次取平均值。

2. 临床资料获取:记录孕妇年龄、身高、孕前体质量和末次月经日期,计算孕前体质量指数(BMI),并根据末次月经日期估算孕周;通过胎儿超声生物学参数估算超声孕周。随访至分娩后 1 周,记录新生儿出生孕周、出生体质量、1 min 及 5 min Apgar 评分、围产结局。

3. 重复性检验:随机抽取 30 例孕妇的超声图像,由 2 名具有 10 年以上工作经验的高年资医师分别测量 MADCC,进行观察者间重复性检验;1 周后由其中 1 名医师再次根据上述图像测量 MADCC,进行观察者内重复性检验。

三、统计学处理

应用 SPSS 27.0 统计软件进行数据分析。采用 Shapiro-Wilk 检验评估数据的正态分布特性;正态分

布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 两组比较采用 *t* 检验; 非正态分布的计量资料以 *M* (IQR) 表示, 两两比较采用 Dunn's 检验 (经 Bonferroni 法校正)。采用二元 Logistic 回归分析筛选预测 PE 胎儿不良围产结局的独立影响因素。绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线分析各参数单独及联合应用预测 PE 胎儿不良围产结局的诊断效能。采用组内相关系数 (ICC) 评估 MADCC 的观察者间和观察者内的可重复性; 其中 ICC > 0.75 表明可重复性好。P < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组临床资料比较

不良围产结局组新生儿出生孕周、出生体质量、1 min Apgar 评分、5 min Apgar 评分均低于良好围产结

局组, 差异均有统计学意义 (均 *P* < 0.05); 两组孕妇年龄、身高、孕前体质量、孕前 BMI、孕周、超声孕周比较差异均无统计学意义。见表 1。

二、两组胎儿颅脑超声参数比较

不良围产结局组胎儿 TCD、MADCC、MADCC/CI 均小于良好围产结局组, 差异均有统计学意义 (均 *P* < 0.05); 两组胎儿 HC、BPD、OFD、CI 比较差异均无统计学意义。见图 1~3 和表 2。

三、二元 Logistic 回归分析

将两组比较差异有统计学意义的胎儿颅脑超声参数纳入单因素 Logistic 回归分析, 结果显示 TCD、MADCC、MADCC/CI 均与 PE 胎儿不良围产结局相关 (*OR* = 2.039、1.571、1.313, 均 *P* < 0.05)。进一步行多因素 Logistic 回归分析, 结果显示 MADCC、MADCC/CI 均

表 1 两组临床资料比较

组别	孕妇一般资料						新生儿一般资料			
	年龄 (岁)	身高 (cm)	孕前体质量 (kg)	孕前 BMI (kg/m ²)	孕周 (周)	超声孕周 (周)	出生孕周 (周)	出生体质量 (g)	1 min Apgar 评分 (分)	5 min Apgar 评分 (分)
不良围产结局组 (36)	30.1 ± 3.6	158.0 ± 5.0	53.8 ± 7.6	23.2 ± 0.6	30.7 ± 2.3	29.0 ± 2.6	32.8 ± 2.8	1860 ± 256	10 (1)	10 (1)
良好围产结局组 (108)	29.6 ± 3.5	160.0 ± 6.0	52.6 ± 7.0	23.3 ± 0.5	29.9 ± 2.5	28.8 ± 3.2	34.6 ± 2.6	2042 ± 328	10 (0)	10 (0)
<i>t</i> / <i>Z</i> 值	0.737	-1.801	0.872	-0.987	1.406	0.342	-3.529	-3.033	-2.341	-2.046
<i>P</i> 值	0.462	0.074	0.385	0.325	0.164	0.733	0.001	0.003	0.019	0.041

BMI: 体质量指数

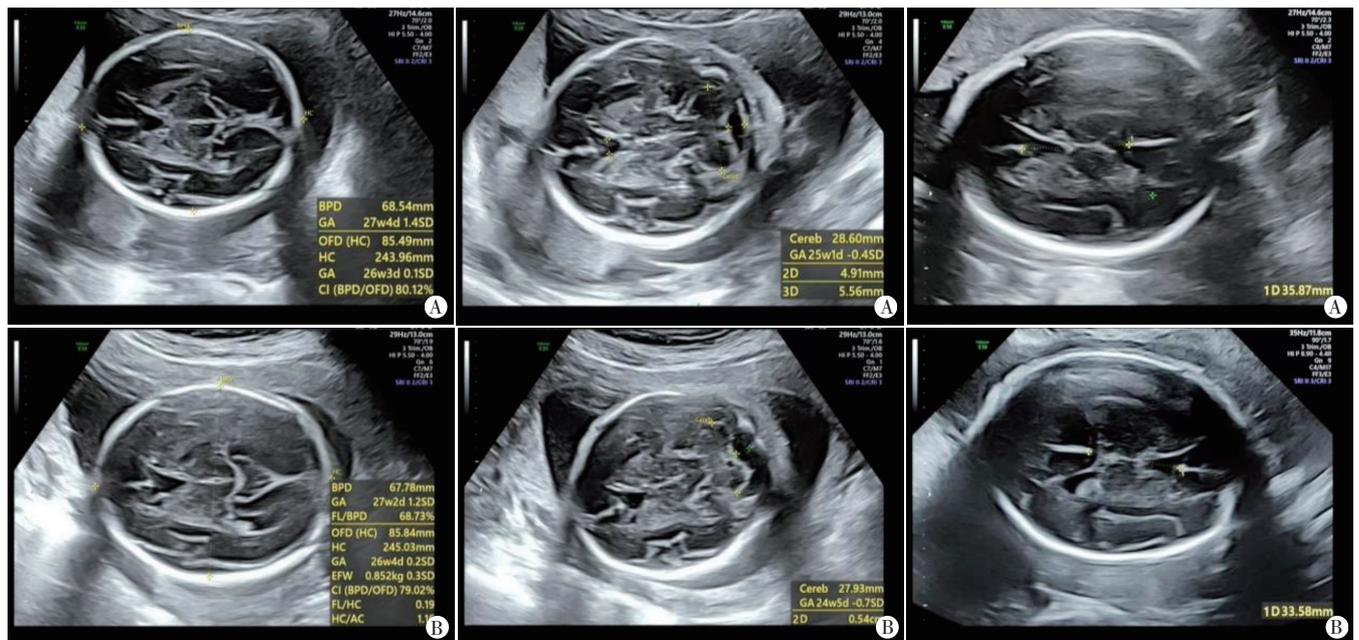


图 1 两组胎儿 BPD、HC、OFD、CI 测量图
A: 良好围产结局组 (孕妇 34 岁, 孕 25⁺ 周), BPD、HC、OFD、CI 分别为 68.54 mm、243.96 mm、85.49 mm、0.80; B: 不良围产结局组 (孕妇 34 岁, 孕 25⁺ 周), BPD、HC、OFD、CI 分别为 67.78 mm、245.03 mm、85.84 mm、0.79



图 2 两组胎儿 TCD 测量图
A: 良好围产结局组 (孕妇 34 岁, 孕 25⁺ 周), TCD 为 28.60 mm; B: 不良围产结局组 (孕妇 34 岁, 孕 25⁺ 周), TCD 为 27.93 mm

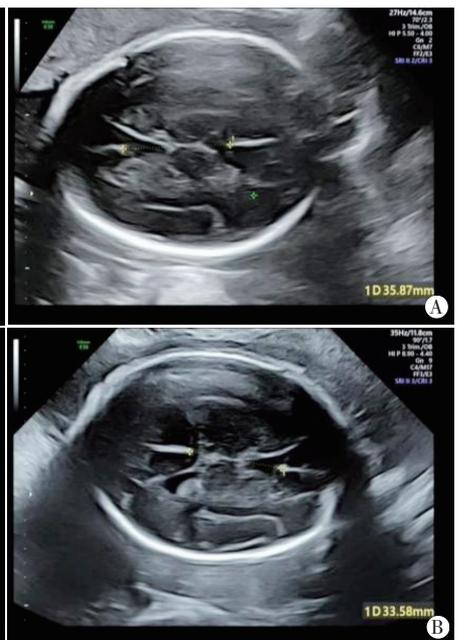


图 3 两组胎儿 MADCC 测量图
A: 良好围产结局组 (孕妇 32 岁, 孕 29⁺ 周), MADCC 为 35.87 mm; B: 不良围产结局组 (孕妇 32 岁, 孕 29⁺ 周), MADCC 为 33.58 mm

图 1 两组胎儿 BPD、HC、OFD、CI 测量图

表2 两组胎儿颅脑超声参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	HC(mm)	BPD(mm)	OFD(mm)	CI	TCD(mm)	MADCC(mm)	MADCC/CI(mm)
不良围产结局组(36)	270.49±28.98	74.34±7.01	86.27±8.51	0.86±0.05	36.51±3.79	30.01±3.20	35.31±3.86
良好围产结局组(108)	271.12±24.26	74.69±8.90	87.99±11.82	0.85±0.04	38.96±2.79	33.78±2.81	39.22±4.14
<i>t</i> 值	0.101	-0.189	-0.723	1.069	-4.151	5.370	-4.998
<i>P</i> 值	0.920	0.850	0.472	0.288	<0.001	<0.001	<0.001

HC: 头围; BPD: 双顶径; OFD: 枕额径; CI: 头径指数; TCD: 小脑横径; MADCC: 胼胝体最大前后径

为预测 PE 胎儿不良围产结局的独立影响因素 ($OR=1.511, 0.943$, 均 $P<0.05$); 基于此建立二者联合应用的方程式为: $Logit(P) = -34.245 + 0.412 \times MADCC - 0.059 \times MADCC/CI$ 。见表3。

四、ROC 曲线分析

当 $MADCC \leq 31.93$ mm 时, 其预测 PE 胎儿不良围产结局的曲线下面积 (AUC) 为 0.822 (95% 可信区间: 0.728~0.917), 灵敏度、特异度分别为 80.6%、71.1%; 当

表3 二元 Logistic 回归分析结果

变量	单因素 Logistic 回归分析			多因素 Logistic 回归分析		
	回归系数	OR 值及其 95% 可信区间	<i>P</i> 值	回归系数	OR 值及其 95% 可信区间	<i>P</i> 值
TCD	0.712	2.039(1.491~2.787)	<0.001	0.654	1.923(0.807~2.828)	0.197
MADCC	0.451	1.571(1.250~1.974)	<0.001	0.412	1.511(1.409~2.625)	<0.001
MADCC/CI	0.273	1.313(1.119~1.541)	<0.001	-0.059	0.943(0.594~0.978)	<0.001

$MADCC/CI \leq 38.05$ mm 时, 其预测 PE 胎儿不良围产结局的 AUC 为 0.756 (95% 可信区间: 0.648~0.864), 灵敏度、特异度分别为 63.9%、76.3%; MADCC 联合 MADCC/CI 预测 PE 胎儿不良围产结局的 AUC 为 0.957 (95% 可信区间: 0.911~0.987), 高于单独应用的 AUC, 差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$); 联合应用的灵敏度、特异度分别为 94.4%、92.1%。见图4。

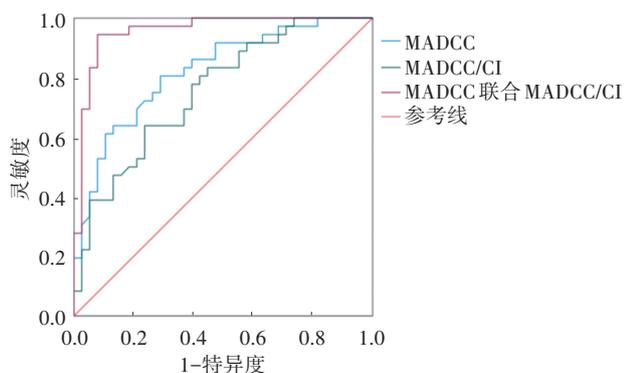


图4 MADCC、MADCC/CI 单独及联合应用预测 PE 胎儿不良围产结局的 ROC 曲线图

五、重复性检验

胎儿 MADCC 观察者间和观察者内的 ICC 值分别为 0.984 (95% 可信区间: 0.978~0.989)、0.983 (95% 可信区间: 0.977~0.988), 表明 MADCC 在观察者间及观察者内均具有良好的可重复性。

讨论

近年来, 多普勒超声已成为高危妊娠监测及不良

妊娠结局预测的重要工具, 研究^[5]表明, 以子宫动脉搏动指数、脐动脉 S/D 为代表的多普勒血流动力学参数在评估胎盘-胎儿循环功能方面具有重要诊断价值。Duragkar 等^[10]通过前瞻性队列研究证实, 子宫动脉 S/D 联合舒张早期切迹预测妊娠期高血压疾病患者胎儿不良围产结局的灵敏度可达 82.6%。李帆等^[11]应用主动脉峡部峰值流速积分评估 PE 胎儿缺氧状态, 发现其预测胎儿不良围产结局的灵敏度为 64.0%, 但特异度仅 45.0%。相较于二维超声检查的直观性和可重复性, 多普勒检测对操作者的技术要求更高, 其参数测量易受取样角度、胎儿体位等因素干扰^[12]。基于此, 本研究通过构建标准化的二维颅脑测量体系, 系统比较不同预后 PE 胎儿的颅脑发育特征, 基于胼胝体-CI 构建多参数预测模型, 旨在为临床评估 PE 胎儿围产期风险提供影像学依据。

传统胎儿胼胝体超声评估主要依赖正中矢状切面或三维成像技术。然而, 正中矢状切面受限于胎儿体位影响, 其获取成功率仅为 52%~84%^[13-14]; 三维成像技术虽可通过颅脑横切面重建胼胝体矢状面, 但重建图像分辨率显著低于二维成像^[15]。近年研究^[10, 16]证实二维超声颅脑横切面测量在操作可行性方面具有显著优势: 其切面获取成功率可达 100%, 且 MADCC 测量与孕周呈强相关 ($r=0.913, P<0.05$)。本研究胎儿 MADCC 在观察者间和观察者内的 ICC 值分别为 0.984 (95% 可信区间: 0.978~0.989)、0.983 (95% 可信区间: 0.977~0.988), 表明 MADCC 在观察者间及观察者内均

具有良好的可重复性,而三维成像技术由于图像分辨率限制,主要用于辅助观察胼胝体形态和定性评估胼胝体。本研究结果显示,不良围产结局组胎儿 MADCC、MADCC/CI 均小于良好围产结局组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。与 Zheng 等^[17]的 MRI 研究达成跨模态印证。该研究通过 MRI 定量分析发现,与良好围产结局组比较,不良围产结局组胎儿胼胝体长度中位数缩小了 3.4%(经 CI 校正后),差异有统计学意义($P < 0.05$),表明无论采用超声横切面直接测量还是 MRI 定量评估,胼胝体发育参数与胎儿围产结局均存在显著相关性,这为建立多模态评估体系提供了理论支持。本研究两组胎儿孕周、超声孕周,以及 HC、BPD、OFD 比较差异均无统计学意义。表明不良围产结局胎儿与良好围产结局胎儿的头部形状尚未见明显差异。

本研究将两组比较差异有统计学意义的胎儿颅脑超声参数纳入单因素 Logistic 回归分析,结果显示 TCD、MADCC、MADCC/CI 均与 PE 胎儿不良围产结局相关($OR = 2.039, 1.571, 1.313$, 均 $P < 0.05$);进一步行多因素 Logistic 回归分析,结果显示 MADCC、MADCC/CI 均为预测 PE 胎儿不良围产结局的独立影响因素($OR = 1.511, 0.943$, 均 $P < 0.05$)。表明在胎儿脑发育的过程中,脑白质区域对缺氧可能更敏感。Paules 等^[18]研究表明,在胎儿大脑严重缺氧的情况下,与灰质区域相比,白质区域会受到更大的影响。这可能与慢性缺氧容易导致未成熟的少突胶质细胞和胼胝体纤维受损相关^[19]。本研究创新性尝试联合 MADCC、MADCC/CI,结果显示 MADCC 联合 MADCC/CI 预测 PE 胎儿不良围产结局的 AUC 为 0.957(95% 可信区间:0.911~0.987),高于单独应用的 AUC,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);联合应用的灵敏度、特异度分别为 94.4%、92.1%,均高于单独应用(80.6%、63.9% 和 71.1%、76.3%)。分析原因为:慢性缺氧时,胎儿通过颅缝扩张增加颅腔容积以容纳水肿的脑组织^[20]。CI 异常可作为缺氧性颅脑代偿的间接标志物,而单独的 CI 异常可能受遗传因素影响^[21]。MADCC 减小反映了胎儿胼胝体长度缩短,但单纯的胼胝体长度缩短可能会受到遗传因素或者测量误差的影响^[22],无法区分生理性胼胝体长度缩短与病理性缺氧损伤。MADCC/CI 整合了胼胝体与头颅形态的信息,减少了假阳性结果,因此 MADCC 联合 MADCC/CI 可提高预测 PE 胎儿不良围产结局的特异度。另外,在早期缺氧阶段,胼胝体可能尚未显著缩短,但 CI 可由于脑水肿出现轻微改变,在缺氧的进展

阶段,MADCC/CI 可同时反映白质损伤和颅脑代偿的信息,减少假阴性结果,因此 MADCC 联合 MADCC/CI 可提高预测 PE 胎儿不良围产结局的灵敏度和特异度。

本研究不良围产结局组胎儿 TCD 小于良好围产结局组,差异有统计学意义($P < 0.05$),提示小脑发育迟缓可能是 PE 胎儿不良围产结局的重要生物标志物。从神经发育机制层面,小脑作为中枢神经系统的“运动协调中枢”,其浦肯野细胞层通过苔状纤维-颗粒细胞环路参与认知功能调控^[23]。超声测量 TCD 的异常减小不仅可反映小脑体积发育受限,还能预示神经元迁移障碍或突触形成异常,导致自主神经调节功能受损。且本研究单因素 Logistic 回归分析显示 TCD 与不良围产结局相关($OR = 2.039, P < 0.05$),但在多因素模型中该参数未能保持独立预测价值。这一不一致现象可从双重生理机制解释:①小脑血管的解剖特异性,其椎-基底动脉供血系统(占全脑血流量 20%)^[24]具有更强的血流自动调节能力;②小脑在孕 28 周后开始快速发育^[25],孕 28 周前谷氨酸转运体 GLT-1 的高表达增强其对缺氧的耐受阈值,这可能延缓缺血损伤的临床症状显现。

本研究的局限性:①样本量相对有限,且未按 PE 临床分型(早发型/晚发型)进行分层分析;②本研究为横断面设计,限制了颅脑发育轨迹的动态评估,建议后续采用纵向研究监测孕 24~35 周胼胝体生长速率;③未纳入扩散张量纤维束成像等其他重要影像参数,今后可构建多模态影像融合模型提升预测精准度。

综上所述,胎儿颅脑超声参数 MADCC、MADCC/CI 可有效预测 PE 胎儿不良围产结局,两者联合应用的预测效能更优,可为临床早期干预提供影像学依据。

参考文献

- [1] Allard M, Grosch S, Jouret F, et al. Prevention of preeclampsia and its complications[J]. Rev Med Liege, 2024, 79(5-6): 448-454.
- [2] 叶伟, 胡敏, 龙珠, 等. 妊娠期高血压患者孕中期胎儿脐动脉频谱多普勒变化及其与妊娠结局的关系[J]. 临床超声医学杂志, 2023, 25(3): 188-192.
- [3] Xu R, Zhu Z, Tang W, et al. Inferior adrenal artery PI in fetuses with iugr: value indicating early blood redistribution and steroidogenic response[J]. J Clin Endocr Metab, 2020, 105(12): dgaa610.
- [4] Rogers CE, Smyser T, Smyser CD, et al. Regional white matter development in very preterm infants: perinatal predictors and early developmental outcomes[J]. Pediatr Res, 2016, 79(1): 87-95.
- [5] 陈欣林, 黄慧, 陈佩文. 产科超声多普勒血流评估新进展[J]. 实用妇产科杂志, 2024, 40(11): 864-866.
- [6] 中华医学会妇产科学分会妊娠期高血压疾病学组. 妊娠期高血压疾病诊治指南(2020)[J]. 中华妇产科杂志, 2020, 55(4): 227-238.

- [7] Jouannic JM, Blondiaux E, Senat MV, et al. Prognostic value of diffusion-weighted magnetic resonance imaging of brain in fetal growth restriction: results of prospective multicenter study[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2020, 56(6): 893-900.
- [8] Salomon LJ, Alfirevic Z, Berghella V, et al. ISUOG Practice Guidelines (updated): performance of the routine mid-trimester fetal ultrasound scan [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2022, 59(6): 840-856.
- [9] 中华医学会超声医学分会妇产超声学组, 国家卫生健康委妇幼司全国产前诊断专家组医学影像组. 超声产前筛查指南[J]. *中华超声影像学杂志*, 2022, 31(1): 1-12.
- [10] Duragkar S, Mahajan KS, Dewani D. Uterine artery Doppler indices as predictor of adverse fetal outcome in hypertensive disorders of pregnancy: an observational study[J]. *Cureus*, 2023, 15(11): e49265.
- [11] 李帆, 张东红, 刘亚君. 主动脉峡部多普勒血流参数对子痫前期胎儿围产不良结局的早期预测价值[J]. *临床心身疾病杂志*, 2021, 27(1): 106-109.
- [12] 曾晴, 文华轩, 袁鹰, 等. 中晚期胎儿胼胝体观察新方法: 二维颅脑横切面法[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019, 16(7): 495-503.
- [13] Miguelote RF, Vides B, Santos RF, et al. The role of three-dimensional imaging reconstruction to measure the corpus callosum: comparison with direct mid-sagittal views [J]. *Prenat Diagn*, 2011, 31(9): 875-880.
- [14] 徐晚虹, 金鹏, 李少辉, 等. 二维超声测量 20~40 周正常胎儿胼胝体径线[J]. *福建医科大学学报*, 2008, 42(3): 280-283.
- [15] 曾晴, 李胜利. 产前超声评估胎儿胼胝体发育状况的研究进展[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019, 16(3): 166-172.
- [16] Zeng Q, Wen H, Yuan Y, et al. A novel technique to assess fetal corpus callosum by two-dimensional axial plane [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(11): 5871-5880.
- [17] Zheng W, Zhang X, Feng Y, et al. Association of corpus callosum development with fetal growth restriction and maternal preeclampsia or gestational hypertension [J]. *JAMA Netw Open*, 2022, 5(8): e2226696.
- [18] Paules C, Miranda J, Policiano C, et al. Fetal neurosonography detects differences in cortical development and corpus callosum in late-onset small fetuses [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2021, 58(1): 42-47.
- [19] Vasung L, Jovanov-Milosevic N, Pletikos M, et al. Prominent periventricular fiber system related to ganglionic eminence and striatum in the human fetal cerebrum [J]. *Brain Struct Funct*, 2011, 215(3-4): 237-253.
- [20] 岳少杰. 新生儿脑水肿与颅内高压的治疗[J]. *中华妇幼临床医学杂志(电子版)*, 2015, 11(1): 4-8.
- [21] 吴颖之, 彭美芳, 穆雄铮. 先天性颅缝早闭症的遗传学研究进展[J]. *中华整形外科杂志*, 2022, 38(5): 595-600.
- [22] 侯雅勤, 时盼来, 朱晓帆, 等. 染色体核型分析和基因组拷贝数变异测序及全外显子组测序在胼胝体异常胎儿产前诊断中应用[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2024, 38(12): 1196-1202.
- [23] Schmahmann JD. The cerebellum and cognition [J]. *Neurosci Lett*, 2019, 688: 62-75.
- [24] Tam EW. Potential mechanisms of cerebellar hypoplasia in prematurity [J]. *Neuroradiology*, 2013, 55 Suppl 2: 41-46.
- [25] Volpe JJ. Cerebellum of the premature infant: rapidly developing, vulnerable, clinically important [J]. *J Child Neurol*, 2009, 24(9): 1085-1104.

(收稿日期: 2024-11-05)

(上接第383页)

超声引导向瘤腔内注入 0.8 ml 凝血酶溶液 (250 U/ml), 超声动态监测显示注射后 30 s 内瘤腔开始出现絮状高回声物, 120 s 后完全形成稳定血栓回声团 (图 1E); 术后即刻超声造影显示瘤体内未见造影剂灌注 (图 1F)。2 d 后复查超声显示 PSA 内血栓形成且无血流进入。2 周后复查超声显示瘤体大小约 12 mm×9 mm×10 mm, 体积缩小率约 60%。3 个月后复查超声显示瘤体已被完全吸收。

讨论: 肋间动脉 PSA 作为胸腔穿刺引流术后并发症之一, 临床罕见, 目前 PubMed 数据库仅收录 2 例相关报道^[1-2]。该并发症发生率虽未明确, 但若瘤体破裂可引起血胸导致患者休克甚至死亡^[1], 故早期识别及干预对改善患者预后至关重要。既往文献^[1-2]报道 PSA 以血胸为最常见的首发症状, 本病例呈现独特的“无出血型”特征, 患者仅表现为局部搏动性肿块而无活动性出血。彩色多普勒超声不仅能实时显示瘤体与载瘤动脉的解剖关系, 还可精准捕捉瘤颈处特征性的“往返血流”频谱, 同时评估瘤腔内血栓形成情况。本病例通过系列超声检查实现了从初诊、治疗决策到随访监测的全流程管理, 充分体现了该技术无创、可重复及无肾毒性的临床应用价值。

在治疗决策方面, 既往文献中报道的 2 例病例均采用血管内栓塞治疗, 其中 Long 等^[1]报道的病例因进行性出血导致治疗

失败, 而 Casper 等^[2]通过弹簧圈栓塞成功止血。然而, 考虑到本例患者高龄且存在肾功能不全的情况, 使用造影剂可能会对其肾功能造成进一步损害, 故在条件允许的情况下, 首选其他侵入性较小的治疗方式。超声引导下压迫是治疗外周动脉 PSA 的首选方法, 但本例患者治疗无效, 推测与患者高龄、血管壁广泛粥样硬化或穿刺至治疗时间较长、通道不易闭合等因素有关。本病例后续选择 UGTI 治疗, 提示临床在处置特殊人群的血管并发症时, 需综合考虑患者基础状况, 制定并采取个体化治疗策略。

总之, 对于胸腔穿刺引流术后穿刺部位出现搏动性包块的患者, 及时进行超声检查有助于早期诊断肋间动脉 PSA; 在非急诊情况下, UGTI 可作为一种安全、有效的治疗手段。

参考文献

- [1] Long SS, Johnson PT, Fishman EK. Intercostal artery pseudoaneurysm due to thoracentesis [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2012, 36(1): 100-102.
- [2] Casper KP, Sanchirico PJ, Pfeiffer DC. Intercostal artery pseudoaneurysm following thoracentesis: multi-modal imaging and treatment [J]. *BMC Med Imaging*, 2019, 19(1): 31.

(收稿日期: 2024-11-05)