

剪切波弹性成像、超声微血管成像技术及子宫动脉多普勒超声血流成像在子痫前期孕晚期孕妇中的应用价值

韩美君^{1,2}, 杨宗利¹

¹青岛大学附属医院超声科, 山东 青岛

²日照市人民医院超声科, 山东 日照

收稿日期: 2025年8月2日; 录用日期: 2025年8月26日; 发布日期: 2025年9月4日

摘要

目的: 探讨胎盘剪切波弹性成像、超声微血管成像技术及子宫动脉多普勒超声血流成像在子痫前期孕晚期孕妇中的应用价值。方法: 回顾性选取2023年1月至2025年1月我院产检并住院分娩的180例孕晚期妊娠妇女(子痫前期组80例, 正常组100例), 使用剪切波弹性成像(SWE)测量两组孕妇前壁胎盘弹性值; 采用频谱多普勒检测子宫动脉血流动力学参数(RI, S/D, PI), 并同步进行微血管成像(VFI)评估胎盘灌注情况, 记录两组孕妇脐动脉血流(S/D)、搏动指数(PI)、阻力指数(RI)以及胎盘血管化指数(VI), 依据妊娠结局差异, 将子痫前期(PE)孕妇划分为: 不良结局组(n = 25)与良好结局组(n = 55), Logistic回归分析各参数与胎儿不良结局的关系。绘制ROC曲线, 分析各指标对PE组孕妇不良妊娠结局的预测价值。结果: PE组孕妇胎盘弹性、脐动脉血流、子宫动脉各血流参数均高于正常组, 胎盘血管化指数(VI)低于正常组(P < 0.05)。PE组中不良组胎盘弹性、脐动脉血流S/D、PI、RI, 以及子宫动脉阻力指标(S/D, PI, RI)异常升高, 同时伴随微血管灌注量(VI)下降, 组间差异具有临床显著性(P < 0.05), Logistic回归分析显示, 胎盘平均弹性、脐血流PI, 子宫动脉S/D、RI、胎盘VI值都为导致子痫前期晚孕孕妇不良结局的主要因素。ROC曲线分析结果显示, 胎盘平均弹性, 脐动脉血流PI, 胎盘血管化指数VI, 子宫动脉S/D、RI预测不良妊娠结局的曲线下面积(AUC)分别为0.780、0.670、0.771、0.621、0.760 (P < 0.05)。结论: 在孕晚期子痫前期患者中, 通过胎盘弹性联合超声微血管成像技术监测血流相关参数, 结合子宫动脉的各项血流参数变化对妊娠结局预测具有重要的临床参考价值。

关键词

超声微血管成像技术, 胎盘剪切波弹性成像, 子宫动脉血流, 子痫前期, 应用价值

The Application Value of Shear Wave Elastography, Ultrasound Microvascular Imaging Technology and Uterine Artery Doppler Ultrasound Blood Flow Imaging in Pregnant Women with Preeclampsia in the Third Trimester

Meijun Han^{1,2}, Zongli Yang¹

¹Department of Ultrasound, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Ultrasound, Rizhao People's Hospital, Rizhao Shandong

Received: Aug. 2nd, 2025; accepted: Aug. 26th, 2025; published: Sep. 4th, 2025

Abstract

Objective: To explore the application value of placental shear wave elastography, ultrasound microvascular imaging technology and uterine artery Doppler ultrasound blood flow imaging in pregnant women with preeclampsia in the third trimester. **Method:** A retrospective selection was made of 180 pregnant women in the third trimester who underwent prenatal examinations and delivered in our hospital from January 2023 to January 2025 (80 cases in the preeclampsia group and 100 cases in the normal group). Shear wave elastography (SWE) was used to measure the placental elasticity values of the anterior wall in the two groups of pregnant women. The hemodynamic parameters of uterine arteries (RI, S/D, PI) were detected by spectral Doppler, and microvascular imaging (VFI) was simultaneously performed to evaluate placental perfusion. The umbilical artery blood flow (S/D), pulsatility index (PI), resistance index (RI), and placental vascularization index (VI) of the two groups of pregnant women were recorded. According to the differences in pregnancy outcomes, pregnant women with preeclampsia (PE) were divided into the poor outcome group (n = 25) and the good outcome group (n = 55). Logistic regression analysis was conducted to explore the relationship between each parameter and adverse fetal outcomes. The ROC curve was plotted. The predictive value of each index for adverse pregnancy outcomes is analyzed in pregnant women of the PE group. **Results:** The placental elasticity, umbilical artery blood flow, placental vascularization index (VI), and various blood flow parameters of the uterine artery in the PE group of pregnant women were all higher than those in the normal group ($P < 0.05$). In the PE group, the placental elasticity, umbilical artery blood flow S/D, PI and RI, and uterine artery S/D, PI and RI in the poor group were all higher than those in the control group, and VI was lower than that in the control group. The differences were statistically significant ($P < 0.05$). In the PE group, the placental elasticity, umbilical artery blood flow S/D, PI, RI, as well as uterine artery S/D, PI, and RI were significantly higher than those in the control group, while the VI was lower than that in the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). Logistic regression analysis indicated that the average elasticity of the placenta, umbilical blood flow PI, uterine artery S/D, RI, and placental VI values were all the main factors leading to adverse outcomes in late pregnancy for preeclamptic pregnant women. The results of ROC curve analysis showed that the areas under the curve (AUC) for predicting adverse pregnancy outcomes by the average elasticity of the placenta, umbilical artery blood flow PI,

placental vascularization index VI, uterine artery S/D, and RI were 0.780, 0.670, 0.771, 0.621 and 0.760 respectively ($P < 0.05$). Conclusion: In patients with preeclampsia in the third trimester of pregnancy, monitoring blood flow-related parameters through placental elasticity combined with ultrasound microvascular imaging technology, and combining the changes in various blood flow parameters of the uterine artery to predict pregnancy outcomes has important clinical reference value.

Keywords

Ultrasound Microvascular Imaging Technology, Shear Wave Elastography of the Placenta, Uterine Artery Blood Flow, Preeclampsia, Application Value

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

子痫前期是一种常见的以新发高血压、蛋白尿为主要特征的妊娠期特异性疾病, 目前已成为孕产妇及胎儿死亡的主要原因[1]。脐动脉血流动力学监测是一项无创、成本低且操作简单的检查手段, 既往已有研究发现, 彩色多普勒超声监测脐血流动力学指标可有效评估围产儿结局[2]。子痫前期孕妇子宫动脉血流状态异常, 其阻力较高, 影响血供, 并且血管内皮损伤, 进而损伤全身器官和系统[3]。临床评估胎盘功能主要依赖于孕妇胎盘血流灌注检查, 超声技术因其无创、可重复性及低辐射等优点而在该领域得到广泛应用, 然而常规超声检查难以直观地反映局部血流灌注状况[4]。剪切波弹性成像(SWE)通过测量剪切波传播速度实现组织硬度的实时定量分析, 该技术兼具高分辨率和良好重复性, 且操作简便无创超声微血管成像技术是一种新兴的技术, 能够通过抑制背景噪声以高速率提取低速率血流信号, 克服了常规超声检查难以直观显示局部血流灌注的局限, 同时无需使用造影剂[5]。

采用超声微血管成像技术监测子痫前期孕晚期患者胎盘血流, 结合胎盘弹性以及子宫动脉血流动力学参数分析, 可为妊娠结局预测提供重要临床参考指标, 为围生儿预后状况预测提供更准确、更客观的科学诊断参考依据。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

选取 2023 年 1 月至 2025 年 1 月在我院产检并住院分娩的 250 例晚孕期妊娠妇女作为研究对象, 根据病情分为子痫前期组(80 例)和正常组(100 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 末次月经时间不确定的妊娠妇女; ② 合并内分泌代谢疾病(包括甲状腺功能异常、糖尿病)或自身免疫性疾病的受试者; ③ 经确诊存在染色体异常或先天畸形的胎儿; ④ 临床信息记录不完整或超声图像质量未达诊断标准的病例。根据是否发生妊娠不良结局, 将 PE 组孕妇进一步分为预后良好组 55 例和预后不良组 25 例。

正常组: 年龄 24~37 (31.02 ± 4.11)岁, 超声检查时孕龄为 30~40 (33.23 ± 2.85)周, 子痫前期组: 年龄 23~40 (30.24 ± 4.93)岁, 超声检查时孕龄为 30~40 (32.44 ± 3.87)周, 均为单胎, 前壁胎盘为主。

本研究获得了医学伦理委员会批准。

2.2. 仪器

检查仪器为 GE LOGIQ E10S、迈瑞 Nuewa R9Q, 配置凸阵探头、线阵探头与超声微血管成像分析软件。

1) SWE 测量每组前壁胎盘中心及边缘部位的弹性值, 计算弹性平均值; 常规测量两组孕妇女子宫动脉血流动力学参数, 包括 S/D、PI 及 RI。

2) 弹性模量值测量方法如下: 患者取仰卧位, 保持平静呼吸。使用二维超声分别定位于前壁胎盘的 中心及边缘部分, 随后切换至弹性成像模式。测量深度设定为 4.0 cm, 并嘱孕妇屏气 3~5 秒。选定感兴趣区域(ROI), 直径为 1.0 cm。待图像稳定 3~5 秒后, 冻结图像, 得出胎盘的弹性模量值。每部分需重复 测量 3 次, 取其平均值。测量过程中应尽量选择胎儿无运动时段, 避开胎盘血窦及钙化分布密集区域, 以确保弹性成像的彩色显示均匀一致。

3) 所有受试者均采用 1.5~5.0 MHz 频率范围的彩色多普勒超声系统配合专用产科分析软件完成检测。首先通过二维超声定位胎盘及脐带附着点, 随后在胎盘近端脐动脉段选择血流信号最佳区域, 设置 2 mm³ 采样容积, 保持声束 - 血管夹角 $\leq 30^\circ$ 进行频谱采集。连续获取 5 个符合标准的血流波形后, 系统自动计算 S/D 比值、PI 及 RI 指数。在完成基础扫描后, 启用微血管成像模式, 使用凸阵探头对前壁胎盘 进行观察, 确定脐带插入点的具体位置。更换线阵探头后, 观察胎盘中低速血流, 由机器自动确定感兴趣区域, 并生成胎盘血管化指数(VI)。各值均测定 3 次, 取平均值为最终结果。

2.3. 统计学方法

研究采用 SPSS 20.0 进行数据分析, 符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)来表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; Logistic 回归分析各参数与胎儿不良结局的关系, 诊断性能分析通过 ROC 曲线下面积(AUC)量化, 以 95%置信区间和 $P < 0.05$ 作为统计学差异判断标准。

3. 结果

3.1. 正常组和子痫前期组基本资料对比

结果显示子痫前期组与正常组在年龄、孕周比较差异无统计学意义($P > 0.05$), 说明年龄与孕周对子痫前期无影响。见表 1。

Table 1. Comparison of general information between the two groups
表 1. 两组一般资料比较

组别	年龄	孕周
正常组(100)	31.02 $\pm$ 4.11	33.23 $\pm$ 2.85
子痫前期组(80)	30.24 $\pm$ 4.93	32.44 $\pm$ 3.87
t 值	1.62	1.69
P 值	0.25	0.16

3.2. 各组孕妇脐动脉血流参数比较

子痫前期组孕妇脐动脉血流 S/D、RI、PI 值均高于正常组, 胎盘血管化指数 VI 低于正常组, 组间差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

Table 2. Comparison of umbilical artery blood flow parameters in two groups of pregnant women**表 2.** 两组孕妇脐动脉血流参数比较

组别	S/D	PI	RI	VI
正常组(100)	2.52 ± 0.31	0.91 ± 0.14	0.70 ± 0.06	22.11 ± 2.27
子痫前期组(80)	2.75 ± 0.45	1.08 ± 0.14	0.78 ± 0.11	14.63 ± 2.25
t 值	2.90	2.04	1.96	7.92
P 值	0.00	0.00	0.00	0.00

3.3. 胎盘不同部位弹性值比较

两组胎盘边缘及中心部分弹性值比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 3。

Table 3. The central and marginal elasticity values of the placenta in the two groups and the comparison results**表 3.** 两组胎盘中心及边缘弹性值及比较结果

组别	胎盘弹性值		t 值	p 值
	中央	边缘		
正常组(100)	10.16 ± 0.713	10.29 ± 0.66	-2.042	0.067
子痫前期组(80)	12.20 ± 1.23	12.31 ± 1.23	-1.968	0.055

3.4. 两组孕妇子宫动脉血流参数比较

PE 组孕妇子宫动脉 S/D、PI 及 RI 均值高于正常组, 组间差异有统计学意义($P < 0.05$), 子宫动脉 RI、PI 及 S/D 的值越高其患子痫前期的概率越大。见表 4。

Table 4. Comparison of uterine artery blood flow parameters between the two groups of pregnant women**表 4.** 两组孕妇子宫动脉血流参数比较

组别	子宫动脉 S/D	子宫动脉 PI	子宫动脉 RI
正常组(100)	2.42 ± 0.22	1.05 ± 0.14	0.72 ± 0.13
子痫前期组(80)	2.61 ± 0.37	1.25 ± 0.15	0.88 ± 0.18
t 值	8.15	-9.15	41.732
P 值	0.00	0.00	0.00

3.5. 不同预后子痫前期孕晚期孕妇的超声指标

根据是否发生不良妊娠结局, 将 PE 组孕妇进一步分为预后良好组 55 例和预后不良组 25 例。预后不良组孕妇的胎盘弹性平均值, 脐动脉和子宫动脉血流 S/D、PI、RI 均高于预后良好组, 胎盘血管化指数 VI 低于预后良好组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表 5。

Table 5. Ultrasound indicators of pregnant women in the poor prognosis group and the good prognosis group**表 5.** 预后不良组与预后良好组孕妇超声指标

组别	脐血流 S/D	脐血流 PI	脐血流 RI	胎盘弹性平均值	子宫动脉 S/D	子宫动脉 PI	子宫动脉 RI	胎盘血管化指数 VI
预后良好(55)	2.59 ± 0.27	0.98 ± 0.13	0.71 ± 0.13	10.23 ± 0.68	2.56 ± 0.23	1.24 ± 0.17	0.79 ± 0.14	15.60 ± 2.21
预后不良(25)	3.11 ± 0.46	1.30 ± 0.16	0.92 ± 0.05	12.26 ± 1.54	2.72 ± 0.38	1.28 ± 0.20	1.06 ± 0.22	13.13 ± 2.36
t 值	3.31	2.19	5.21	7.93	6.47	7.42	4.13	8.52
P 值	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Table 6. Logistic regression analysis results of each parameter and adverse fetal outcomes
表 6. 各参数与胎儿不良结局的 Logistics 回归分析结果

变量	B 值	S.E.值	Wald χ^2 值	p 值	OR 值	95%CI
脐血流 S/D	2.635	0.045	3.325	>0.05	1.642	1.964~4.462
脐血流 PI	0.465	0.658	1.359	<0.05	1.756	0.989~3.218
脐血流 RI	0.106	0.003	1.695	>0.05	1.662	0.913~1.563
胎盘弹性平均值	5.678	0.659	9.648	<0.05	4.699	2.669~4.879
子宫动脉 S/D	0.735	0.201	13.945	<0.05	2.132	1.403~3.052
子宫动脉 PI	0.815	0.065	2.721	>0.05	1.963	1.165~3.215
子宫动脉 RI	0.736	0.246	10.356	<0.05	2.236	1.351~3.456
胎盘血管化指数 VI	-0.364	0.036	18.697	<0.05	0.974	0.806~0.925

Table 7. Comparison of the prediction results of adverse pregnancy outcomes for pregnant women in the PE group by each index
表 7. 各指标对 PE 组孕妇不良妊娠结局的预测结果比较

指标	AUC	95%置信区间	Younden 指数	敏感度	特异度	P 值
脐血流 S/D	0.739	0.59~40.884	0.43	0.57	0.86	0.00
脐血流 PI	0.670	0.513~0.827	0.24	0.48	0.34	0.04
胎盘弹性平均值	0.780	0.860~1.000	0.73	0.91	0.83	0.00
子宫动脉 S/D	0.621	0.851~0.990	0.55	0.89	0.66	0.00
子宫动脉 RI	0.760	0.655~0.905	0.41	0.96	0.45	0.01
胎盘血管化指数 VI	0.771	0.691~0.856	0.52	0.86	0.66	0.00

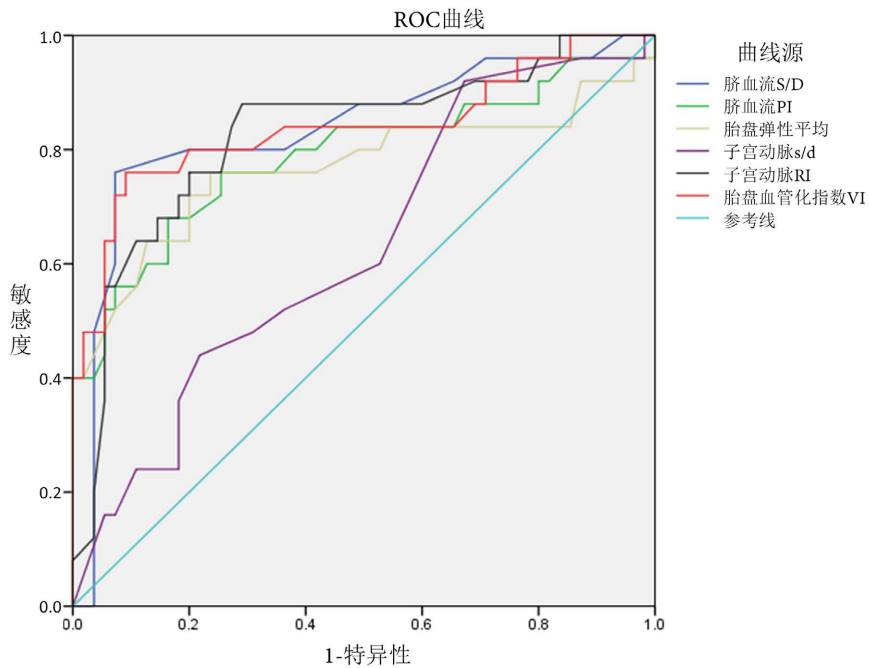


Figure 1. ROC curve analysis of the predictive value of each index for adverse pregnancy outcomes in the PE group of pregnant women
图 1. ROC 曲线分析各指标对 PE 组孕妇不良妊娠结局的预测

3.6. 各参数与胎儿不良结局的关系分析

Logistic 回归模型结果显示, 胎盘平均弹性、脐动脉血流 PI, 子宫动脉 S/D、RI 数值增高、胎盘 VI 值降低会导致胎儿不良结局概率增加。见表 6。

3.7. 各指标对子痫前期孕晚期孕妇不良妊娠结局的预测效能

各指标对子痫前期孕妇不良妊娠结局的预测效能, ROC 曲线分析结果显示, 胎盘弹性, 脐动脉血流 PI, 胎盘血管化指数 VI, 子宫动脉 S/D、RI 预测不良妊娠结局的曲线下面积(AUC)分别为 0.780、0.670、0.771、0.621、0.760 ($P < 0.05$)。以上指标与不良结局存在显著相关性($P < 0.05$), 见表 7、图 1。

4. 讨论

子痫前期是当前孕妇和围产儿发病率和死亡率高的最常见原因之一, 是一种多系统、胎盘介导的高血压疾病, 以全身炎症、氧化应激、内皮功能障碍和血管损伤为特征[8]。由于母胎界面的组成极其复杂, 子痫前期的病因尚不完全明确, 只普遍认为子痫前期发生的根本原因是胎盘缺血, 但实际上其发生是多因素的, 且具有高度异质性[9]。

本研究针对正常组和子痫前期孕妇接受多普勒超声和超声微血管成像检查结果显示, PE 组的脐动脉血流 S/D、PI、RI 指标显著高于对照组, 而超声微血管成像参数 VI 则明显低于对照组。搏动指数(PI)和阻力指数(RI)是评估血管阻力的直接指标, 而收缩期/舒张期流速比(S/D)则特异性反映子宫-胎盘循环的阻力状态, 这些参数的升高均提示血管阻抗增强。正常妊娠中, 随着孕周进展, 胎盘血管发生生理性重塑: 血管壁弹性模量降低、管腔扩张, 导致子宫动脉阻力下降(PI/RI/S/D 降低)伴流速增加。而 PE 患者则表现为血管重塑障碍, 持续保持高弹性状态和高阻力特征(PI/RI/S/D 升高), 且这种异常与疾病严重程度呈正相关。胎盘血管化指数(VI)作为量化胎盘灌注的敏感指标, 在正常妊娠中呈现孕周依赖性增长(孕晚期较孕中期增加 40%~60%), 反映生理性血管增生; 而子痫前期(PE)患者由于滋养细胞侵袭障碍, 导致胎盘 VI 值较正常组降低 30%~50%, 提示灌注不足的病理状态。刘丽[10]发现: 与胎儿生长受限孕妇相比, 正常孕妇的胎盘 VI 更高, 其对胎盘生长情况具有评估价值, 也证实胎盘 VI 在胎盘功能评估中有重要意义。

剪切波弹性成像(SWE)是一项能评估组织硬度的新兴超声弹性成像技术, 目前广泛用甲状腺[11]、乳腺[12]、肝脏[13]、肾脏等, 本研究中, 子痫前期组胎盘弹性值高于正常组($P < 0.05$); 说明如果血压过高造成胎盘功能损伤, 循环阻力增大, S/D 值会变大, 出现母体与围产儿物质交换障碍, 母体氧气也不能正常通过血液运送进围产儿体内, 围产儿代谢产生的排泄物通过胎盘转运, 羊水被围产儿粪便污染, 羊水出现浑浊, 子宫环境被破坏, 使围产儿在子宫内发生不良结局发生增加, 威胁母婴生命健康安全[14], 这与姚彩云等[15]研究结果类似。

子宫动脉作为胎盘绒毛间隙血供的核心来源, 通过持续输送氧气与营养物质支持胎儿发育, 同时清除代谢废物。妊娠中晚期其血管阻力呈现生理性下降, 以适应胎盘循环重构需求。本研究发现, 子痫前期组孕妇子宫动脉 S/D、RI、PI 值均高于正常组($P < 0.05$); 有研究表明, 在子痫前期孕妇中, 滋养细胞的侵袭能力较弱, 致使子宫螺旋动脉平滑肌细胞过度增殖, 导致动脉管腔直径变小、闭塞, 进而造成 UtA 血流阻力上升、血供减少[16]。

本研究显示, 不同妊娠结局的子痫前期晚孕孕妇的胎盘平均弹性, 脐动脉血流 S/D、PI、RI, VI, 子宫动脉 RI、PI 及 S/D 存在显著差异。本研究中, 预后不良孕妇组呈现特征性血流动力学改变: 胎盘平均弹性、脐动脉及子宫动脉 S/D、PI、RI 值显著升高, 同时 VI 值降低。这种异常提示胎盘血管网络发育不足, 血管重塑障碍导致灌注阻力增大, 最终引发胎盘功能不全及相关并发症, Logistic 回归分析发现, 胎盘平均弹性、脐动脉血流 PI, 子宫动脉 S/D、RI 数值增高、胎盘 VI 值的降低会增加胎儿不良结局概率, ROC 曲

线结果显示, 胎盘平均弹性, 脐动脉血流 PI, 胎盘血管化指数 VI, 子宫动脉 S/D、RI 预测不良妊娠结局的曲线下面积(AUC)分别为 0.780、0.670、0.771、0.621、0.760 ($P < 0.05$), 表明以上指标均能有效预测子痫前期孕妇的不良妊娠结局, 其中胎盘弹性参数与胎盘血管化指数 VI 值展现出最优的预测效能。

本研究受限于回顾性设计固有的选择偏倚风险, 加之样本随机化程度可能不足, 这些方法学特征或导致观察到的关联存在随机误差。

5. 结论

综上所述, 剪切波弹性成像联合超声微血管成像监测血流相关参数, 子宫动脉血流参数能够有效辅助临床预测子痫前期孕妇晚期孕妇妊娠不良结局, 为子痫前期孕妇平安生产保驾护航。

参考文献

- [1] 李战娜. 低分子肝素钙联合拉贝洛尔对重度子痫前期患者血管内皮功能及妊娠结局的影响[J]. 临床医学, 2021, 41(11): 108-110.
- [2] Angadi, C., Singh, P., Shrivastava, Y., Priyadarshi, M., Chaurasia, S., Chaturvedi, J., et al. (2023) Effects of Umbilical Cord Milking versus Delayed Cord Clamping on Systemic Blood Flow in Intrauterine Growth-Restricted Neonates: A Randomized Controlled Trial. *European Journal of Pediatrics*, **182**, 4185-4194. <https://doi.org/10.1007/s00431-023-05105-x>
- [3] 肖燕璇, 张立力, 黎嘉琪, 等. 单胎子痫前期孕妇产前体质量指数与母婴结局关系探讨[J]. 实用医学杂志, 2023, 39(18): 2357-2361.
- [4] 谭杰, 姚玮, 孙翔. 三维能量多普勒超声在妊娠期子痫患者胎盘功能评估中的应用[J]. 中国优生与遗传杂志, 2020, 28(11): 1353-1355.
- [5] 姜瑜, 刘艳, 杨丹, 等. 超微血流成像技术在评估妊娠期高血压疾病胎盘灌注中的应用价值分析[J]. 解放军医学院学报, 2022, 43(6): 634-638+699.
- [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, J.M., Blondiaux, E., Senat, M.V., Friszer, S., Adamsbaum, C., Rousseau, J., et al. (2020) Prognostic Value of Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging of Brain in Fetal Growth Restriction: Results of Prospective Multicenter Study. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, **56**, 893-900. <https://doi.org/10.1002/uog.21926>
- [8] Emeruwa, U.N., Gyamfi-Bannerman, C. and Laurent, L.C. (2023) Biomarkers and the Risk of Preeclampsia. *Journal of the American Medical Association*, **329**, 539-541. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.24906>
- [9] Jung, E., Romero, R., Yeo, L., Gomez-Lopez, N., Chaemsaitong, P., Jaovisidha, A., et al. (2022) The Etiology of Preeclampsia. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, **226**, S844-S866. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2021.11.1356>
- [10] 刘丽. 胎儿生长受限孕妇胎盘血流状态指标的变化及临床意义[J]. 山东医药, 2021, 61(13): 81-83.
- [11] Grani, G., Sponziello, M., Pecce, V., Ramundo, V. and Durante, C. (2020) Contemporary Thyroid Nodule Evaluation and Management. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **105**, 2869-2883. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgaa322>
- [12] Lei, S.Y., Zheng, R.S., Zhang, S.W., et al. (2021) Breast Cancer Incidence and Mortality in Women in China: Temporal Trends and Projections to 2030. *Cancer Biology and Medicine*, **18**, 900-909. <https://doi.org/10.20892/j.issn.2095-3941.2020.0523>
- [13] Ciardullo, S., Monti, T. and Perseghin, G. (2020) High Prevalence of Advanced Liver Fibrosis Assessed by Transient Elastography among U.S. Adults with Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*, **44**, 519-525. <https://doi.org/10.2337/dc20-1778>
- [14] 李建敏, 李娜, 郭娟, 等. 彩超联合血清 HIF-1 α 检测对妊娠期高血压疾病患者胎儿宫内窘迫的诊断价值[J]. 中国医师杂志, 2020, 22(6): 932-934.
- [15] 姚彩云, 刘会琴, 张海荣. 胎盘弹性平均值与脐带动脉 S/D 对胎儿预后不良的预测及其相关性分析[J]. 贵州医药, 2020, 44(3): 432-434.
- [16] 褚翠雯, 陈爱萍, 李坤. 超声子宫动脉血流指标评估子痫前期孕妇母胎循环及与妊娠结局的相关性[J]. 中国计划生育学杂志, 2022, 30(7): 1569-1573.