doi:10.11659/jjssx.03E025097

·临床研究·

脑-胎盘率、脑-子宫率联合胱抑素C对子痫前期不良妊娠结局的预测价值

陆 欢[1],田 恬[2],吴雪辉[1],周春美[3],吴欣瑜[1],李 薇[1] (1.成都医学院第二附属医院/核工业四一六医院妇产科,四川 成都 610051;2.四川省医学科学院·四川省人民医院/电子科技大学附属医院妇产科,四川 成都 610000;3.成都医学院第二附属医院/核工业四一六医院超声科,四川 成都 610051)

[摘 要] **目的** 探讨脑-胎盘率(CPR)、脑-子宫率(CUR)联合胱抑素C(CysC)对子痫前期(PE)患者不良妊娠结局的预测价值。**方法** 回顾性分析2019年1月至2024年12月核工业四一六医院妇产科收治的150例PE患者的临床资料,根据妊娠结局将患者分为不良结局组和良好结局组。比较2组患者临床资料、CPR、CUR及CysC水平差异。采用多因素*Logistic*回归分析PE患者不良妊娠结局的独立影响因素;随后通过受试者工作特征(*ROC*)曲线评估各指标对患者不良妊娠结局的预测效能。**结果** 不良结局组患者发病孕周、胎儿估测体质量、CUR、CPR均短/小于良好结局组,而体质量指数、CysC水平大/高于良好结局组,差异有统计学意义(*P*<0.05)。多因素*Logistic*回归分析显示,CysC水平升高、CUR及CPR降低是PE患者出现不良妊娠结局的相关影响因素(*P*<0.05)。*ROC*曲线分析显示,CUR、CPR、CysC对PE患者不良妊娠结局均有较好的预测价值,曲线下面积(*AUC*)分别为0.802(95%*CI*:0.729~0.863)、0.834(95%*CI*:0.764~0.890)、0.791(95%*CI*:0.717~0.853);CUR、CPR、CysC联合预测的*AUC*为0.909(95%*CI*:0.851~0.950),大于三者单独预测(*P*<0.05)。**结论** CUR、CPR、CysC是PE患者不良妊娠结局的影响因素,三者联合检测对于PE患者不良妊娠结局有较好的预测价值。

[关键词] 脑-胎盘率;脑-子宫率;胱抑素C;子痫前期;妊娠结局;预测
[中图分类号] R445.1 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-03-17

Predictive value of cerebroplacental ratio, cerebro-uterine ratio combined with cystatin C for adverse pregnancy outcomes in preeclampsia fetuses

LU Huan[1], TIAN Tian[2], WU Xue-hui[1], ZHOU Chun-mei[3], WU Xin-yu[1], LI Wei[1] (1.Department of Obstetrics and Gynecology, Second Affiliated Hospital of Chengdu Medical College/Nuclear Industry 416 Hospital, Chengdu Sichuan 610051, China; 2.Department of Obstetrics and Gynecology, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital/Affiliated Hospital of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu Sichuan 610000, China; 3.Department of Ultrasound, Second Affiliated Hospital of Chengdu Medical College/Nuclear Industry 416 Hospital, Chengdu Sichuan 610051, China)

Abstract: Objective To investigate the predictive value of cerebroplacental ratio (CPR), cerebro-uterine ratio (CUR) combined with cystatin C (CysC) for adverse pregnancy outcomes in preeclampsia (PE) fetuses. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 150 PE patients admitted to the department of obstetrics and gynecology of Nuclear Industry 416 Hospital from January 2019

[基金项目] 成都市医学科研课题(2024441)
[通信作者] 李 薇,E-mail:9077472@qq.com

[12] Liu H, Li L, Ding Q, et al. Application of Kirschner wire placement guided technology in paediatric supracondylar humerus fractures[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2024, 25(1): 56. doi: 10.1186/s12891-023-07160-9.
[13] Wu X, Lin R, Chen J, et al. Closed reduction with percutaneous Kirschner wire drill-and-pry for pediatric supracondylar humeral fractures with bony callus formation and delayed presentation[J]. Injury, 2023, 54(2): 547-551. doi: 10.1016/j.injury.2022.11.068.
[14] Hernigou P, Pariat J. History of internal fixation (part 1): early developments with wires and plates before World War Ⅱ[J]. Int Orthop, 2017, 41(6): 1273-1283. doi: 10.1007/s00264-016-3347-4.
[15] 林舒婷,王恩波,刘天婧. 克氏针的发展简史与临床应用[J]. 中国骨与关节杂志, 2022, 11(2): 122-125. doi: 10.3969/j.issn.2095-252X.2022.02.009.
[16] Schneidmueller D, Eijkenboom A, Brand A, et al. To bury or not to bury-Kirschner wire fixation in children and adolescents[J]. Dtsch Arztebl Int, 2022, 119(47): 818-819. doi: 10.3238/arztebl.m2022.0259.
[17] Scale A, Kind A, Kim S, et al. Intramedullary single-Kirschner-wire fixation in displaced fractures of the fifth metacarpal neck (Boxer's fracture)[J]. JBJS Essent Surg Tech, 2022, 12(2): e20.00050. doi: 10.2106/JBJS.ST.20.00050.
[18] Qiao F, Guan X, Jiang F, et al. Closed reduction and percutaneous pinning for treatment of unstable lateral condyle fractures of the humerus in children[J]. Front Pediatr, 2023, 11: 1223615. doi: 10.3389/fped.2023.1223615.

(编辑:魏 源)

to December 2024, and patients were divided into the adverse-outcome group and the favorable-outcome group according to pregnancy outcomes. The clinical data, CPR, CUR and CysC level were compared between the two groups. Multivariate *Logistic* regression was used to analyze the independent influencing factors of adverse pregnancy outcome in PE patients; then, *receiver operating characteristic* (*ROC*) curve analysis was performed to evaluate the predictive efficiency of each index on adverse pregnancy outcome. **Results** The adverse-outcome group had shorter/lower gestational age at diagnosis, estimated fetal body weight, CUR, and CPR, but higher body mass index and CysC level compared to those in the favorable-outcome group, with significant differences (P<0.05). Multivariate *Logistic* regression identified that the elevated CysC level, and decreased CUR and CPR were related influencing factors for adverse pregnancy outcome (P<0.05). *ROC* curve analysis demonstrated that CUR, CPR and CysC had strong predictive value for adverse pregnancy outcome, with the *area under the curve* (*AUC*) of 0.802 (95%*CI*: 0.729 to 0.863), 0.834 (95%*CI*: 0.764 to 0.890), and 0.791 (95%*CI*: 0.717 to 0.853), respectively; the combined prediction of CUR, CPR and CysC had grater *AUC* of 0.909 (95%*CI*: 0.851 to 0.950) than the individual prediction of the above three indicators (P<0.05). **Conclusion** CUR, CPR and CysC are influencing factors of adverse pregnancy outcome in PE patients, and their combined detection demonstrates good predictive value for adverse pregnancy outcome in PE patients.

Keywords: cerebroplacental ratio; cerebro-uterine ratio; cystatin C; preeclampsia; pregnancy outcome; prediction

子痫前期(preeclampsia, PE)是妊娠20周后出现以高血压和全身终末器官损伤为特征的疾病,可导致严重的母婴并发症。其发病机制尚未完全阐明,普遍认为,胎盘功能障碍是PE发生发展的核心环节,主要表现为子宫-胎盘血流灌注不足,胎盘缺血缺氧后释放多种胎盘因子促进系统性炎症反应激活和广泛的血管内皮损伤[1]。全球PE的患病率为2%~8%,每年可导致约50万例围产儿死亡[2]。目前针对PE患者妊娠结局缺乏有效的特异性预测指标,亟需寻找理想的方法进行预后评估。研究显示,PE患者子宫-胎盘-胎儿循环分布会发生相应改变[3-4]。彩色多普勒超声检测子宫动脉、脐动脉、大脑中动脉血流能够反映胎盘灌注、胎盘功能及胎儿血流分布情况,对于PE患者妊娠结局有一定预测价值[5]。脑-胎盘率(cerebroplacental ratio, CPR)为胎儿大脑中动脉与脐动脉血流多普勒参数的比值,脑-子宫率(cerebro-uterine ratio, CUR)为胎儿大脑中动脉与母体子宫动脉血流多普勒参数的比值,二者对于不良妊娠结局有较好的预测价值,但目前仍处于研究阶段[6-10]。肾是PE主要累及的靶器官之一,在PE发展过程中会出现连续的功能和结构变化。胱抑素C(cystatin C, CysC)能够反映早期肾受损情况,与胎儿结局密切相关[11]。超声指标及母体血清学指标可同时反映母体及胎儿情况,二者联合预测可能会有更高的效能,但目前未见CUR、CPR、CysC联合预测的相关研究。故本研究通过回顾性分析核工业四一六医院妇产科收治的150例PE患者的临床资料,探讨CUR、CPR、CysC对PE患者不良结局的预测价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取2019年1月至2024年12月核工业四一六医院妇产科收治的150例PE患者的临床资料进行回顾性分析,患者年龄20~42岁,平均(30.75±5.10)岁;孕周28.00~36.86周,平均(32.76±1.95)周。纳入标准:①产前于核工业四一六医院行超声检查;②自然受孕单活胎妊娠;③符合PE的诊断标准[12]。排除标准:①存在原发性高血压、糖尿病、肾病、免疫系统疾病;②临床资料不全;③产前筛查或产前诊断提示胎儿结构或遗传学异常;④孕期接受外科手术治疗;⑤合并精神、心理疾病。根据胎儿结局,将PE患者分为不良结局组(n=84)及良好结局组(n=66)。不良结局组包括新生儿窒息24例,分娩后72 h内新生儿转重症监护室55例,围产儿死亡5例。本研究通过核工业四一六医院医学伦理委员会审核批准(批准号:YJ-2025-016-01)。

1.2 方法

1.2.1 资料收集 收集患者基本信息,包括年龄、体质量指数(body mass index, BMI)、建卡情况、分娩史、分娩方式、收缩压、舒张压、发病孕周、胎儿估测体质量。记录患者入院后相关指标,包括24 h尿蛋白定量、血肌酐、CysC、超声指标等。

1.2.2 CysC测定 取患者清晨空腹静脉血5 mL送检验科,室温下进行离心后取上清液,采用免疫比浊法测定CysC水平,实验操作严格按照试剂盒说明书进行。

1.2.3 超声指标测定 应用Voluson E8型彩色多普勒超声诊断仪,先检查胎儿生长参数及附属物情况,根据Hadlock公式得出胎儿估测体质量。再用彩色多普勒血流成像检测双侧子宫动脉、脐动脉、大脑中动脉的搏动指数(pulsatility index, PI),CPR=大脑中动脉PI/脐动脉PI,CUR=大脑中动脉PI/子宫动脉PI,子宫动脉PI取双侧子宫动脉的PI平均值。子宫动脉取髂内动脉旁子宫动脉起始处的主干支;胎儿脐动脉取羊水中游离段;大脑中动脉取Willis环刚刚发出的

大脑中动脉近段位置;检查时取样线和血管长轴之间夹角为0°~30°,得到5个清晰标准脉冲频谱后测定。

1.3 统计学方法

采用SPSS 27.0统计学软件进行数据分析。计量资料符合正态分布或近似正态分布以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用两独立样本t检验;不符合正态分布以中位数(四分位间距)描述,组间比较采用*Wilcoxon*符号秩和检验。计数资料以率(%)表示,采用χ^2检验。PE患者妊娠结局的相关因素采用*Logistic*回归分析。采用受试者工作特征(*receiver operating characteristic*,*ROC*)曲线分析CPR、CUR、CysC单独及联合预测PE患者不良妊娠结局的价值。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者临床资料比较

2组患者年龄、建卡情况、分娩史、分娩方式、收缩压、舒张压、24 h尿蛋白定量、血肌酐比较,差异均无统计学意义(P>0.05);不良结局组患者BMI大于良好结局组,发病孕周、胎儿估测体质量短/小于良好结局组,差异均有统计学意义(P<0.05),见表1。

2.2 患者CUR、CPR、CysC比较

不良结局组患者CUR、CPR小于良好结局组,而CysC水平高于良好结局组,差异均有统计学意义(P<0.05),见表2。

表1 2组患者临床资料比较

指标		不良结局组(n=84)	良好结局组(n=66)	$t/\chi^2/Z$	P
年龄(岁)		30.76±5.00	30.74±5.29	0.023	0.982
BMI(kg/m²)		27.46±2.67	26.53±2.26	2.256	0.026
建卡情况[例(%)]	建卡	60(71.43)	54(81.82)	2.187	0.139
	未建卡	24(28.57)	12(18.18)		
分娩史[例(%)]	初产妇	49(58.33)	33(50.00)	1.036	0.309
	经产妇	35(41.67)	33(50.00)		
分娩方式[例(%)]	剖宫产	73(86.90)	60(90.91)	0.590	0.443
	阴道分娩	11(13.10)	6(9.09)		
收缩压(mmHg)		160.50±13.61	157.15±14.15	1.470	0.144
舒张压(mmHg)		98.94±10.37	96.23±10.03	1.614	0.109
24 h尿蛋白定量(g)		2.54(1.45,4.16)	2.43(1.37,3.39)	−0.920	0.358
血肌酐(μmol/L)		52.30(42.40,58.90)	53.20(45.30,56.90)	−0.240	0.810
发病孕周(周)		32.31±1.87	33.32±1.91	−3.238	0.001
胎儿估测体质量(g)		1 838.85±258.17	1 965.86±364.26	−2.479	0.014

表2 2组患者CUR、CPR、CysC比较($\bar{x}\pm s$)

指标	不良结局组(n=84)	良好结局组(n=66)	t	P
CysC(mg/L)	1.42±0.39	1.04±0.26	7.201	<0.001
CUR	1.39±0.37	1.92±0.51	−7.140	<0.001
CPR	1.25±0.66	1.75±0.47	−5.205	<0.001

2.3 影响PE患者妊娠结局的多因素*Logistic*回归分析

将上述单因素分析中差异有统计学意义的指标(BMI、发病孕周、胎儿估测体质量、CUR、CPR、CysC)为自变量,以PE患者妊娠结局为因变量(不良结局=1,良好结局=0),进行多因素*Logistic*回归分析,结果显示:CysC水平升高、CUR及CPR降低是PE患者出现不良妊娠结局的相关影响因素(P<0.05),见表3。

表3 影响PE患者妊娠结局的多因素*Logistic*回归分析

变量	β	*SE*	*Wald*	P	*OR*	95%*CI*
发病孕周	−0.105	0.204	0.265	0.607	0.900	0.604~1.343
胎儿估测体质量	−0.002	0.001	1.401	0.237	0.998	0.996~1.001
CUR	−2.754	0.620	19.707	<0.001	0.064	0.019~0.215
CPR	−1.169	0.374	9.783	0.002	0.311	0.149~0.646
CysC	4.527	0.965	22.026	<0.001	92.441	13.960~612.140
BMI	0.165	0.095	3.019	0.082	1.180	0.979~1.422

2.4 CUR、CPR、CysC单独及联合对PE患者不良妊娠结局的预测价值

*ROC*曲线分析显示,CUR、CPR、CysC单独预测PE患者不良妊娠结局的曲线下面积(*area under the curve*,*AUC*)分别为0.802(95%*CI*:0.729~0.863)、0.834(95%*CI*:0.764~0.890)、0.791(95%*CI*:0.717~0.853);CUR、CPR、CysC联合预测PE患者不良妊娠结局的*AUC*为0.909(95%*CI*:0.851~0.950),高于CUR、

CPR、CysC 单独预测（Z=3.381，P<0.001；Z=2.203，P=0.028；Z=3.571，P<0.001），见图1、表4。

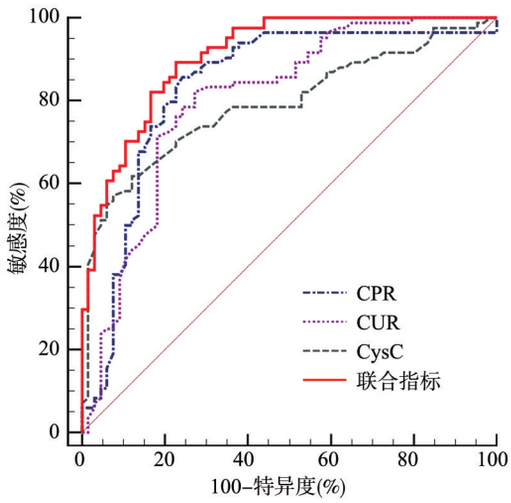


图1 CUR、CPR、CysC 单独及联合预测 PE 患者不良妊娠结局的 *ROC* 曲线

表4 CUR、CPR、CysC 单独及联合预测的 *ROC* 曲线分析结果

指标	*AUC*	95%*CI*	*P*	截断值	敏感度（%）	特异度（%）
CUR	0.802	0.729~0.863	<0.001	1.62	82.14	72.73
CPR	0.834	0.764~0.890	<0.001	1.45	85.71	75.76
CysC	0.791	0.717~0.853	<0.001	1.23	61.90	87.88
联合指标	0.909	0.851~0.950	<0.001	0.43	89.29	77.27

3 讨论

PE 是一组多因素、多机制、多通路引起的动态性疾病，胎盘着床浅及灌注不足是疾病的关键环节，而充分的子宫-胎盘-胎儿血液循环对胎儿生长至关重要，故 PE 患者发生胎儿宫内缺氧、不良预后的风险明显增加。为了对 PE 患者进行早期有效干预，减少不良妊娠结局，亟需寻求与不良结局相关的预测指标。本研究探讨 CUR、CPR、CysC 对 PE 患者不良妊娠结局的预测价值，以期为临床提供参考。

子宫动脉是髂内动脉的分支，是子宫-胎盘循环的主要功能血管，可反映外周血管阻力和胎盘功能；脐动脉是胎盘与胎儿连接的桥梁，反映胎盘-胎儿的血液循环；大脑中动脉供应着大脑半球80%的血液，可反映胎儿颅脑血液灌注及血流再分布情况。马瑞琳等[3]的动物模型实验证明，PE 大鼠的子宫动脉、脐动脉、大脑中动脉阻力指标与胎盘微血管迷路、胎盘及胎鼠质量呈一定相关性。研究显示，PE 进展过程中子宫动脉 PI 与脐动脉 PI 增高，大脑中动脉因“脑保护效应”代偿性扩张，导致大脑中动脉 PI 降低，与围产期不良预后相关[13]。彩色多普勒超声被广泛运用于子宫-胎盘-胎儿循环的研究，大脑中动脉、子宫动脉、脐动脉传统的单一血流动力学指标是临床反映母体-胎儿状况的经典指标。但血流动力学指标的测定受到多种因素影响，具有不稳定性，且国际上缺乏统一标准。1987年，Arbeille 等[14]提出 CPR 的概念，后续研究证实，其对妊娠结局预测准确性比单一的子宫动脉、脐动脉血流动力学指标高[15]。研究表明，CUR 与 CPR 对 PE 患者不良妊娠结局的预测有相似价值[7,16]。本研究中，不良结局组 PE 患者 BMI、CysC 大/高于良好结局组，发病孕周、胎儿估测体质量、CUR、CPR 均短/小于良好结局组；经 *Logistic* 回归分析发现，CUR、CPR、CysC 是 PE 患者妊娠结局的影响因素，与 Zhou 等[16]的结果相似。本研究结果显示，CUR、CPR 预测 PE 患者不良妊娠结局的 *AUC* 分别为0.802、0.834，但二者的预测价值比较，差异无统计学意义，与笔者先前的研究结果一致[17]。本研究中 CUR、CPR 均显示出了对 PE 患者不良结局的良好预测价值，这与国内外相关研究结果相似[7-8,16]。分析原因为：一方面，由于短时间内母体、胎儿处于相对稳定的状态，大脑中动脉、子宫动脉、脐动脉的血流动力学指标测定受到部分相同因素影响，能够减少共同干扰因素的影响；另一方面，在发生“脑保护效应”时，血流动力学的微小变化能通过比值更加明显的反映出来。近期，Agaoglu 等[9]提出，脑-胎盘-子宫比率对于妊高症患者妊娠结局有较高的预测价值。但作为新型的评价指标，目前关于 CUR、脑-胎盘-子宫比率的研究较少，其意义和机制尚未完全明确。

CysC 是体内有核细胞以相对恒定速率产生，不受性别、饮食等影响，主要通过肾代谢的低分子蛋白。CysC 经肾小球自由滤过，在近曲小管完全重吸收后降解，故可用于评估肾小球滤过率[18]。基于 CysC 的较高敏感度及稳定性，近年来研究者致力于探索其对高危妊娠疾病及妊娠结局的预测价值。肾是 PE 早期累及的器官，CysC 对 PE 肾功能评价优于尿酸和肌酐水平，与 PE 严重程度相关[19-20]。有研究发现，血清 CysC 水平与不良妊娠结局相关[21-22]。本研究中，不良结局组患者的 CysC 高于良好结局组，提示高水平 CysC 可能与不良妊娠结局相关[23]。本研究经 *Logistic* 回归分析发现，CysC 升高是 PE 不良妊娠结局的独立危险因素，且对 PE 患者不良妊娠结局有一定预测价值，单独用于预测不良妊娠结局的 *AUC* 是0.791，这与褚慧娟[24]的研究结果相似，肯定了 CysC 对妊娠结局的评估价值。

本研究进一步将 CUR、CPR、CysC 作为新的联合指标进行 *ROC* 曲线分析显示，三者联合预测的 *AUC* 为0.909，优于 CUR、CPR、CysC 单独预测，且敏感度为89.29%，特异度为77.27%，提示三者联合能够提高

PE患者不良妊娠结局的预测性能。故本研究认为，CUR、CPR、CysC能够综合反映子宫-胎盘-胎儿血液循环及母体情况，可为PE期待治疗过程中妊娠结局的预测、围产儿预后改善、终止妊娠抉择提供参考依据。

综上所述，CUR、CPR、CysC与PE患者不良妊娠结局相关，三者联合预测PE患者不良妊娠结局有较高的价值，可为临床提供参考。但本研究为回顾性分析，样本来源于单中心，且样本量小，可能遗漏关键混杂因素；此外，该模型预测效能有待验证；同时，PE可对胎儿长期健康（如神经发育及代谢等）造成影响，故而无法评估预测模型对远期预后的意义，需建立长期随访队列，验证其效能。

［参考文献］

[1] Dimitriadis E, Rolnik DL, Zhou W, et al. Pre-eclampsia[J]. Nat Rev Dis Primers, 2023, 9(1): 8. doi: 10.1038/s41572-023-00417-6.

[2] Umamah F, Santoso B, Yunitasari E, et al. The effectiveness of psycho-educational counseling in pregnant women with preeclampsia: a systematic review[J]. J Public Health Res, 2022, 11(3): 1194205217. doi: 10.1177/22799036221104161.

[3] 马瑞琳，刘 雨，徐桂香，等. 子痫前期大鼠模型子宫动脉、脐动脉、大脑中动脉超声多普勒参数与胎盘血管病理及妊娠结局的关系[J]. 上海交通大学学报（医学版），2024，44(5)：543-551. doi：10.3969/j.issn.1674-8115.2024.05.001.

[4] Kale RM, Tirupathi RG, Sheela SR. 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. doi: 10.7759/cureus.39017.

[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. doi：10.3969/j.issn.1003-6949.2024.11.syfc22202411003.

[6] Simanaviciute D, Gudmundsson S. Fetal middle cerebral to uterine artery pulsatility index ratios in normal and pre-eclamptic pregnancies[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2006, 28(6): 794-801. doi: 10.1002/uog.3805.

[7] Orabona R, Gerosa V, Gregorini ME, et al. The prognostic role of various indices and ratios of Doppler velocimetry in patients with pre-eclampsia[J]. Clin Exp Hypertens, 2015, 37(1): 57-62. doi: 10.3109/10641963.2014.897723.

[8] Eser A, Zulfikaroglu E, Eserdag S, et al. Predictive value of middle cerebral artery to uterine artery pulsatility index ratio in preeclampsia[J]. Arch Gynecol Obstet, 2011, 284(2): 307-311. doi: 10.1007/s00404-010-1660-5.

[9] Agaoglu Z, Tanacan A, Ipek G, et al. The role of the cerebro-placental-uterine ratio in predicting composite adverse perinatal outcomes in patients with pregnancy-induced hypertension[J]. Pregnancy Hypertens, 2024, 37: 101148. doi: 10.1016/j.preghy.2024.101148.

[10] Khalil A, Morales-Roselló J, Townsend R, et al. Value of third-trimester cerebroplacental ratio and uterine artery Doppler indices as predictors of stillbirth and perinatal loss[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2016, 47(1): 74-80. doi: 10.1002/uog.15729.

[11] Yuan X, Han X, Jia C, et al. Association of maternal serum uric acid and cystatin C levels in late pregnancy with adverse birth outcomes: an observational cohort study in China[J]. Int J Womens Health, 2022, 14: 213-223. doi: 10.2147/IJWH.S350847.

[12] 中华医学会妇产科学分会妊娠期高血压疾病组. 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. doi：10.3760/cma.j.cn112141-20200114-00039.

[13] Zhou P, Sun Y, Tan Y, et al. Fetal and neonatal middle cerebral artery hemodynamic changes and significance under ultrasound detection in hypertensive disorder complicating pregnancy patients with different severities[J]. Comput Math Methods Med, 2022, 2022: 6110228. doi: 10.1155/2022/6110228.

[14] Arbeille P, Roncin A, Berson M, et al. Exploration of the fetal cerebral blood flow by duplex Doppler--linear array system in normal and pathological pregnancies[J]. Ultrasound Med Biol, 1987, 13(6): 329-337. doi: 10.1016/0301-5629(87)90166-9.

[15] Vollgraff HC, De Boer MA, Heymans MW, et al. Prognostic accuracy of cerebroplacental ratio and middle cerebral artery Doppler for adverse perinatal outcome: systematic review and meta-analysis[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2018, 51(3): 313-322. doi: 10.1002/uog.18809.

[16] Zhou S, Guo H, Feng D, et al. Middle cerebral artery-to-uterine artery pulsatility index ratio and cerebroplacental ratio independently predict adverse perinatal outcomes in pregnancies at term[J]. Ultrasound Med Biol, 2021, 47(10): 2903-2909. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2021.06.015.

[17] 陆 欢. 彩超监测子痫前期胎儿血流动力学的应用价值及不良结局影响因素分析[D]. 成都：成都医学院，2020. doi：10.27843/d.cnki.gcdyy.2020.000092.

[18] 蒙玉民，廖 贵，唐 泉，等. 血清胱抑素C在不同疾病中的应用研究进展[J]. 广西医学，2023，45(23)：2905-2909. doi：10.11675/j.issn.0253-4304.2023.23.18.

[19] Li YT, Liu CH, Wang PH. Serum cystatin C or cystatin C-based glomerular filtration rate may be a better choice in estimating renal function in women with preeclampsia[J]. Taiwan J Obstet Gynecol, 2021, 60(5): 801-802. doi: 10.1016/j.tjog.2021.07.002.

[20] Taşkömür AT, Erten Ö. The role of cystatin C, neutrophil-lymphocyte ratio and platelet-lymphocyte ratio in the evaluation of kidney function in women with preeclampsia[J]. Taiwan J Obstet Gynecol, 2021, 60(4): 615-620. doi: 10.1016/j.tjog.2021.05.007.

[21] 陈 倩，周瑞娴，郭海香，等. 胱抑素C、尿白蛋白-肌酐比值与妊娠期高血压疾病肾损伤的相关性研究[J]. 中国计划生育和妇产科，2022，14(7)：89-92. doi：10.3969/j.issn.1674-4020.2022.07.21.

[22] Jin Y, Chen Y, Li X, et al. Enhanced detection of cystatin C for predicting adverse outcomes in gestational diabetes mellitus using a point-of-care immunosensor[J]. Bioelectrochemistry, 2025, 163: 108907. doi: 10.1016/j.bioelechem.2025.108907.

[23] 俞佳丽，朱鸣萍，赵文龙，等. 早发子痫前期患者血浆胎盘生长因子和胱抑素C水平与妊娠结局的关系[J]. 中国妇幼保健，2021，36(8)：1714-1716. doi：10.19829/j.zgfybj.issn.1001-4411.2021.08.003.

[24] 褚慧娟. 子痫前期孕妇血清铁蛋白、胱抑素C水平与妊娠结局的相关性分析[J]. 临床研究，2022，30(10)：99-103. doi：10.12385/j.issn.2096-1278(2022)10-0099-05.

（编辑：龙小芬）