

## 重度子痫前期患者妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 联合预测产后高血压的效能分析

杨晓巍, 汪燕, 曾沥琼, 江雪莲  
(重庆医科大学附属大学城医院妇产科, 重庆 401331)

**[摘要]** **目的** 探讨重度子痫前期患者妊娠末期 24 h 尿蛋白定量(24-hUP)、红细胞压积与血浆白蛋白差值(HCT-ALB)、脑钠肽(BNP)联合预测产后高血压的效能。**方法** 采用整群抽样法, 回顾性选取重庆医科大学附属大学城医院 2018 年 1 月—2022 年 12 月 540 例重度子痫前期患者, 根据是否发生产后高血压分为高血压组( $n=98$ )与非高血压组( $n=442$ )。比较两组临床资料[年龄、体质量指数(BMI)、产妇类型、流产史、高血压家族史、吸烟史、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、空腹血糖(FBG)、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)]及妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 水平, 分析妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 水平对产后高血压的预测价值。**结果** 高血压组 BMI、高血压家族史、TC、TG、FBG、SBP、DBP 水平高于非高血压组 [(25.63 ± 1.37) kg/m<sup>2</sup> vs (23.05 ± 1.23) kg/m<sup>2</sup>, 70.41% vs 30.54%, (5.32 ± 1.14) mmol/L vs (3.91 ± 0.95) mmol/L, (3.48 ± 0.82) mmol/L vs (1.66 ± 0.43) mmol/L, (7.24 ± 1.60) mmol/L vs (4.83 ± 1.22) mmol/L, (148.27 ± 13.29) mmHg vs (127.65 ± 10.71) mmHg, (92.36 ± 5.17) mmHg vs (84.20 ± 4.35) mmHg], 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); 高血压组妊娠末期 24-hUP、HCT、HCT-ALB、BNP 水平高于非高血压组 [(7.82 ± 2.18) g/24 h vs (6.15 ± 1.26) g/24 h, (34.22 ± 3.15)% vs (32.80 ± 1.77)%, (6.19 ± 2.01) vs (3.46 ± 0.90), (646.43 ± 170.59) pg/mL vs (523.81 ± 134.62) pg/mL], ALB 水平低于非高血压组 [(28.03 ± 1.13) g/L vs (29.34 ± 1.44) g/L], 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); 妊娠末期 24-hUP、HCT、HCT-ALB、BNP 与 SBP、DBP 呈正相关, ALB 与之呈负相关, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 是产后高血压的独立危险因素, 各指标联合预测产后高血压的 AUC 为 0.930(95%CI: 0.905 ~ 0.950), 约登指数为 0.719, 敏感度为 85.71%, 特异度为 86.20%, 且联合预测的 AUC 明显大于三者单独预测, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。**结论** 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 是产后高血压的独立危险因素, 联合预测效能明显优于单一指标, 可作为临床预测重度子痫前期患者是否发生产后高血压的优选方式。

**[关键词]** 重度子痫前期; 妊娠末期; 24 h 尿蛋白; 红细胞压积与血浆白蛋白差值; 脑钠肽; 产后高血压; 预测

**[中图分类号]** R714.24\*4 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-610X(2025)02-0151-07

## Efficacy Analysis of Combined Prediction of Postpartum Hypertension by 24-hour Urinary Protein, Hematocrit-albumin, and BNP in Patients with Severe Preeclampsia at the End of Pregnancy

YANG Xiaowei, WANG Yan, ZENG Liqiong, JIANG Xuelian  
(Department of Obstetrics and Gynecology, University City Hospital Affiliated to Chongqing Medical University, Chongqing 401331, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the efficacy of combined prediction of postpartum hypertension using

**[收稿日期]** 2024-03-19

**[基金项目]** 2023 年度智库调研基金(2023SPBKXKT56)

**[作者简介]** 杨晓巍(1990~), 女, 重庆市人, 医学硕士, 主治医师, 主要从事妊娠合并症、并发症, 高危产科临床工作。

**[通信作者]** 江雪莲, E-mail: emfz429@163.com

24-h urinary protein quantification (24-hUP), hematocrit and plasma albumin difference (HCT-ALB), and brain natriuretic peptide (BNP) in patients with severe preeclampsia at the end of pregnancy. **Methods** A retrospective study was conducted using cluster sampling to select 540 patients with severe preeclampsia from the University City Hospital affiliated to Chongqing Medical University between January 2018 and December 2022. Patients were divided into a hypertension group ( $n = 98$ ) and a non-hypertension group ( $n = 442$ ) based on the occurrence of postpartum hypertension. Clinical data [age, body mass index (BMI), maternal type, abortion history, family history of hypertension, smoking history, total cholesterol (TC), triglyceride (TG), fasting blood glucose (FBG), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP)] and levels of 24-hour urinary protein excretion (UP), hematocrit-albumin (HCT-ALB), and BNP in the third trimester of pregnancy were compared between the two groups to analyze the predictive value of these indicators for postpartum hypertension. **Results** The levels of BMI, family history of hypertension, TC, TG, FBG, SBP and DBP in hypertensive group were higher than those in non-hypertensive group [(25.63 ± 1.37) kg/m<sup>2</sup> vs (23.05 ± 1.23) kg/m<sup>2</sup>, 70.41% vs 30.54%], (5.32 ± 1.14) mmol/L vs (3.91 ± 0.95) mmol/L, (3.48 ± 0.82) mmol/L vs (1.66 ± 0.43) mmol/L, (7.24 ± 1.60) mmol/L vs (4.83 ± 1.22) mmol/L, (148.27 ± 13.29) mmHg vs (127.65 ± 10.71) mmHg, (92.36 ± 5.17) mmHg vs (84.20 ± 4.35) mmHg], the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). The levels of urinary protein, HCT, HCT-ALB and BNP at 24 h at the end of pregnancy in hypertension group were also higher than those in non-hypertension group [(7.82 ± 2.18) g/24 h vs (6.15 ± 1.26) g/24 h, (34.22 ± 3.15) % vs (32.80 ± 1.77) %], (6.19 ± 2.01) vs (3.46 ± 0.90), (646.43 ± 170.59) pg/mL vs (523.81 ± 134.62) pg/mL], while ALB level was lower than that of the non-hypertension group [(28.03 ± 1.13) g/L vs (29.34 ± 1.44) g/L], with statistically significant differences ( $P < 0.05$ ). There was a positive correlation between 24-hUP, HCT, HCT-ALB, BNP and SBP, DBP, while ALB was negatively correlated with SBP and DBP, the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). 24-hUP, HCT-ALB and BNP at the end of pregnancy were independent risk factors for postpartum hypertension, with a combined prediction AUC of 0.930 (95%CI: 0.905 ~ 0.950), a Jordon index of 0.719, sensitivity of 85.71%, the specificity of 86.20%. The AUC of the combined prediction was significantly greater than that of each individual predictor, with statistically significant differences ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** 24-hUP, HCT-ALB, and BNP at the end of pregnancy are independent risk factors for postpartum hypertension. Their combined predictive efficacy is significantly superior to that of individual indicators and can be used as an optimal clinical method for predicting whether patients with severe preeclampsia will develop postpartum hypertension.

[ **Key words** ] Severe preeclampsia; End of pregnancy; 24-hUP; Difference between hematocrit and plasma albumin; Brain natriuretic peptide; Postpartum hypertension; Prediction

重度子痫前期属妊娠期严重并发症, 且其病情程度随孕龄增加而加重, 可导致产妇及胎儿病亡, 严重威胁母婴健康<sup>[1-2]</sup>。重度子痫前期患者产后 3 ~ 6 d 是产后高血压高发期, 部分患者产后高血压仍可持续几周甚至几个月, 严重时可导致脑血管疾病, 具有一定致死率<sup>[3-4]</sup>。探寻相关生物标志物, 预测产后是否发生高血压, 有助于临床及早采取应对措施, 改善母婴结局, 对重度子痫前期患者极为重要。既往临床认为尿蛋白是子痫前期重要诊断指标, 且 24 h 尿蛋白量与子痫前期病情程度有关<sup>[5]</sup>。重度子痫前期患者血管通透性增高, 易发生血浆白蛋白(albumin, ALB)外渗, 导致 ALB 浓度下降, 红细胞压积(hematocrit, HCT)升高, HCT 与 ALB 差值(HCT-ALB)增大<sup>[6]</sup>。

脑钠肽(brain natriuretic peptide, BNP)具有多种病理生理学意义, 可调节血压及血容量自稳平衡, 并有一定排钠、利尿作用<sup>[7]</sup>。但目前关于 24-hUP、HCT-ALB、BNP 联合应用在产后高血压中的临床研究, 国内外鲜有报道。基于此, 本研究重点分析 24-hUP、HCT-ALB、BNP 联合检测对重度子痫前期患者产后高血压的预测价值, 并获得较满意结果。报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选取

采用简单随机抽样法, 回顾性选取重庆医科大学附属大学城医院 2018 年 1 月至 2022 年 12

月 540 例重度子痫前期患者, 根据是否发生产后高血压分为高血压组 ( $n = 98$ ) 与非高血压组 ( $n = 442$ )。本研究经重庆医科大学附属大学城医院医学伦理委员会批准。

## 1.2 纳入及排除标准

**1.2.1 纳入标准** (1) 自然受孕; (2) 单胎妊娠; (3) 临床资料保存完整; (4) 妊娠期均符合重度子痫前期诊断标准<sup>[8]</sup>; (5) 于该院建档、产检、分娩者; (6) 产后高血压组符合《国家基层高血压防治管理指南》<sup>[9]</sup> 诊断标准; (7) 非高血压组产后多次测量血压均处于正常范围。

**1.2.2 排除标准** (1) 合并严重感染性疾病; (2) 合并自身免疫缺陷; (3) 合并精神、行为障碍者; (4) 存在长期熬夜、抽烟、酗酒等严重不良生活习惯者; (5) 伴有慢性肾病及心脏疾病者; (6) 孕期未进行子痫前期规范性治疗者; (7) 存在语言沟通障碍者; (8) 孕前已伴有严重高血压; (9) 伴凝血异常等循环系统疾病; (10) 妊娠期伴有持续性重度贫血或低蛋白血症者; (11) 产后大出血者。

## 1.3 研究方法

**1.3.1 实验室指标检测** 采集两管两组受检者入院时清晨空腹外周静脉血 3~5 mL, 1 支为抗凝管, 1 支室温下静置至血液凝固, 使用 KH30RF 通用多功能离心机(湖南凯达科学仪器有限公司), 以转速 3500 r/min, 半径 12 cm, 离心 10 min, 取上层血清, -80 °C 冷冻待测。抗凝采用化学发光法测定血清 BNP 水平, 全血使用迈瑞 BS-2000M 全自动生化分析仪检测 HCT、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglycerides, TG)、空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)水平, 以溴甲酚绿法检测 ALB, 并计算 HCT-ALB 值, 本研究用检测试剂盒均购自深圳亚辉龙生物科技股份有限公司, 所有步骤按试剂盒说明及仪器要求严格操作。

**1.3.2 24 h 尿蛋白定量** 妊娠末期, 所有受检者自清晨 6 点排空膀胱, 从此点开始至第 2 日清晨 6 点, 将所有尿液保留至洁净容器内, 并放入防腐剂甲苯, 于阴凉处保存, 记录 24 h 总尿量, 随机取 5 mL 中段尿液送至检验科, 使用 BS-220 全自动生化分析仪(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司)监测 24-hUP, 尿微量蛋白试剂购自德国罗氏诊断有限公司。

## 1.4 观察指标

(1) 两组临床资料 [ 年龄、体质量指数(body mass index, BMI)、产妇类型、流产史、高血压家

族史、吸烟史、TC、TG、FBG、收缩压(systolic blood pressure, SBP)、舒张压(diastolic blood pressure, DBP)]; (2) 两组妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 水平; (3) 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 与 SBP、DBP 的相关性; (4) 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 对产后高血压的影响; (5) 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 单独及联合检测对产后高血压的预测价值。

## 1.5 统计学分析

以 SPSS 27.0 软件进行分析, 计数资料以  $[n(\%)]$  表示, 行  $\chi^2$  检验, 正态分布计量资料以均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 行独立样本  $t$  检验, 采用 Pearson 分析妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 与 SBP、DBP 的相关性, 采用 Logistic 回归分析妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 对产后高血压的影响, 采用受试者工作特性曲线(receiver operating characteristic, ROC) 分析妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 单独及联合检测对产后高血压的预测价值, 根据曲线下面积(area under curve, AUC) 评估预测效能,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组临床资料比较

两组年龄、产妇类型、吸烟史、流产史差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 高血压组 BMI、高血压家族史、TC、TG、FBG、SBP、DBP 水平高于非高血压组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 1。

### 2.2 两组妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 水平

高血压组妊娠末期 24-hUP、HCT、HCT-ALB、BNP 水平高于非高血压组, ALB 水平低于非高血压组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 2。

### 2.3 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 与 SBP、DBP 的相关性

Pearson 相关性分析, 妊娠末期 24-hUP、HCT、HCT-ALB、BNP 与 SBP、DBP 呈正相关, ALB 与 SBP、DBP 呈负相关, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

### 2.4 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 对产后高血压的影响

以是否发生产后高血压作为因变量, 将 BMI、高血压家族史、TC、TG、FBG 等其他因素进行校正后, 以妊娠末期 24-hUP、HCT、ALB、HCT-ALB、BNP 作为自变量, 结果显示此时 Logistic 回归方程因 HCT、ALB、HCT-ALB 同时存在形成

表 1 两组临床资料比较  $[(\bar{x} \pm s)/n(\%)]$ Tab. 1 Comparison of clinical data between two groups  $[(\bar{x} \pm s)/n(\%)]$ 

项目	高血压组 (n=98)	非高血压组 (n=442)	$t/\chi^2$	P
年龄(岁)	28.76 ± 2.31	28.41 ± 2.07	1.482	0.139
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	25.63 ± 1.37	23.05 ± 1.23		
产妇类型			0.026	0.872
初产妇	55(56.12)	252(57.01)		
经产妇	43(43.88)	190(42.99)		
流产史			0.063	0.802
无	74(75.51)	339(76.70)		
有	24(24.49)	103(23.30)		
吸烟史			0.119	0.730
无	67(68.37)	310(70.14)		
有	31(31.63)	132(29.86)		
高血压家族史			54.233	<0.001*
无	29(29.59)	307(69.46)		
有	69(70.41)	135(30.54)		
TC(mmol/L)	5.32 ± 1.14	3.91 ± 0.95	12.795	<0.001*
TG(mmol/L)	3.48 ± 0.82	1.66 ± 0.43	31.209	<0.001*
FBG(mmol/L)	7.24 ± 1.60	4.83 ± 1.22	16.645	<0.001*
SBP(mmHg)	148.27 ± 13.29	127.65 ± 10.71	16.461	<0.001*
DBP(mmHg)	92.36 ± 5.17	84.20 ± 4.35	16.209	<0.001*

\*P &lt; 0.05。

了多重共线性(VIF > 10), 故将 HCT、ALB 剔除以 24-hUP、HCT-ALB、BNP 作为自变量, 此时不存在多重共线性(VIF < 10), 以此进行最终的 Logistic 回归分析。结果显示, 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 是产后高血压的独立危险因素, 差异有统计学意义(P < 0.05)。见表 4。

## 2.5 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 预测产后高血压价值

ROC 曲线分析, 妊娠末期 24-hUP 预测产后高血压的 AUC 为 0.781(95%CI: 0.744 ~ 0.815), 约登指数为 0.457, 敏感度为 64.29%, 特异度为 81.45%; HCT-ALB 预测产后高血压的 AUC 为

0.814(95%CI: 0.778 ~ 0.846), 约登指数为 0.518, 敏感度为 79.59%, 特异度为 72.17%; BNP 预测产后高血压的 AUC 为 0.784(95%CI: 0.746 ~ 0.818), 约登指数为 0.472, 敏感度为 77.55%, 特异度为 69.68%。见图 1。

## 2.6 联合预测价值及对比结果

将妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 进行 Logistic 二元回归拟合, 返回预测概率 Logit(P) 作为独立检验变量, 获取妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 联合预测产后高血压的 AUC 为 0.930(95%CI: 0.905 ~ 0.950), 约登指数为 0.719, 敏感度为 85.71%, 特异度为 86.20%。见图 2。且 ROC 曲线对比显示, 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 联合预测产后高血压的 AUC 明显大于三者单独预测, 差异有统计学意义(P < 0.05)。见表 5。

## 3 讨论

### 3.1 研究背景及意义

重度子痫前期患者产后可持续存在心功能异常, 继而引发产后高血压或心血管疾病, 若未及时治疗, 最终可导致心、脑、肾等多脏器损伤, 甚至失明, 严重危害患者健康<sup>[10-11]</sup>。因此, 寻找与产后高血压相关生物学指标, 预测产后是否发生高血压, 有助于临床进行早期评估、积极防治, 尽可能改善患者预后, 临床意义重大。

### 3.2 24-hUP 与产后高血压的关系分析

临床研究已证实, 高血压家族史、TC、TG、FBG、SBP、DBP 水平升高是子痫前期患者发生产后高血压的危险因素<sup>[12]</sup>。本研究结果显示, 高血压组糖脂代谢、血压指标及妊娠末期 24-hUP 高于非高血压组, 说明妊娠末期 24-hUP 与产后高血压发生密切相关。24-hUP 可提示肾脏损伤程度, 而子痫前期病理改变为血管内皮损伤、小血管痉挛, 肾脏是其敏感靶器官, 当肾脏发生血管痉挛, 可损伤肾小球滤过膜, 继而引起血浆蛋白渗出,

表 2 两组妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 水平比较  $(\bar{x} \pm s)$ Tab. 2 Comparison of 24-hUP, HCT-ALB, and BNP levels between two groups during late pregnancy  $(\bar{x} \pm s)$ 

组别	n	24-hUP(g/24 h)	HCT(%)	ALB(g/L)	HCT-ALB	BNP(pg/mL)
高血压组	98	7.82 ± 2.18	34.22 ± 3.15	28.03 ± 1.13	6.19 ± 2.01	646.43 ± 170.59
非高血压组	442	6.15 ± 1.26	32.80 ± 1.77	29.34 ± 1.44	3.46 ± 0.90	523.81 ± 134.62
t		10.181	6.093	8.445	20.721	7.746
P		<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*

\*P &lt; 0.05。

表 3 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 与 SBP、DBP 的相关性

Tab. 3 Correlation between 24-hUP, HCT-ALB, BNP and SBP, DBP in late pregnancy

指标	SBP		DBP	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
24-hUP	0.683	< 0.001*	0.691	0.042*
HCT	0.511	0.034*	0.507	0.003*
ALB	-0.489	0.019*	-0.493	< 0.001*
HCT-ALB	0.626	< 0.001*	0.644	0.004*
BNP	0.649	< 0.001*	0.672	< 0.001*

\**P* < 0.05。

表 4 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 对产后高血压的影响

Tab. 4 Effects of 24-hUP, HCT-ALB, and BNP in late pregnancy on postpartum hypertension

变量	$\beta$	S.E.	Wald $\chi^2$	OR	95%CI	<i>P</i>
24-hUP	2.106	0.441	22.814	8.218	2.247 ~ 30.059	< 0.001*
HCT-ALB	1.942	0.528	13.530	6.974	1.753 ~ 27.741	< 0.001*
BNP	1.921	0.603	10.151	6.829	2.034 ~ 22.928	< 0.001*

\**P* < 0.05。

尿蛋白含量升高<sup>[13-14]</sup>。而糖尿病肾病、肾小球肾炎等慢性肾脏疾病多伴有肾小球滤过率异常, 亦可导致 24-hUP 异常升高, 因此, 本研究已将此类患者排除。有研究显示, 妊娠期高血压及子痫前期孕妇 24-hUP 高于健康孕妇, 说明 24-hUP 与高血压存在一定相关性, 与本研究结果相似<sup>[15]</sup>。本研究还发现, 妊娠末期 24-hUP 与 SBP、DBP 呈正相关, 且是产后高血压的独立危险因素, 再次说明妊娠末期 24-hUP 与产后高血压发生、进展有关。究其原因, 可能是产后高血压患者交感神经兴奋、肾素-血管紧张素系统激活等因素相互作用, 促使肾小球内压升高, 滤过膜受损, 血浆蛋白大量渗出, 表现为尿蛋白含量升高<sup>[16]</sup>。

### 3.3 HCT-ALB 与产后高血压的关系分析

本研究结果显示, 高血压组 HCT、HCT-ALB 水平高于非高血压组, ALB 水平低于非高血

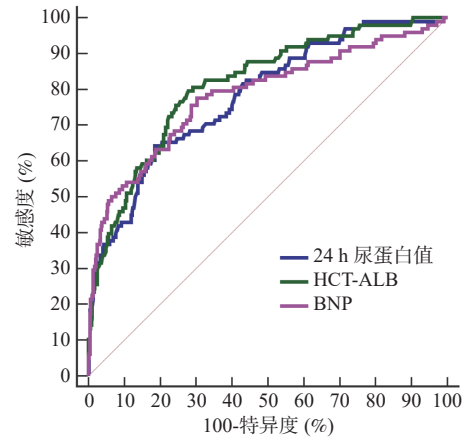


图 1 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 预测产后高血压价值

Fig. 1 Predictive value of 24-hUP, HCT-ALB, BNP for postpartum hypertension

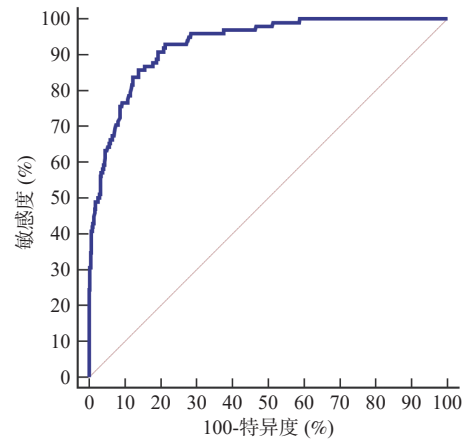


图 2 妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 联合预测价值

Fig. 2 Combined predictive value of 24-hUP, HCT-ALB, and BNP in late pregnancy

压组, 说明妊娠末期 HCT-ALB 与产后高血压发生密切相关。HCT 可衡量血液黏稠度, 正常情况下, 机体可分泌激素调节神经系统、内分泌系统、血液系统等功能, 以降低 HCT 及血液黏稠度<sup>[17]</sup>。ALB 是血清总蛋白主要蛋白质成分, 具有维持胶体渗透压等功效<sup>[18]</sup>。有研究显示, 使用降压药可降低子痫前期患者 HCT-ALB, 提示 HCT-ALB 可用于子痫前期疗效评估, 此研究可为本研究结果

表 5 ROC 曲线对比结果

Tab. 5 Comparison results of ROC curve

成对对比	AUC 差异	标准误差	95%CI	Z	<i>P</i>
联合-24-hUP	0.149	0.028	0.094 ~ 0.205	5.248	< 0.001*
联合-HCT-ALB	0.117	0.026	0.066 ~ 0.167	4.486	< 0.001*
联合-BNP	0.147	0.032	0.084 ~ 0.209	4.616	< 0.001*

\**P* < 0.05。

提供依据<sup>[19]</sup>。本研究还发现,妊娠末期 HCT、HCT-ALB 与 SBP、DBP 呈正相关,ALB 与之呈负相关,且妊娠末期 HCT-ALB 是产后高血压的独立危险因素,再次说明妊娠末期 HCT-ALB 参与了产后高血压发生、进展过程。分析原因可能是,当产后持续存在高血压时,全身小动脉处于痉挛状态,血液循环阻力增加,造成机体一定程度缺血、缺氧,红细胞启动代偿机制,使血液黏稠度增加,继而引起血浆黏度、HCT 增加,同时,当血管痉挛时,管壁内外压力差升高,血管内皮细胞受损,导致血管通透性增加,ALB 外渗至细胞间隙<sup>[20-21]</sup>。

### 3.4 BNP 与产后高血压的关系分析

本研究结果显示,高血压组 BNP 水平高于非高血压组,说明妊娠末期 BNP 与产后高血压发生密切相关。BNP 为心脏神经激素,属心功能标志物,临床多用于评估心功能,当心室受到刺激,心室肌细胞可释放大量 BNP 进入血液<sup>[22]</sup>。有研究显示,256 例妊娠期高血压患者 BNP 水平高于同期正常妊娠孕妇,与本研究结果相似<sup>[23]</sup>。本研究还发现,妊娠末期 BNP 与 SBP、DBP 呈正相关,且是产后高血压的独立危险因素,再次说明妊娠末期 BNP 参与了产后高血压发生、进展过程。分析原因可能是,产后高血压患者因小动脉痉挛,血管外周阻力增加,左心室负荷过重,诱发心室壁张力增加,心室收缩、舒张功能减退,心室肌大量合成并释放 BNP,BNP 水平升高<sup>[24]</sup>。

### 3.5 24-hUP、HCT-ALB、BNP 对产后高血压的预测效能分析

基于上文描述,本研究进一步通过 ROC 分析,结果显示,妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 联合预测产后高血压的 AUC 为 0.930,约登指数为 0.719,且联合预测价值高于三者单独预测,说明妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 可作为临床预测产后高血压的辅助指标。尿蛋白、HCT、ALB、BNP 水平检测操作简单且无创,建议临床密切监测重度子痫前期患者妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 水平,对水平异常升高者,可积极采取干预措施,以降低产后高血压发生率。

综上所述,妊娠末期 24-hUP、HCT-ALB、BNP 与产后高血压具有紧密联系,三者水平与产后血压水平均呈正相关,联合检测对产后高血压具有一定预测价值,可为临床评估重度子痫前期患者是否发生产后高血压提供参考。产后精神紧张、睡眠不足、产后用药等均可影响产后血压水

平,但本研究由于临床工作不足,此方面缺乏足够数据支持,后续研究中将加强此方面数据收集,进一步验证本研究结果。

### [参考文献]

- [1] Yang Y Y, Le Ray I, Zhu J, et al. Preeclampsia prevalence, risk factors, and pregnancy outcomes in Sweden and China[J]. *JAMA Netw Open*, 2021, 4(5): e218401-e218401.
- [2] Chang K J, Seow K M, Chen K H. Preeclampsia: Recent advances in predicting, preventing, and managing the maternal and fetal life-threatening condition[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2023, 20(4): 2994-3006.
- [3] Muteke K, Musaba M W, Mukunya D, et al. Postpartum resolution of hypertension, proteinuria and acute kidney injury among women with preeclampsia and severe features at Mulago National Referral Hospital, Uganda: A cohort study[J]. *Afr Health Sci*, 2023, 23(3): 27-36.
- [4] Stamilio D M, Beckham A J, Boggess K A, et al. Risk factors for postpartum readmission for preeclampsia or hypertension before delivery discharge among low-risk women: A case-control study[J]. *Am J Obstet Gynecol MFM*, 2021, 3(3): 100317.
- [5] Herman H G, Barda G, Miremberg H, et al. Management of pregnancies with suspected preeclampsia based on 6-hour vs 24-hour urine protein collection—a randomized double-blind controlled pilot trial[J]. *Am J Obstet Gynecol MFM*, 2021, 3(5): 100429.
- [6] 程敏,李青,李志芳.红细胞压积及白蛋白指标评估子痫前期治疗效果的应用价值研究[J]. *河北医药*, 2022, 44(8): 1221-1223.
- [7] Rao S, Daines B, Hosseini O, et al. The utility of brain natriuretic peptide in patients undergoing an initial evaluation for pulmonary hypertension[J]. *J Community Hosp Intern Med Perspect*, 2022, 12(3): 48-52.
- [8] 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(2015)[J]. *中华妇产科杂志*, 2015, 50(10): 721-728.
- [9] 国家基本公共卫生服务项目基层高血压管理办公室, 基层高血压管理专家委员会. 国家基层高血压防治管理指南[J]. *中国循环杂志*, 2017, 32(11): 1041-1048.
- [10] Alese M O, Moodley J, Naicker T. Preeclampsia and

- HELLP syndrome, the role of the liver[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2021, 34(1): 117–123.
- [11] Peterson J A, Sandgren K, Levine LD. Severe preterm preeclampsia: An examination of outcomes by race[J]. *Am J Obstet Gynecol MFM*, 2020, 2(4): 100181.
- [12] 刘蓉, 林晓峰, 魏璞, 等. 子痫前期产妇产后高血压的发病情况及其危险因素分析 [J]. *实用预防医学*, 2018, 25(8): 954–957.
- [13] Abdelazim I A, Amer O O, Shikanova S, et al. Protein/creatinine ratio versus 24-hours urine protein in preeclampsia[J]. *Ginekol Pol*, 2022, 93(12): 975–979.
- [14] Aynaoğlu Yıldız G, Topdağı Yılmaz EP. The association between protein levels in 24-hour urine samples and maternal and neonatal outcomes of pregnant women with preeclampsia[J]. *J Turk Ger Gynecol Assoc*, 2022, 23(3): 190–198.
- [15] 王之信, 周萍. 24 h 尿蛋白、胱抑素 C、D-二聚体及超敏 C-反应蛋白与妊娠期高血压疾病严重程度的相关性及对不良妊娠结局的预测价值 [J]. *安徽医药*, 2022, 26(8): 1584–1589.
- [16] Sukmanee J, Rothmanee P, Sriwimol W, et al. Levels of blood pressure, cardiovascular biomarkers and their correlations in women with previous pre-eclamptic pregnancy within 7 years postpartum: a cross-sectional study in Thailand[J]. *BMJ Open*, 2022, 12(6): e055534.
- [17] Trejo-Soto C, Hernández-Machado A. Normalization of blood viscosity according to the hematocrit and the shear rate[J]. *Micromachines (Basel)*, 2022, 13(3): 357–366.
- [18] Zhao R M, Dai H, Arias R J, et al. Direct activation of the proton channel by albumin leads to human sperm capacitation and sustained release of inflammatory mediators by neutrophils[J]. *Nat Commun*, 2021, 12(1): 3855–3864.
- [19] 程敏, 李青, 李志芳. 红细胞压积及白蛋白指标评估子痫前期治疗效果的应用价值研究 [J]. *河北医药*, 2022, 44(8): 1221–1223.
- [20] von Petersdorff-Campen K, Fischer P, Bogdanova A, et al. Potential factors for poor reproducibility of in vitro hemolysis testing[J]. *ASAIO J*, 2022, 68(3): 384–393.
- [21] Van de Wouw J, Joles JA. Albumin is an interface between blood plasma and cell membrane, and not just a sponge[J]. *Clin Kidney J*, 2021, 15(4): 624–634.
- [22] Nishikimi T, Nakagawa Y. B-Type Natriuretic Peptide (BNP) revisited—is BNP still a biomarker for heart failure in the angiotensin receptor/neprilysin inhibitor era?[J]. *Biology (Basel)*, 2022, 11(7): 1034–1042.
- [23] 黄钧, 胡玲, 余广彤. 联合监测无创血流动力学和脑钠肽评估妊娠高血压病患者心功能的价值 [J]. *江苏医药*, 2020, 46(10): 984–988.
- [24] Boucly A, Tu L, Guignabert C, et al. Cytokines as prognostic biomarkers in pulmonary arterial hypertension[J]. *Eur Respir J*, 2023, 61(3): 2201232.