

• 产科疾病的实验室检测专题 • DOI:10. 3969/j. issn. 1672-9455. 2025. 11. 005

基于血清 SAA、PCT、 β -hCG 构建孕晚期 B 族链球菌感染不良妊娠结局的风险预测模型^{*}

赵向阳,魏亚楠,田 轶[△]

陕西省汉中市人民医院妇产科,陕西汉中 723000

摘要:目的 基于血清淀粉样蛋白 A(SAA)、降钙素原(PCT)、 β -人绒毛膜促性腺激素(β -hCG)构建孕晚期 B 族链球菌(GBS)感染孕妇发生不良妊娠结局(APO)的风险预测模型。方法 选取 2021 年 10 月至 2024 年 1 月该院收治的孕晚期 GBS 感染孕妇 243 例,根据妊娠结局分为 APO 组和无 APO 组,收集孕晚期 GBS 感染孕妇临床资料,并采用酶联免疫吸附试验检测血清 SAA、PCT、 β -hCG 水平。采用多因素非条件 Logistic 回归分析孕晚期 GBS 感染孕妇 APO 的影响因素;采用 R 软件建立孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的风险预测模型,通过一致性指数评估模型的区分能力,校准曲线评估模型的准确性,决策曲线评估模型的临床效益,霍斯默-莱梅肖检验评估模型的拟合优度;采用受试者工作特征(ROC)曲线分析模型的预测效能。结果 243 例孕晚期 GBS 感染孕妇 APO 发生率为 37.45%(91/243)。2 组孕妇年龄、妊娠期糖尿病比例、妊娠期高血压疾病比例、血红蛋白、清蛋白、SAA、PCT、 β -hCG 比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。多因素非条件 Logistic 回归分析显示,妊娠期糖尿病、妊娠期高血压疾病,以及 SAA、PCT、 β -hCG 是孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的影响因素($P < 0.05$)。根据以上危险因素构建基于血清 SAA、PCT、 β -hCG 的孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的风险预测模型 $\text{Logit}(P) = -13.673 + 1.769X_{\text{妊娠期糖尿病}} + 1.299X_{\text{妊娠期高血压疾病}} + 0.049X_{\text{SAA}} + 0.605X_{\text{PCT}} + 0.001X_{\beta\text{-hCG}}$ 。经内部验证,该风险预测模型的一致性指数为 0.913(95%CI:0.909~0.918),校准曲线与理想曲线贴合度良好,决策曲线高于 2 条极端曲线,霍斯默-莱梅肖检验提示拟合优度较好($P > 0.05$)。ROC 曲线分析结果显示,基于血清 SAA、PCT、 β -hCG 的风险预测模型预测孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的曲线下面积为 0.913,灵敏度和特异度分别为 82.42%、87.50%。结论 基于血清 SAA、PCT、 β -hCG 构建孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的风险预测模型能较为准确地进行预测。

关键词: B 族链球菌感染; 淀粉样蛋白 A; 降钙素原; β -人绒毛膜促性腺激素; 不良妊娠结局; 风险预测模型

中图法分类号:R711;R446.1

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2025)11-1462-07

Development of a risk prediction model for adverse pregnancy outcomes associated with late-pregnancy group B Streptococcus infection based on serum SAA, PCT and β -hCG levels^{*}

ZHAO Xiangyang, WEI Yannan, TIAN Yi[△]

Department of Obstetrics and Gynecology, Hanzhong People's Hospital, Hanzhong, Shaanxi 723000, China

Abstract: Objective To develop a risk prediction model for adverse pregnancy outcomes (APO) in patients with late-pregnancy group B Streptococcus (GBS) infection based on serum amyloid A (SAA), procalcitonin (PCT) and β -human chorionic gonadotropin (β -hCG) levels. **Methods** A total of 243 pregnant women with late-pregnancy GBS infection admitted from October 2021 to January 2024 were enrolled and stratified into the APO group and non-APO group based on delivery results. Clinical data and serum levels of SAA, PCT and β -hCG (measured by ELISA) were analyzed. Multivariate unconditional Logistic regression was used to identify the influencing factors of APO. A risk prediction model for APO in late-pregnancy women with GBS infection was developed using R software. The model's discriminatory ability was assessed using the concordance index (C-index), calibration curve was used to evaluate its accuracy, and decision curve analysis (DCA) was applied to assess its clinical utility. The Hosmer-Lemeshow test was used to evaluate the model's goodness of fit. Additionally, the predictive performance of the model was analyzed using the receiver operating

* 基金项目:陕西省科技计划项目(2020JM1062)。

作者简介:赵向阳,男,主治医师,主要从事妇科肿瘤相关研究。 △ 通信作者, E-mail: Ty13892684938@163.com。

characteristic (ROC) curve. **Results** The incidence of APO among the 243 pregnant women with late-pregnancy GBS infection was 37.45% (91/243). Significant differences were observed between the APO group and non-APO group in terms of age, proportions of gestational diabetes mellitus (GDM) and hypertensive disorders of pregnancy (HDP), as well as levels of hemoglobin, albumin, SAA, PCT and β -hCG ($P < 0.05$). Multivariate unconditional Logistic regression analysis identified GDM, HDP, SAA, PCT and β -hCG as influencing factors for APO in patients with late-pregnancy GBS infection ($P < 0.05$). Based on these risk factors, a Logistic regression prediction model was developed: $\text{Logit}(P) = -13.673 + 1.769X_{\text{GDM}} + 1.299X_{\text{HDP}} + 0.049X_{\text{SAA}} + 0.605X_{\text{PCT}} + 0.001X_{\beta\text{-hCG}}$. Internal validation showed that the model had a C-index of 0.913 (95%CI: 0.909–0.918). The calibration curve demonstrated good agreement with the ideal reference line, and the DCA showed favorable clinical benefit, remaining above both extreme curves. The Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit test indicated a good model fit ($P > 0.05$). ROC curve analysis revealed that the model based on serum SAA, PCT and β -hCG had an area under the curve (AUC) of 0.913 for predicting APO, with a sensitivity of 82.42% and a specificity of 87.50%. **Conclusion** The risk prediction model based on serum SAA, PCT and β -hCG can accurately predict adverse pregnancy outcomes in patients with late-pregnancy GBS infection.

Key words: group B Streptococcus infection; amyloid A; procalcitonin; β -human chorionic gonadotropin; adverse pregnancy outcome; risk prediction model

B 族链球菌 (GBS) 是一种条件致病菌。孕妇 GBS 定植是指孕期于孕妇肛周、直肠、阴道取样培养, 结果显示 GBS 阳性。孕晚期因机体免疫功能抑制更易引起 GBS 定植, 我国孕妇 GBS 定植率约为 8.1%^[1-2]。GBS 可在一定条件下由定植转为致病菌感染, 孕晚期 GBS 感染还可通过羊水和阴道分泌物垂直传播至胎儿或新生儿, 从而引发胎儿窘迫、胎膜早破、早产, 以及新生儿肺炎、脑膜炎、败血症等不良妊娠结局 (APO)。APO 是导致新生儿发病和死亡的重要因素^[3-4]。因此, 及时预测孕晚期 GBS 感染孕妇的 APO 尤为重要。证据表明, 炎症反应与 GBS 感染孕妇 APO 有关^[5]。血清淀粉样蛋白 A (SAA) 是一种典型的急性期反应蛋白, 降钙素原 (PCT) 是细菌感染所引发炎症反应的重要标志物, 二者水平与炎症反应直接相关^[6-7]。有研究报道, 血清 SAA、PCT 水平与重度子痫前期孕妇 APO 有关^[8-9]。 β -人绒毛膜促性腺激素 (β -hCG) 是维持早期妊娠的重要激素, 母体感染和炎症可影响胎盘功能, 导致 β -hCG 水平异常升高^[10]。高艳杰等^[11]报道, 血清 β -hCG 水平升高与胎膜早破孕妇并发绒毛膜羊膜炎及新生儿感染有关。但关于血清 SAA、PCT、 β -hCG 与孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的关系尚不清楚, 本研究基于血清 SAA、PCT、 β -hCG 构建孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的风险预测模型, 以期改善孕晚期 GBS 感染孕妇妊娠结局提供更多依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2021 年 10 月至 2024 年 1 月本院收治的孕晚期 GBS 感染孕妇 243 例, 年龄 22~38 岁, 平均 (29.75±3.53) 岁; 体质量指数 23.02~30.94 kg/m², 平均 (28.03±1.85) kg/m²; 孕周 28~41 周, 平均 (36.07±3.19) 周; GBS 血清型: I a 型 22 例,

I b 型 40 例, II 型 11 例, III 型 150 例, IV 型 4 例, V 型 16 例。纳入标准: (1) 年龄 ≥ 22 岁; (2) 孕周 ≥ 28 周; (3) 有完整的临床资料; (4) GBS 感染符合《预防围产期 B 族链球菌病 (中国) 专家共识》^[1] 中的诊断标准; (5) 单胎妊娠。排除标准: (1) 合并自身免疫性疾病; (2) 生殖道畸形、胎儿畸形; (3) 合并严重心、肝、肾等脏器功能损伤; (4) 合并其他病原菌感染; (5) 近 1 个月内使用过抗菌药物、免疫抑制剂; (6) 合并血液系统疾病; (7) 合并恶性肿瘤。本研究经本院医学伦理委员会批准 (2021-LWHZRM-04), 患者或家属自愿签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 血清 SAA、PCT、 β -hCG 水平检测 采集孕晚期 GBS 感染孕妇孕检时 3 mL 空腹静脉血, 1 500×g 离心 15 min, 留取上清液采用酶联免疫吸附试验检测 SAA (武汉百意欣生物技术有限公司, 货号: TD711272)、PCT (南京森贝伽生物科技有限公司, 货号: SBJ-H0175)、 β -hCG (上海烜雅生物科技有限公司, 货号: XY0970A) 水平。

1.2.2 资料收集 收集孕晚期 GBS 感染孕妇临床资料, 包括产史、GBS 血清型、妊娠期糖尿病及妊娠期高血压疾病发生情况、血红蛋白、清蛋白和血脂 4 项检测结果等。

1.3 APO 分组 随访至妊娠终点, 统计孕晚期 GBS 感染孕妇的妊娠结局, 根据是否出现产后出血、胎膜早破、羊膜腔感染、产后子宫内膜炎、流产、死产、巨大儿、新生儿肺炎、新生儿脑膜炎、新生儿败血症等 APO 将孕晚期 GBS 感染孕妇分为 APO 组和无 APO 组^[12]。

1.4 统计学处理 采用 SPSS28.0 统计软件进行处理和分析。呈正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组

间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;采用多因素非条件 Logistic 回归分析孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的影响因素;采用 R 软件建立孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的风险预测模型;采用一致性指数评估模型的区分能力,校准曲线评估模型的准确性,决策曲线评估模型的临床效益,霍斯默-莱梅肖检验评估模型的拟合优度;采用受试者工作特征(ROC)曲线分析模型预测效能。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 APO 组与无 APO 组临床资料比较 243 例孕晚期 GBS 感染孕妇有 91 例发生 APO, APO 发生率为 37.45%(91/243)。APO 组 91 例、无 APO 组 152 例。2 组孕妇年龄、妊娠期糖尿病比例、妊娠期高血压疾病比例,以及血红蛋白、清蛋白、SAA、PCT、 β -hCG 水平比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),体质指数、孕周、产史、GBS 血清型、血脂 4 项比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。

表 1 APO 组与无 APO 组临床资料比较[$\bar{x}\pm s$ 或 $n(\%)$]

项目	APO 组($n=91$)	无 APO 组($n=152$)	t/χ^2	P
年龄(岁)	30.58±3.41	29.26±3.51	2.880	0.004
体质量指数(kg/m ²)	28.18±1.58	27.93±1.99	1.093	0.275
孕周(周)	37.02±2.40	37.43±2.59	-1.235	0.218
产史			1.179	0.278
经产妇	43(47.25)	61(40.13)		
初产妇	48(52.75)	91(59.87)		
GBS 血清型			5.327	0.377
I a 型	8(8.80)	14(9.21)		
I b 型	9(9.89)	31(20.39)		
II 型	5(5.49)	6(3.95)		
III 型	61(67.03)	89(58.56)		
IV 型	1(1.10)	3(1.97)		
V 型	7(7.69)	9(5.92)		
妊娠期糖尿病			24.792	<0.001
有	45(49.45)	29(19.08)		
无	46(50.55)	123(80.92)		
妊娠期高血压疾病			19.052	<0.001
有	42(46.15)	30(19.74)		
无	49(53.85)	122(80.26)		
血红蛋白(g/L)	123.07±5.50	124.98±6.90	-2.368	0.019
清蛋白(g/L)	34.89±3.62	36.07±4.07	-2.285	0.023
总胆固醇(mmol/L)	4.60±0.85	4.56±0.65	0.363	0.717
甘油三酯(mmol/L)	1.62±0.54	1.61±0.51	0.148	0.883
高密度脂蛋白胆固醇(mmol/L)	1.13±0.18	1.15±0.11	-1.247	0.215
低密度脂蛋白胆固醇(mmol/L)	2.68±0.55	2.55±0.48	1.885	0.061
SAA(mg/L)	86.70±22.57	65.43±20.87	7.456	<0.001
PCT(μ g/L)	0.81±0.20	0.63±0.15	7.520	<0.001
β -hCG(IU/L)	15 905.16±3 730.93	12 876.59±3 012.46	6.567	<0.001

2.2 多因素非条件 Logistic 回归分析孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的影响因素 以孕晚期 GBS 感染孕妇是否发生 APO(是=1,否=0)为因变量,表 1 中差异有统计学意义的项目[年龄(原值录入)、妊娠期糖尿病(有=1,无=0)、妊娠期高血压疾病(有=1,

无=0)、血红蛋白(原值录入)、清蛋白(原值录入)、SAA(原值录入)、PCT(原值录入)、 β -hCG(原值录入)]为自变量,进行多因素非条件 Logistic 回归。结果显示,妊娠期糖尿病、妊娠期高血压疾病、SAA、PCT、 β -hCG 是孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的影

响因素($P<0.05$)。见表 2。

表 2 孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的多因素非条件 Logistic 回归分析

项目	β	SE	Wald χ^2	P	OR	OR 的 95%CI
年龄	0.070	0.058	1.476	0.224	1.073	0.958~1.201
妊娠期糖尿病	1.779	0.433	16.848	<0.001	5.925	2.534~13.857
妊娠期高血压疾病	1.321	0.430	9.464	0.002	3.749	1.615~8.701
血红蛋白	-0.049	0.033	2.244	0.134	0.952	0.893~1.015
清蛋白	-0.030	0.052	0.325	0.568	0.971	0.877~1.075
SAA	0.049	0.010	23.617	<0.001	1.050	1.030~1.071
PCT	0.601	0.130	21.289	<0.001	1.823	1.413~2.353
β -hCG	0.001	0.001	17.742	<0.001	1.001	1.001~1.002

2.3 基于血清 SAA、PCT、 β -hCG 构建孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的风险预测模型 根据表 2 多因素非条件 Logistic 回归确定的影响因素建立回归方程 $\text{Logit}(P) = -13.673 + 1.769X_{\text{妊娠期糖尿病}} + 1.299X_{\text{妊娠期高血压疾病}} + 0.049X_{\text{SAA}} + 0.605X_{\text{PCT}} + 0.001X_{\beta\text{-hCG}}$, 采用 R 语言构建基于血清 SAA、PCT、 β -

hCG 的孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的风险预测模型(图 1), 经 1 000 次 Bootstrap 自抽样内部验证, 该风险预测模型的一致性指数为 0.913(95%CI: 0.909~0.918), 校准曲线与理想曲线贴合度良好(图 2), 决策曲线高于 2 条极端曲线(图 3), 霍斯默-莱梅肖检验中 $\chi^2=7.225, P=0.513$ 。

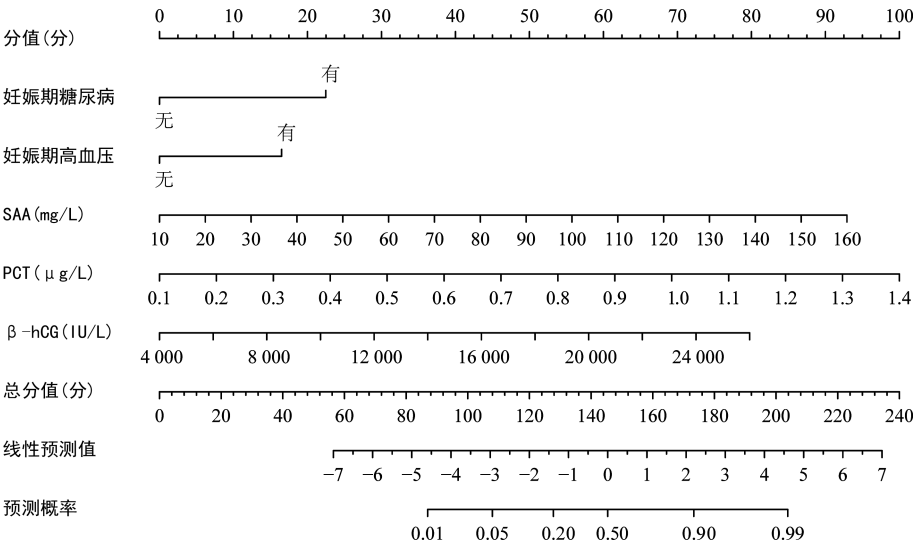


图 1 孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的列线图预测模型

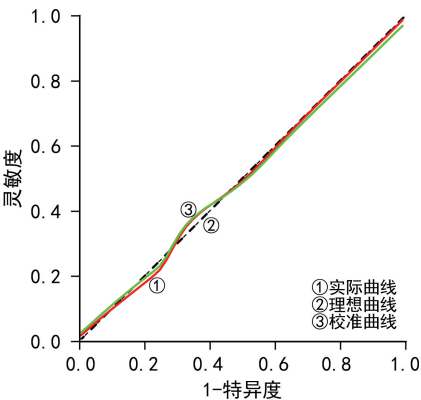


图 2 孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 风险预测模型的校准曲线

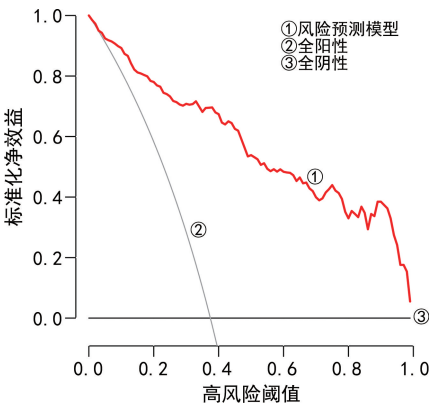


图 3 孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 风险预测模型的决策曲线

2.4 基于血清 SAA、PCT、 β -hCG 的风险预测模型对孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的预测效能 ROC 曲线分析结果显示,取最大约登指数 0.699,基于血清 SAA、PCT、 β -hCG 的风险预测模型预测孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的曲线下面积为 0.913(95%CI: 0.871~0.945),灵敏度和特异度分别为 82.42%、87.50%。见图 4。

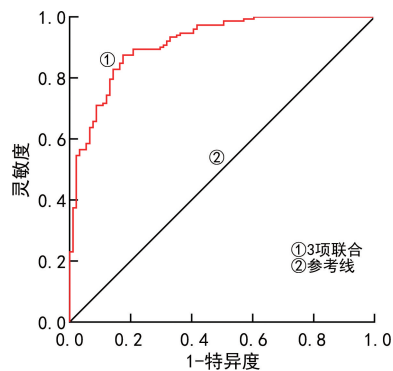


图 4 基于血清 SAA、PCT、 β -hCG 的风险预测模型预测孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的 ROC 曲线

3 讨论

GBS 也称为 B 型溶血性链球菌和无乳链球菌,是一种可持续性或一过性或间断性定植于生殖道或消化道的兼性厌氧革兰阳性球菌,妊娠期间,特别是孕晚期由于孕妇的免疫功能发生改变,会降低机体对 GBS 的防御能力,使 GBS 更容易从定植转变为致病菌^[3]。GBS 感染后能诱发炎症反应,损伤母体生殖系统,并通过垂直传播影响胎儿或新生儿生长,从而增加多种 APO 发生风险^[4]。本研究中,37.45%的孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO,这与林昌玉等^[12]报道的 41.86% 相近,说明孕晚期 GBS 感染孕妇 APO 发生率较高。因此,有必要寻找孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的影响因素并构建风险预测模型,以指导临床采取有效的预防和治疗措施,减少 GBS 感染对母婴健康的影响。

炎症反应与孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 密切相关,GBS 定植于孕妇生殖道后,能通过黏附因子(如表面蛋白、黏附素)黏附在阴道上皮细胞上,并通过细胞外酶和毒力因子破坏上皮屏障进入子宫腔,细菌侵入可触发宿主的先天免疫系统,模式识别受体(如 Toll 样受体、NOD 样受体)识别 GBS 的病原体相关分子模式后,激活免疫细胞释放大量促炎性细胞因子至感染部位,这些促炎性细胞因子诱导的炎症级联反应能破坏宫内环境,胎膜、胎盘功能,对母体及胎儿造成不良影响。此外,GBS 还可通过宫内、阴道感染胎儿和新生儿,引起败血症、肺炎或脑膜炎等严重并发症^[13]。SAA 是一种由多基因编码、合成后经肝脏分泌的急性时相反应蛋白,正常状态下体内 SAA 含

量较低,当机体受到损伤、感染、炎症等刺激后能产生一系列细胞因子诱导 SAA 水平升高。同时,炎症刺激急性期 SAA 还能快速激活和诱导趋化因子,趋化多种免疫细胞至炎症部位,增强炎症反应^[14]。多项研究表明 SAA 与妊娠结局相关;李赛男等^[15]报道,母体血清 SAA 水平升高与未足月胎膜早破并发早期绒毛膜羊膜炎有关;李瑞英等^[16]报道,母体外周血 SAA 水平升高与胚胎停育、先兆流产有关;陈雪梅等^[17]报道,新生儿血清 SAA 水平升高与新生儿肺炎发生独立相关;1 项系统评价和 Meta 分析也表明,母体血清 SAA 水平升高与新生儿败血症独立相关^[18]。本研究发现,血清 SAA 水平每升高 1 mg/L,孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的风险增加 5%,说明血清 SAA 水平升高与孕晚期 GBS 感染孕妇 APO 风险增加有关。这可能是因为 SAA 作为急性时相反应蛋白在 GBS 感染后被大量释放,其血清水平越高表明孕妇的炎症反应越强。同时,SAA 自身也直接参与炎症反应,能通过促进趋化因子的生成和免疫细胞的招募,加剧局部和全身的炎症反应,引起母体和胎儿或新生儿病理变化,从而增加孕晚期 GBS 感染孕妇 APO 发生风险^[13]。刘文姬等^[19]也指出,血清 SAA 水平升高有助于围生期孕妇 GBS 宫内感染的诊断,且血清 SAA 水平升高者面临更高的 APO 发生率。

PCT 是一种由甲状腺中的 C 细胞合成并在体内转化的无激素活性糖蛋白,其水平通常低于 0.05 μ g/L。当机体受到损伤、感染、炎症等刺激后,甲状腺及肝脏、肺、肾脏和肠道等多种器官、组织和细胞也会合成、分泌 PCT,因此 PCT 成为诊断感染的重要标志物^[7]。在孕晚期 GBS 感染中,血清 PCT 水平升高是独立危险因素,且具有一定的预测效能^[20]。陈雪梅等^[17]报道,血清 PCT 水平升高与新生儿肺炎发生独立相关。汪丹丹等^[21]报道,血清 PCT 水平升高与新生儿败血症发生及病情加重有关。宋风丽等^[22]报道,血清 PCT 水平升高与胎膜早破并发绒毛膜羊膜炎有关。这些研究均表明 PCT 能影响妊娠结局。本研究中,血清 PCT 水平每升高 0.1 μ g/L,孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的风险提高至 1.823 倍,说明血清 PCT 水平升高与孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 风险增加有关。本研究结果与潘彩琴等^[23]和 DONG 等^[24]报道的血清 PCT 水平升高与 GBS 感染孕妇并发新生儿败血症和绒毛膜羊膜炎合并胎膜早破具有相关性的结果相符。考虑原因,PCT 是细菌感染和全身炎症反应的重要生物标志物,孕晚期 GBS 感染孕妇由于感染导致血清 PCT 水平升高,其水平越高表明其全身炎症反应更严重。同时,PCT 作为免疫活性蛋白可促进炎症介质的释放,促进机体炎症反应,而

过度炎症反应通过破坏母体宫内环境,胎膜、胎盘功能和引发胎儿或新生儿炎症反应,增加孕晚期 GBS 感染孕妇 APO 发生风险^[13]。

β -hCG 是 hCG 的 β 亚单位,孕早期受精卵植入子宫内膜后,滋养细胞开始分化并产生 β -hCG, β -hCG 进入血液循环后刺激黄体分泌孕激素,以维持子宫内 膜的血供和支持妊娠,孕中期 β -hCG 分泌达到顶峰后 逐渐下降,孕晚期 β -hCG 分泌达到最低值,并保持在 一定水平以维持胎盘和胎儿的正常发育,但若胎盘出 现病理变化时也会导致 β -hCG 水平升高^[10]。狄红丽 等^[25]报道,血清 β -hCG 水平升高与胎膜早破合并宫 内感染发生及病情程度加重有关。焦广云等^[26]报道, 外周血 β -hCG 水平升高与胎膜早破孕妇并发新生儿 窒息、肺炎、败血症有关。一项前瞻性队列研究也指 出,母体血清 β -hCG 水平升高与 APO 风险增加有 关^[27]。本研究中,血清 β -hCG 水平每升高 1 IU/L,孕 晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的风险提高至 1.001 倍,说明血清 β -hCG 水平升高与孕晚期 GBS 感染孕 妇发生 APO 风险增加有关。这与谢萍等^[28]报道血 清 β -hCG 水平升高与 GBS 感染孕妇发生胎膜早破有 关的结果相符。可能原因: β -hCG 主要由胎盘分泌, 其水平在孕晚期通常会下降,但 GBS 感染引发的炎 症和胎盘应激能刺激 β -hCG 大量分泌,故血清 β -hCG 水平升高可反映母体炎症反应加剧或胎盘功能异常, 因而 APO 发生风险更高^[10]。

妊娠期糖尿病、妊娠期高血压疾病是公认的 APO 的危险因素,与二者引起胎盘功能异常、代谢紊 乱、胎盘早剥、全身性炎症反应等有关^[29-30]。GBS 感 染在妊娠期糖尿病、妊娠期高血压疾病孕妇中并不少 见,妊娠期糖尿病、妊娠期高血压疾病能通过免疫功 能抑制和胎盘功能受损增加孕妇感染 GBS 的概率^[31]。本研究也发现,妊娠期糖尿病、妊娠期高血压 疾病会增加孕晚期 GBS 感染孕妇 APO 的发生风险, 符合既往研究结果^[29-30]。尽管较多研究分析了孕晚 期 GBS 感染孕妇发生 APO 的影响因素,但尚缺乏风 险预测模型。列线图是一种统计工具,它通过将每个 变量的数值转换为一个分数,并将这些分数累加,将 复杂的预测模型简化为图形形式,帮助临床医师根据 多个变量预测疾病风险或预后^[32]。本研究利用列线 图构建基于血清 SAA、PCT、 β -hCG 的孕晚期 GBS 感 染孕妇发生 APO 的风险预测模型,结果显示,该风险 预测模型的一致性指数为 0.913,校准曲线与理想曲 线贴合度良好,决策曲线高于 2 条极端曲线,说明该 风险预测模型有较高的一致性、区分度和净收益。霍 斯默-莱梅肖检验显示 $P>0.05$,说明该风险预测模 型有良好的拟合优度,其预测风险与实际发生风险具

有较高的一致性。ROC 曲线分析结果显示,基于血 清 SAA、PCT、 β -hCG 的风险预测模型预测孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的曲线下面积为 0.913,灵 敏度和特异度分别为 82.42%、87.50%,进一步说明 该风险预测模型对孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 具有较高的预测效能。该风险预测模型通过综合妊 娠期糖尿病、妊娠期高血压疾病、SAA、PCT、 β -hCG, 能从代谢、炎症及妊娠状态等方面更加全面地反映孕 晚期 GBS 感染孕妇 APO 发生风险,因而有助于提升 对 GBS 感染孕妇发生 APO 的预测效能。

综上所述,血清 SAA、PCT、 β -hCG 是孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 的影响因素,基于此构建的 风险预测模型对孕晚期 GBS 感染孕妇发生 APO 具 有较高的预测效能。但本研究结果还需进一步多中 心研究进行验证。

参考文献

[1] 中华医学会围产医学分会. 中华医学会妇产科学分会产科学组. 预防围产期 B 族链球菌病(中国)专家共识[J]. 中华围产医学杂志,2021,24(8):561-566.

[2] 贾丽娜,余欣. 围生期孕妇感染 B 族链球菌血清型与不良妊娠结局的关系[J]. 检验医学与临床,2023,20(24):3603-3606.

[3] 祝垚,陈超,林新祝. 围产期 B 族链球菌感染致病机制的研究进展[J]. 中华围产医学杂志,2022,25(12):919-924.

[4] 汪洋,于卫华,张海燕. 中国 17 个地区孕妇 B 族链球菌感染与妊娠结局关系的 Meta 分析[J]. 中国计划生育和妇产科,2024,16(4):103-109.

[5] YUAN X Y,LIU H Z,LIU J F,et al. Pathogenic mechanism detection methods and clinical significance of group B streptococcus[J]. Future Microbiol,2021,6(16):671-685.

[6] 中国中西医结合学会检验医学专业委员会. 血清淀粉样蛋白 A 在感染性疾病中临床应用的专家共识[J]. 中华检验医学杂志,2019,42(3):186-192.

[7] 降钙素原在儿童下呼吸道感染临床应用专家共识组. 降钙素原在儿童下呼吸道感染临床应用专家共识(2022 版)[J]. 中华急诊医学杂志,2022,31(12):1578-1587.

[8] 方杰,胡炜. SAA、NLR 对多学科救治重度子痫前期患者不良妊娠结局的预测价值[J]. 中华急诊医学杂志,2023,32(8):1096-1102.

[9] 罗苗苗,南延荣,都燕. 低分子肝素联合硫酸镁及小剂量阿司匹林对早发型重度子痫前期患者子宫动脉血流及 NLR、hs-CRP、PCT 水平的影响[J]. 临床医学研究与实践,2023,8(29):129-132.

[10] LARRAÍN D,CARADEUX J. β -Human chorionic gonadotropin dynamics in early gestational events:a practical and updated reappraisal[J]. Obstet Gynecol Int,2024,2024(1):8351132.

[11] 高艳杰,龚春桃,汪海霞,等. 血清 β -HCG PCT CRP 及分泌物 GBS 联合检查在预测胎膜早破孕妇并发绒毛膜羊膜炎及新生儿感染的临床价值[J]. 河北医学, 2021, 27(6):930-934.

[12] 林昌玉,张晓蕾,黄丹,等. 妊娠晚期生殖道 B 族链球菌感染孕妇血清 IL-37、CCL11 水平及其对母婴结局的预测效能[J]. 国际检验医学杂志, 2024, 45(2):170-174.

[13] 臧玉琴,王辰,田文艳,等. B 族链球菌感染致不良妊娠结局机制的研究进展[J]. 中华微生物学和免疫学杂志, 2018, 38(9):716-720.

[14] 中国妇幼保健协会临床诊断与实验医学分会. SAA 单独和与 CRP 联合检测在儿童感染性疾病中的应用专家共识[J]. 检验医学, 2021, 36(7):685-690.

[15] 李赛男,祁文瑾,可绕阳,等. MMPs 和 SAA 在未足月胎膜早破发病机制中的作用[J]. 昆明医科大学学报, 2022, 43(9):29-33.

[16] 李瑞英,周岩,黄祖路,等. 血液炎症指标与胚胎停育及先兆流产的相关性分析[J]. 西部医学, 2023, 35(5):687-691.

[17] 陈雪梅,张少玉,周志霞,等. 血清淀粉样蛋白 A 联合高敏 C 反应蛋白、降钙素原对新生儿肺炎的诊断价值[J]. 中国医刊, 2022, 57(12):1374-1377.

[18] VAN LEEUWEN L M, FOURIE E, VAN DEN BRINK G, et al. Diagnostic value of maternal, cord blood and neonatal biomarkers for early-onset sepsis: a systematic review and meta-analysis[J]. Clin Microbiol Infect, 2024, 30(7):850-857.

[19] 刘文姬,叶柳英,徐桂练,等. 围生期孕妇血清淀粉样蛋白 A 与降钙素原表达与 B 族链球菌宫内感染及妊娠结局的相关性[J]. 中国优生与遗传杂志, 2024, 32(3):603-608.

[20] 赵楠楠,周剑利,刘萍,等. 降钙素原、C-反应蛋白与妊娠晚期 B 族链球菌感染状态的关系[J]. 中国计划生育和妇产科, 2021, 13(1):51-53.

[21] 汪丹丹,李亚林,万元. 新生儿败血症 NEU%、PCT、PLT 的表达水平及临床指导意义[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2023, 15(8):1327-1330.

[22] 宋凤丽,马丽丽,贺笑茜. IGFBP-1、PCT 联合 CRP 检测在胎膜早破并发绒毛膜羊膜炎中的预测作用[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2024, 16(4):608-611.

[23] 潘彩琴,张雪梅,符婷,等. 炎症因子水平对新生儿 B 族链球菌败血症的诊断价值[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(4):590-593.

[24] DONG X R, CHEN X X, XUE M L, et al. Changes in serum inflammatory factors in group B streptococcal infection and their predictive value for premature rupture of membranes complicated by chorioamnionitis[J]. Biomark Med, 2024, 18(7):301-309.

[25] 狄红丽,郝树磊,杨彩凤,等. β -HCG、CRP 和 TNF- α 联合检测在胎膜早破宫内感染中的预测作用[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2022, 14(3):483-486.

[26] 焦广云,张桂红,王希涛,等. 胎膜早破孕妇外周血 PCT、 β -HCG、CRP 水平与新生儿并发症发生的相关性研究[J]. 医学综述, 2022, 28(6):1245-1249.

[27] SOVIO U, GACCIOLI F, COOK E, et al. Association between adverse pregnancy outcome and placental biomarkers in the first trimester: a prospective cohort study[J]. BJOG, 2024, 131(6):823-831.

[28] 谢萍,肖燕,罗汝琼,等. B 族链球菌孕妇感染血清炎症因子、Th1/Th2、 β -hCG 的变化及其对胎膜早破、妊娠结局的预测价值[J]. 中国现代医学杂志, 2021, 31(21):78-85.

[29] 中华医学会妇产科学分会产科学组, 中华医学会围产医学分会, 中国妇幼保健协会妊娠合并糖尿病专业委员会, 等. 妊娠期高血糖诊治指南(2022)[J]. 中华妇产科杂志, 2022, 57(1):3-12.

[30] 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(2022)[J]. 中华妇产科杂志, 2020, 55(4):227-238.

[31] 敖凤,范玉兰,李佳黛,等. 孕晚期孕妇 B 族链球菌感染的分布特征、危险因素分析及对生殖道微生物和妊娠结局的影响[J]. 现代生物医学进展, 2024, 24(13):2516-2520.

[32] 王佳佳,方敏,李芝乐,等. 列线图在心血管疾病中的应用与研究进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(7):11615-11620.

(收稿日期:2024-12-20 修回日期:2025-02-20)

(上接第 1461 页)

[15] LAWLESS L, QIN Y S, XIE L L, et al. Trophoblast differentiation: mechanisms and implications for pregnancy complications[J]. Nutrients, 2023, 15(16):3564.

[16] ZHOU W B, WANG H Y, YANG Y Q, et al. Trophoblast cell subtypes and dysfunction in the placenta of individuals with preeclampsia revealed by single-cell RNA sequencing[J]. Mol Cells, 2022, 45(5):317-328.

[17] LIANG X, TANG S L, SONG Y J, et al. Effect of 2-deoxyglucose-mediated inhibition of glycolysis on migration and invasion of HTR-8/SVneo trophoblast cells[J]. J Reprod Immunol, 2023, 159:104123.

[18] ZHANG L, LI H H, LI M B, et al. LRP6 is involved in the proliferation, migration and invasion of trophoblast cells via miR-346[J]. Int J Mol Med, 2020, 46(1):211-223.

[19] 张彩丽,罗晓华,杨培峰,等. 血清 FGF2 和 FGFR1 对子痫前期患者不良妊娠结局的预测价值[J]. 检验医学, 2024, 39(10):945-949.

[20] KHAN S, CHUGHANI G, AMIR F, et al. Frequency of abruptio placenta in women with Pregnancy-Induced hypertension[J]. Cureus, 2022, 14(1):e21524.

(收稿日期:2024-12-12 修回日期:2025-02-08)