

足月妊娠发生胎儿窘迫的影响因素及列线图模型的构建与验证

蔡中兰,邱海清,涂 瑛,涂 光,刘瑞生

(黎川县人民医院妇产科,江西 黎川 344600)

摘要:目的 研究足月妊娠发生胎儿窘迫的影响因素,通过逐步回归分析筛选关键变量,建立列线图模型,应用受试者工作特征(ROC)曲线验证模型效能,预防不良妊娠的发生。方法 选取 2023 年 1 月-2024 年 12 月在黎川县人民医院住院的 958 例足月妊娠孕妇为研究对象,按照 7:3 的比例将孕妇随机分为建模组(671 例)和验证组(287 例),采用 Logistic 回归分析筛选足月妊娠发生胎儿窘迫的独立影响因素,使用 R 语言构建列线图预测模型,通过 ROC 曲线对模型进行验证。结果 模型组 671 例足月妊娠孕妇中 50 例发生胎儿窘迫,占 7.45%,未发生胎儿窘迫 621 例,占 92.55%;影响足月妊娠孕妇发生胎儿窘迫的单因素显示,妊娠期高血压疾病、孕期贫血、胎盘异常、胎膜早破、脐带异常、胎位异常、羊水污染、产程延长均为足月妊娠发生胎儿窘迫的危险因素($P<0.05$);多因素 Logistic 回归分析显示,妊娠期高血压、胎盘异常、胎膜早破、脐带异常、胎位异常、羊水污染、产程延长是胎儿窘迫的危险因素($P<0.05$),而 OR 值较高的因素有胎盘异常、胎位异常以及羊水污染;选取妊娠期高血压、胎盘异常、胎膜早破、脐带异常、胎位异常、羊水污染、孕期贫血、产程延长构建足月妊娠孕妇胎儿窘迫的列线图预测模型,并绘制 ROC 曲线,结果显示 $\text{Logit}(P)>18.293$ 时,该模型预测足月妊娠孕妇发生胎儿窘迫发生的 $\text{AUC}=0.972$, $95\% \text{CI}=0.959-0.979$,说明模型具有较高的准确性。结论 妊娠期高血压、胎盘异常、胎膜早破、脐带异常、胎位异常、羊水污染、孕期贫血、产程延长为足月妊娠发生胎儿窘迫的独立危险因素,据此构建的预测模型对胎儿窘迫具有较高的预测价值,可为筛选高危人群、制订临床干预策略提供可靠的参考依据。

关键词:足月妊娠;胎儿窘迫;列线图模型

中图分类号:R714.5

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2026.10.008

文章编号:1006-1959(2026)10-0052-05

Risk Factors for Fetal Distress in Term Pregnancy and the Construction and Validation of a Nomogram Model

CAI Zhonglan, QIU Haiqing, TU Ying, TU Guang, LIU Ruisheng

(Department of Obstetrics and Gynecology, Lichuan County People's Hospital, Lichuan 344600, Jiangxi, China)

Abstract: Objective To investigate the risk factors for fetal distress in term pregnancy, screen key variables through stepwise regression analysis, establish a nomogram model, apply the receiver operating characteristic (ROC) curve to validate the model's performance, and prevent the occurrence of adverse pregnancy outcomes. Methods A total of 958 term pregnant women hospitalized in Jinxi County People's Hospital from January 2023 to December 2024 were selected as the study subjects. The pregnant women were randomly divided into a modeling group (671 cases) and a validation group (287 cases) at a ratio of 7:3. Logistic regression analysis was used to screen for independent risk factors for fetal distress in term pregnancy. A nomogram prediction model was constructed using R language, and the model was validated using the ROC curve. Results Among the 671 term pregnant women in the modeling group, 50 cases had fetal distress, accounting for 7.45%, and 621 cases had no fetal distress, accounting for 92.55%. Univariate analysis of factors influencing fetal distress in term pregnant women indicated that hypertensive disorders of pregnancy, gestational anemia, placental abnormalities, premature rupture of membranes, umbilical cord abnormalities, fetal malpresentation, meconium-stained amniotic fluid, and prolonged labor were all risk factors for fetal distress in term pregnancy ($P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that hypertensive disorders of pregnancy, placental abnormalities, premature rupture of membranes, umbilical cord abnormalities, fetal malpresentation, meconium-stained amniotic fluid, and prolonged labor were risk factors for fetal distress ($P<0.05$), among which placental abnormalities, fetal malpresentation, and meconium-stained amniotic fluid had higher odds ratios (OR). A nomogram prediction model for fetal distress in term pregnant women was constructed incorporating hypertensive disorders of pregnancy, placental abnormalities, premature rupture of membranes, umbilical cord abnormalities, fetal malpresentation, meconium-stained amniotic fluid, gestational anemia, and prolonged labor, the receiver operating characteristic curve was plotted, and the results showed that when $\text{Logit}(P)>18.293$, the area under the curve for predicting fetal distress in term pregnant women was 0.972, $95\% \text{CI}=0.959-0.979$, indicating that the model had high accuracy. Conclusion Hypertensive disorders of pregnancy, placental abnormalities, premature rupture of membranes, umbilical cord abnormalities, fetal malpresentation, meconium-stained amniotic fluid, gestational anemia, and prolonged labor are independent risk factors for fetal distress in term pregnancy. The prediction model constructed based on these factors has

基金项目:抚州市 2024 年度第一批市级社会发展指导性科技计划项目(抚科社字[2024]6 号 152)

作者简介:蔡中兰(1988.1-),女,江西抚州人,本科,主治医师,主要从事妊娠并发症的诊治研究

通讯作者:邱海清(1982.8-),男,江西抚州人,本科,主治医师,主要从事妊娠并发症的诊治研究

high predictive value for fetal distress and can provide a reliable reference for screening high-risk populations and developing clinical intervention strategies.

Key words: Term pregnancy; fetal distress; influencing factors; Nomogram model

足月妊娠 (uterogestation) 是指满 37 周至不满 40 周的妊娠状态,是胎儿发育成熟、适宜分娩的正常妊娠阶段。但是相关研究显示,该阶段仍然存在胎儿窘迫的风险^[1]。足月妊娠胎儿窘迫与母体、胎盘、脐带及胎儿多方面因素相关,严重威胁母婴安全^[2]。因此,研究足月妊娠胎儿窘迫的危险因素具有重要的临床意义,可通过明确危险因素(如妊娠期高血压、胎盘异常、脐带绕颈等),建立风险分层模型,对高风险孕妇实施针对性监测(如加强胎心监护、超声评估),实现早期识别、预警和干预^[3]。但是目前相关研究无统一结论,并且已有的研究存在差异,具体的影响因素还需要临床进一步探究证实。本研究结合 2023 年 1 月-2024 年 12 月在黎川县人民医院住院的 958 例足月妊娠孕妇临床资料,研究足月妊娠发生胎儿窘迫的影响因素,构建列线图模型的构建,并进行验证,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2023 年 1 月-2024 年 12 月在黎川县人民医院住院的 958 例足月妊娠孕妇为研究对象,按照 7:3 的比例将患者按照随机数字表法分为建模组(671 例)和验证组(287 例)。纳入标准:①孕周为 37~40 周;②均为单胎妊娠;③无尿路感染。排除标准:①子痫前期、子痫及慢性高血压并发子痫前期等亚型^[4];②患有精神疾病;③骨盆异常者;④资料不完善者。

1.2 方法 通过电子病历系统收集孕妇情况,包括年龄、体重指数、脐带异常(脐带扭转、脐带绕颈、脐带

真结、脐带过短)、胎膜早破、羊水污染(I 度污染为羊水呈浅绿色、质稀薄,II 度污染为深绿色或黄绿色、质较厚,III 度污染为棕黄色、质地稠厚;根据产前超声对羊水量进行检测,羊水过少定义为子宫各象限测得液体垂直深度之和 ≤ 5 cm 或最深羊水袋测量 ≤ 2 cm^[5])、胎位异常(头先露异常、单臀先露、臀先露、肩先露、额先露)、胎盘异常(前置胎盘、胎盘植入、巨大胎盘、膜状胎盘、胎盘梗死等)、流产史、妊娠期高血压疾病、孕期贫血、产程延长等情况。

1.3 质量控制 所有调查人员均经过统一标准化培训,数据统一录入,双备份校验,并随机抽取 5% 的数据进行抽样复查。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 27.0 统计学软件进行数据分析, $(\bar{x}\pm s)$ 和 $[n(\%)]$ 分别表示计量资料和计数资料,组间两两比较分别采用 *t* 检验和 χ^2 检验,影响因素分析采用多因素一般 Logistic 回归模型,采用 R 4.3.0 软件构建列线图预测模型,绘制受试者工作特征(ROC)曲线, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 单因素分析足月妊娠发生胎儿窘迫的危险因素模型组 671 例足月妊娠孕妇中 50 例发生胎儿窘迫,占 7.45%,未发生胎儿窘迫 621 例,占 92.55%;单因素分析显示,妊娠期高血压、孕期贫血、胎盘异常、胎膜早破、脐带异常、胎位异常、羊水污染、产程延长均为足月妊娠发生胎儿窘迫的危险因素 ($P<0.05$),见表 1。

表 1 单因素分析足月妊娠发生胎儿窘迫的危险因素 $[n(\%)]$

| 指标 | <i>n</i> | 胎儿窘迫 | χ^2 | <i>P</i> | 指标 | <i>n</i> | 胎儿窘迫 | χ^2 | <i>P</i> | | |
|--------------------------|-----------|------|-----------|----------|-------|----------|------|----------|-----------|--------|-------|
| 年龄(岁) | ≥ 35 | 378 | 27(7.14) | 0.784 | 0.431 | 胎膜早破 | 是 | 132 | 13(9.85) | 11.393 | 0.000 |
| | < 35 | 297 | 23(7.74) | | | | 无 | 539 | 37(6.86) | | |
| 体重指数(kg/m ²) | ≥ 25 | 345 | 25(7.25) | 0.928 | 0.487 | 脐带异常 | 是 | 119 | 24(20.17) | 19.374 | 0.000 |
| | < 25 | 326 | 25(7.67) | | | | 无 | 552 | 26(4.71) | | |
| 流产史 | 有 | 134 | 10(7.46) | 0.851 | 0.398 | 胎位异常 | 是 | 198 | 22(11.11) | 22.333 | 0.000 |
| | 无 | 537 | 40(7.44) | | | | 无 | 473 | 28(5.912) | | |
| 妊娠期高血压 | 是 | 188 | 25(13.30) | 26.044 | 0.000 | 羊水污染 | 是 | 97 | 26(26.80) | 35.861 | 0.000 |
| | 无 | 483 | 25(5.18) | | | | 无 | 574 | 24(4.18) | | |
| 孕期贫血 | 是 | 231 | 21(9.09) | 12.983 | 0.000 | 产程延长 | 有 | 120 | 39(32.50) | 45.982 | 0.000 |
| | 无 | 440 | 29(6.59) | | | | 无 | 551 | 11(2.01) | | |
| 胎盘异常 | 是 | 110 | 14(12.73) | 13.049 | 0.000 | | | | | | |
| | 无 | 561 | 36(6.42) | | | | | | | | |

2.2 多因素 Logistic 回归筛选足月妊娠发生胎儿窘迫的独立影响因素 多因素 Logistic 回归分析显示,妊娠期高血压、胎盘异常、胎膜早破、脐带异常、胎位异常、羊水污染、产程延长是胎儿窘迫的危险因素 ($P<0.05$),而 OR 值较高的因素有胎盘异常、胎位异常以及羊水污染,见表 2。

2.3 预测模型的构建与分析 依据多因素 Logistic 回归分析结果构建预测模型,采用妊娠期高血压疾病、胎盘异常、胎膜早破、脐带异常、胎位异常、羊水污染、孕期贫血、产程延长构建足月妊娠孕妇胎儿窘迫的列线图预测模型,见图 1。模型中的 5 个变量分别对应得分标尺,可得到对应的评分,相加得到总分值,并对应预测轴上的数值即为可能概率,对预测模

型进行评价, $\text{Logit}(P) = \text{妊娠期高血压} \times 17.304 + \text{羊水污染} \times 15.675 + \text{胎盘异常} \times 24.030 + \text{胎膜早破} \times 8.943 + \text{脐带异常} \times 7.483 + \text{胎位异常} \times 15.301 + \text{产程延长} \times 6.944$, 似然比卡方 = 17.302, $P < 0.001$, 即预测模型建立具有统计学意义。

2.4 预测模型预测足月妊娠孕妇发生胎儿窘迫的 ROC 曲线 将验证组发生胎儿窘迫的孕妇纳入阳性组,无胎儿窘迫的孕妇纳入阴性组,按照预测模型绘制 ROC 曲线,分析结果显示 $\text{Logit}(P) > 18.293$ 时,预测足月妊娠孕妇发生胎儿窘迫发生的 $\text{AUC} = 0.972$, $95\% \text{CI}: 0.959 - 0.979$, 说明模型具有较高的预测准确性,见图 2。

表 2 多因素 Logistic 回归筛选足月妊娠发生胎儿窘迫的独立影响因素

| 因素 | β | S.E. | Wald χ^2 | OR | 95%CI | P |
|--------|---------|-------|---------------|-------|-------------|-------|
| 妊娠期高血压 | 1.233 | 0.343 | 17.304 | 4.382 | 2.113-8.437 | 0.000 |
| 胎盘异常 | 1.693 | 0.337 | 24.030 | 5.093 | 2.783-9.672 | 0.000 |
| 胎膜早破 | 1.020 | 0.328 | 8.943 | 2.984 | 1.353-5.883 | 0.000 |
| 脐带异常 | 1.361 | 0.403 | 7.483 | 3.402 | 1.424-7.824 | 0.000 |
| 胎位异常 | 1.762 | 0.382 | 15.301 | 3.987 | 2.473-7.199 | 0.000 |
| 羊水污染 | 1.345 | 0.348 | 15.675 | 3.592 | 1.783-6.594 | 0.000 |
| 产程延长 | 1.198 | 0.443 | 6.944 | 3.283 | 1.293-7.432 | 0.001 |

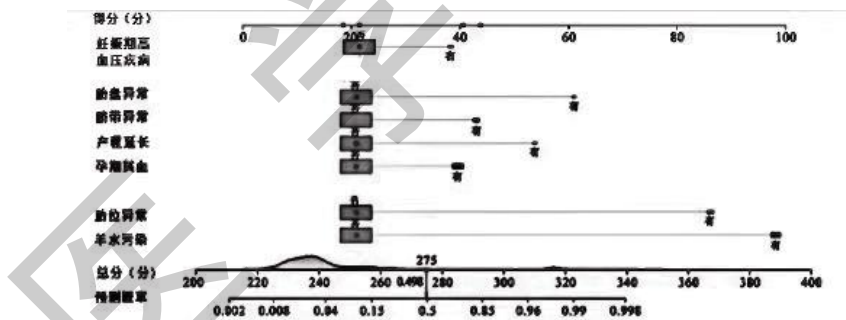


图 1 足月妊娠发生胎儿窘迫的列线图预测模型

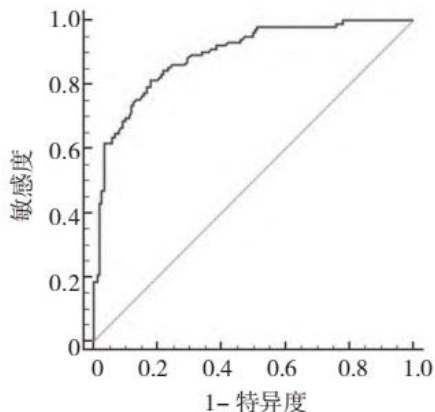


图 2 预测模型预测足月妊娠孕妇发生胎儿窘迫的 ROC 曲线

3 讨论

足月妊娠胎儿窘迫,严重时可导致胎儿宫内死亡,尤其是急性缺氧(如脐带脱垂、胎盘早剥),如果不及干预,死亡率较高^[6]。同时胎儿缺氧还会引发脑细胞水肿、坏死或脑出血,导致新生儿缺氧缺血性脑病,增加新生儿智力低下、癫痫、脑瘫等永久性后遗症发生风险^[7]。胎儿窘迫还可能导致孕妇焦虑、抑郁,增加分娩不良影响因素^[8]。故,探究足月妊娠发生胎儿窘迫的影响因素,同时依据结果构建列线图模型,并进行 ROC 曲线验证,有助于早期识别高风险患者。

本研究结果显示,模型组 671 例足月妊娠孕妇中 50 例发生胎儿窘迫,占 7.45%,未发生胎儿窘迫 621 例,占 92.55%,该结论提示足月妊娠发生胎儿窘迫的风险较高。研究对象为住院孕妇,可能已存在高危因素(如妊娠期高血压、胎盘异常),导致发生率高于普通人群基线水平^[9]。影响足月妊娠孕妇发生胎儿窘迫的单因素显示,妊娠期高血压、孕期贫血、胎盘异常、胎膜早破、脐带异常、胎位异常、羊水污染、产程延长均为足月妊娠发生胎儿窘迫的危险因素($P<0.05$),提示以上因素与足月妊娠胎儿窘迫的发生密切相关。可能是由于既往流产对子宫内膜造成一定的损伤或导致免疫异常,可能会影响胎盘正常着床与血供,从而增加胎儿窘迫风险^[10]。而妊娠期高血压会增加全身小血管痉挛风险,从而导致胎盘灌注不足,诱发胎儿慢性缺氧的发生。严重时可引发胎盘早剥,加重缺氧^[11]。孕期贫血孕妇的血红蛋白水平降低,携氧能力下降,胎儿可能长期处于低氧环境,从而易引发慢性窘迫^[12]。胎盘异常会减少胎盘有效交换面积,导致氧气和营养物质传递障碍,从而可直接导致胎儿缺氧^[13]。胎膜早破发生后感染风险增加,炎症反应可能损伤胎盘功能,从而影响胎儿正常供氧^[14]。羊水污染会导致脐带受压概率升高,从而增加机械性压迫风险,使导致脐血流受阻,进而增加急性缺氧风险,尤其是产程中宫缩时更易发生^[15]。胎位异常可能会导致脐带脱垂、产程延长或压迫胎盘血管,从而影响血流灌注^[16]。胎儿缺氧时肛门括约肌松弛,胎粪排出污染羊水,同时使宫内缺氧进展至一定的程度^[17]。此外,产程延长会使宫缩持续时间增加,导致子宫胎盘血流反复中断,从而会使胎儿缺氧逐渐加重^[18]。多因素 Logistic 回归分析显示,妊娠期高血压、胎盘异常、胎膜早破、脐带异常、胎位异常、羊水污染、产程延长是胎儿窘迫的危险因素($P<0.05$),而 OR 值较高的因素有胎盘异常、胎位异常以及羊水污染,提示以上因素为足月妊娠胎儿窘迫独立危险因素,尤其是胎盘异常、胎位异常以及羊水污染为高危因素。胎盘是胎儿供氧的核心器官,前置胎盘、梗死等直接破坏血流交换功能,易导致严重缺氧^[19]。因此,产前超声需重点评估胎盘位置及结构,尤其是异常者需提前制定分娩计划。而胎位异常(如臀位)易导致脐带受压或产程受阻,从而会增加急性缺氧风险。对于该类孕妇应在孕晚期评估是否可行外倒转术,以降低分娩风险^[20]。依据多因素 Logistic 回归

分析结果构建预测模型,采用妊娠期高血压、胎盘异常、胎膜早破、脐带异常、胎位异常、羊水污染、孕期贫血、产程延长构建足月妊娠孕妇胎儿窘迫的列线图预测模型,并绘制 ROC 曲线,结果显示 Logit ($P>18.293$) 时,预测足月妊娠孕妇发生胎儿窘迫发生的 $AUC=0.972$, $95\%CI:0.959-0.979$,说明模型具有较高的预测准确性。模型纳入 8 项(如胎盘异常、羊水污染)相关危险因素,涵盖母体、胎盘、产程等多维度。通过 Logistic 回归筛选独立变量,排除共线性干扰。而 R 语言构建模型确保算法可靠性, $95\%CI$ 狭窄且接近 1,提示模型稳定性高,临床适用性强。

综上所述,足月妊娠胎儿窘迫的发生是多因素协同作用的结果,其中胎盘功能、胎位及羊水状态是核心驱动因素。列线图模型通过整合关键变量,可实现对高风险孕妇的精准识别,为临床早期干预提供可靠工具。

参考文献:

- [1]周英,刘玲,张雪霜.新生儿呼吸窘迫综合征患儿血清 IL-6、HMGB1、BMP-7 水平与病情严重程度及预后的关系[J].国际检验医学杂志,2022,43(18):2228-2231,2237.
- [2]钟丽花,王亚洲,李欣.海南省新生儿呼吸窘迫综合征流行病学调查分析[J].临床肺科杂志,2019,24(1):10-13.
- [3]郑云云,徐文付,刘进生,等.血清 IL-6、CAR 联合 NLR 对新生儿呼吸窘迫综合征患儿病情和预后的评估价值[J].现代生物医学进展,2023,23(7):1364-1368.
- [4]Badrov MB, Yoo JK, Hissen SL, et al. Muscle sympathetic action potential firing patterns during normotensive and hypertensive pregnancy: a longitudinal assessment [J]. Circulation, 2023, 147(7): 611-613.
- [5]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.
- [6]陈晓萍,丁兰,谢丹丽,等.超声检测 UA、MCA、UtA 联合评估在诊断胎儿宫内窘迫中的价值[J].医学影像学杂志,2023,33(8):1518-1521.
- [7]戴琳,陈苏江.彩色多普勒超声检测胎儿大脑中动脉与脐动脉阻力指标对胎儿缺氧的诊断价值[J].检验医学与临床,2022,19(23):3271-3273.
- [8]安淇榕,李甜甜.彩色多普勒超声检测晚孕期胎儿颅内及颈动脉血液动力学指标对宫内窘迫的诊断和预测价值[J].中国优生与遗传杂志,2020,28(11):1349-1352.
- [9]姚琳,周瑾,何田田.胎儿脐动脉舒张期脐血流缺失 1 例报告并文献复习[J].中国实用妇科与产科杂志,2020,36(5):478-480.
- [10]郑坤,赵萌,刘冰洁,等.孕早期 NLR、PLR 联合孕中期超声

脐动脉阻力指数预测早发型子痫前期价值[J].中国计划生育学杂志,2023,31(9):2181-2185.

[11]洛红,刘永莉.妊娠糖尿病孕妇脐动脉血流 S/D 值与胎儿宫内窘迫发生的关系[J].广西医学,2021,43(2):182-185.

[12]王燕,陈春强,曹子洋,等.脐动脉血流参数及 Tei 指数在预测孕晚期胎儿宫内窘迫中的价值[J].医学影像学杂志,2021,31(6):1047-1050.

[13]马永琴,郑玲,杨爱君,等.不同脐动脉血流 S/D 值联合胎心监测对胎儿窘迫的诊断价值研究[J].陕西医学杂志,2019,48(6):744-747.

[14]刘晓燕,魏红,戴哲凡.脐动脉血流 S/D 值测定联合胎心监护对诊断胎儿宫内窘迫的价值分析[J].吉林医学,2020,41(6):1405-1406.

[15]张华.监测胎儿脐动脉、大脑中动脉血流阻力指数预测胎儿宫内窘迫宫内缺氧的价值分析[J].中国医学工程,2021,29(4):

56-59.

[16]喻洋.胎儿脐血流的影响因素及其预测胎儿窘迫的价值[D].吉首:吉首大学,2021.

[17]陈春霖,黄水平,兰枝.胎儿脐动脉和大脑中动脉参数比值对胎儿宫内缺氧的诊断价值分析[J].中南医学科学杂志,2019,47(1):55-57.

[18]黄嘉敏,张琼丽,梁佩坤.胎心监测联合脐动脉血流 S/D 值诊断胎儿窘迫的价值[J].临床医学,2020,40(12):41-42.

[19]林亚,周丹红,张小芬.围生期胎儿窘迫的高危因素及对妊娠结局的影响[J].中国妇幼保健,2021,36(9):2074-2076.

[20]杨清华,杨燕飞,王艳芬.不同胎龄新生儿呼吸窘迫综合征临床特点及高危因素分析[J].医学综述,2021,27(2):390-394.

收稿日期:2026-1-26;修回日期:2026-2-6

编辑/成森