Modern Practical Medicine, January 2025, Vol. 37, No. 1

·诊治分析·

列线图模型与决策树模型在早产儿颅内出血风险预测中的效能比较

梁丹青，陈子豪

【关键词】 早产儿颅内出血；影响因素；列线图模型；决策树模型
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.01.012
【中图分类号】 R722.15+1 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2025)01-0044-04

早产儿颅内出血严重威胁着早产儿的生命健康，还可能导致长期的神经系统后遗症，如脑性瘫痪、认知障碍、视力及听力损害等[1]。因此，准确地预测早产儿颅内出血的风险，对于制定有效的干预措施、改善患儿预后具有重要意义。列线图模型具有直观性强、便捷性高、综合性好等优点，能够清晰地展示多个预测变量之间的复杂关系[2]。决策树模型具有可读性强、易于理解和解释、分类速度快及无需对数据进行复杂的预处理或假设分布等优点，它能够通过递归地选择最优特征进行划分，逐步构建出完整的决策树结构，从而实现对目标变量的预测[3]。本研究拟比较列线图模型与决策树模型在早产儿颅内出血风险预测中的效能，以期为临床干预提供参考价值，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2023年5月至2024年7月金华市人民医院收治的156例早产儿为研究对象。纳入标准：(1)胎龄＜37周，(2)临床资料完整。排除标准：(1)严重的先天发育畸形、遗传代谢病者；(2)孕母有服用影响凝血或纤溶的药物；(3)严重的先天性心脏病、肺动脉高压。根据是否发生颅内出血将患儿分为发生组(39例)和未发生组(117例)。本研究获得金华市人民医院医学伦理委员会批准，所有研究者均由监护人签署书面同意书。

1.2 方法

1.2.1 基本资料 通过查询医院病历系统收集患儿的基本资料，包括性别、胎龄、出生体质量、分娩方式、是否多胎、宫内窘迫、胎膜早破、羊水异常、脐带异常、新生儿窒息、新生儿感染、新生儿黄疸及孕母高血压、糖尿病等情况。

1.2.2 新生儿凝血功能指标检测 取入院后新生儿股静脉血液3 ml，低速冰冻离心机(安徽中科中佳科学仪器有限公司，SC-3616)3 500 r/min，离心7 min，采用美国沃芬 ACL TOP 750全自动血凝分析仪进行凝血指标检测。免疫比浊法测定D-二聚体(D-D)，凝固法测定纤维蛋白原(FIB)、凝血酶原时间(PT)。

1.3 统计方法 采用SPSS 22.0软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差表示，两组比较行t检验；计数资料行χ^2检验。采用多因素Logistic回归模型和决策树模型分析早产儿发生颅内出血的影响因素。根据多因素Logistic回归模型分析结果构建列线图预测模型。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析列线图模型和决策树模型对早产儿发生颅内出血的预测效能。P＜0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料比较 两组性别、多胎、胎膜早破、羊水异常、脐带异常、新生儿感染、新生儿黄疸、孕母年龄、孕母高血压及孕母糖尿病差异均无统计学意义(均P＞0.05)。两组胎龄、出生体质量、分娩方式、宫内窘迫、新生儿窒息、FIB、PT及D-D差异均有统计学意义(均P＜0.05)，见表1。

2.2 早产儿发生颅内出血的多因素分析 将早产儿是否发生颅内出血作为因变量，将表1中差异有统计学意义的指标作为自变量，纳入多因素Logistic回归模型分析，结果显示，胎龄越大、FIB表达水平越

作者单位： 321000 浙江省金华，金华市人民医院
通信作者： 梁丹青，Email：17858761295@16.com

表 1　两组基线资料比较

指标		发生组（n=39）	未发生组（n=117）	χ^2（t）值	P 值
性别[例（%）]	男	23（58.97）	62（52.99）	0.42	＞0.05
	女	16（41.03）	55（47.01）		
胎龄（周）		30.41±1.96	31.92±2.24	（4.03）	＜0.05
出生体质量（kg）		1.27±0.21	1.40±0.27	（2.97）	＜0.05
分娩方式[例（%）]	剖宫产	21（53.85）	84（71.79）	4.28	＜0.05
	自然顺产	18（46.15）	33（28.21）		
多胎[例（%）]	是	7（17.95）	26（22.22）	0.32	＞0.05
	否	32（82.05）	91（77.78）		
宫内窘迫[例（%）]	是	12（30.77）	18（15.38）	4.46	＜0.05
	否	27（69.23）	99（84.62）		
胎膜早破[例（%）]	是	9（23.08）	20（17.09）	0.69	＞0.05
	否	30（76.92）	97（82.91）		
羊水异常[例（%）]	是	4（10.26）	8（6.84）	0.48	＞0.05
	否	35（89.74）	109（93.16）		
脐带异常[例（%）]	是	6（15.38）	14（11.97）	0.31	＞0.05
	否	33（84.62）	103（88.03）		
新生儿窒息[例（%）]	是	16（41.03）	8（6.84）	26.26	＜0.05
	否	23（58.97）	109（93.16）		
新生儿感染[例（%）]	是	15（38.46）	32（27.35）	1.72	＞0.05
	否	24（61.54）	85（72.65）		
新生儿黄疸[例（%）]	是	17（43.59）	36（30.77）	2.14	＞0.05
	否	22（56.41）	81（69.23）		
FIB（g/L）		2.10±0.30	2.31±0.38	（3.50）	＜0.05
PT（s）		15.44±0.10	14.42±0.93	（5.62）	＜0.05
D-D（mg/L）		2.24±0.55	1.83±0.53	（4.09）	＜0.05
孕母年龄（岁）		29.38±2.58	28.51±3.54	（1.42）	＞0.05
孕母高血压[例（%）]	是	10（25.64）	25（21.37）	0.31	＞0.05
	否	29（74.36）	92（78.63）		
孕母糖尿病[例（%）]	是	7（17.95）	12（10.26）	1.62	＞0.05
	否	32（82.05）	105（89.74）		

注：D-D 为 D-二聚体，FIB 为纤维蛋白原，PT 为凝血酶原时间

高是影响早产儿发生颅内出血的保护因素，新生儿窒息、PT 越长、D-D 表达水平越高为是影响早产儿发生颅内出血的独立危险因素（均 P ＜ 0.05），见表 2。

2.3　早产儿发生颅内出血的列线图模型　根据胎龄、新生儿窒息、FIB、PT 及 D-D 构建早产儿发生颅内出血的列线图模型，见图 1。

2.4　早产儿发生颅内出血的决策树模型　将早产儿是否发生颅内出血作为因变量，将表 1 中差异有统计学意义的指标作为自变量，以决策树模型进行分析。父节点与子节点的最小个数分别设置为 20 和 10，以交叉验证方法对树进行修剪。第一层分类依据变量为新生儿窒息，第二层依据变量为 PT 和 D-D，第三层为 PT。决策树模型的根节点是新生儿窒息，表明新生儿窒息对早产儿发生颅内出血有重要影响，见图 2。

表 2　早产儿发生颅内出血的多因素分析

项目	β 值	SE 值	Waldχ^2 值	P 值	OR 值（95% CI）
胎龄	−0.331	0.146	5.15	＜0.05	0.718（0.540 ～ 0.956）
分娩方式	−0.927	0.612	2.30	＞0.05	0.396（0.119 ～ 1.313）
宫内窘迫	1.334	0.694	3.70	＞0.05	3.796（0.975 ～ 14.784）
新生儿窒息	2.430	0.788	9.51	＜0.05	11.354（2.424 ～ 53.191）
FIB	−2.135	0.866	6.08	＜0.05	0.118（0.022 ～ 0.646）
PT	1.310	0.353	13.77	＜0.05	3.707（1.856 ～ 7.407）
D-D	1.933	0.559	11.97	＜0.05	6.907（2.311 ～ 20.643）

注：D-D 为 D-二聚体，FIB 为纤维蛋白原，PT 为凝血酶原时间

2.5　两种模型预测价值比较　绘制 ROC 曲线分析列线图预测模型及决策树模型对早产儿发生颅内出血的预测价值。结果显示列线图预测模型及决策树模型的 AUC 分别为 0.915、0.877，取 cut-off 值时，列线图预测模型及决策树模型相应的敏感度分别为 0.915、0.838，特异度分别为 0.795、0.795。两种模型的 AUC 差异无统计学意义（Z=0.33，P ＞ 0.05），见

Modern Practical Medicine, January 2025, Vol. 37, No. 1

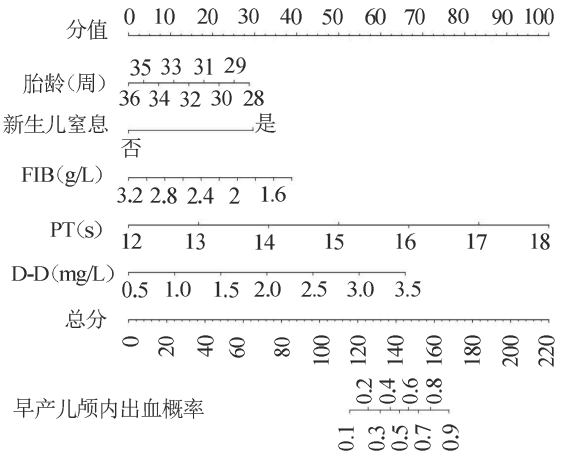


图 1 早产儿发生颅内出血的列线图模型

图 3。

3 讨论

本研究显示，列线图预测模型和决策树预测模型对早产儿发生颅内出血的预测因素不完全一致，2 种模型均显示新生儿窒息、PT、D-D 是早产儿发生颅内出血的重要预测因素，胎龄和 FIB 是列线图预测模型预测因素，但并未出现在决策树预测模型中。2 种模型不同的操作模式和算法可能是造成这种差异的原因。窒息使新生儿无法获得足够的氧气供应，导致脑血管的扩张[4]。在缺氧状态下，脑血管会失去这种自我调节能力，发生无限制的扩张，以增加脑血流量，为大脑提供更多氧气[5]。此扩张会增加血管壁

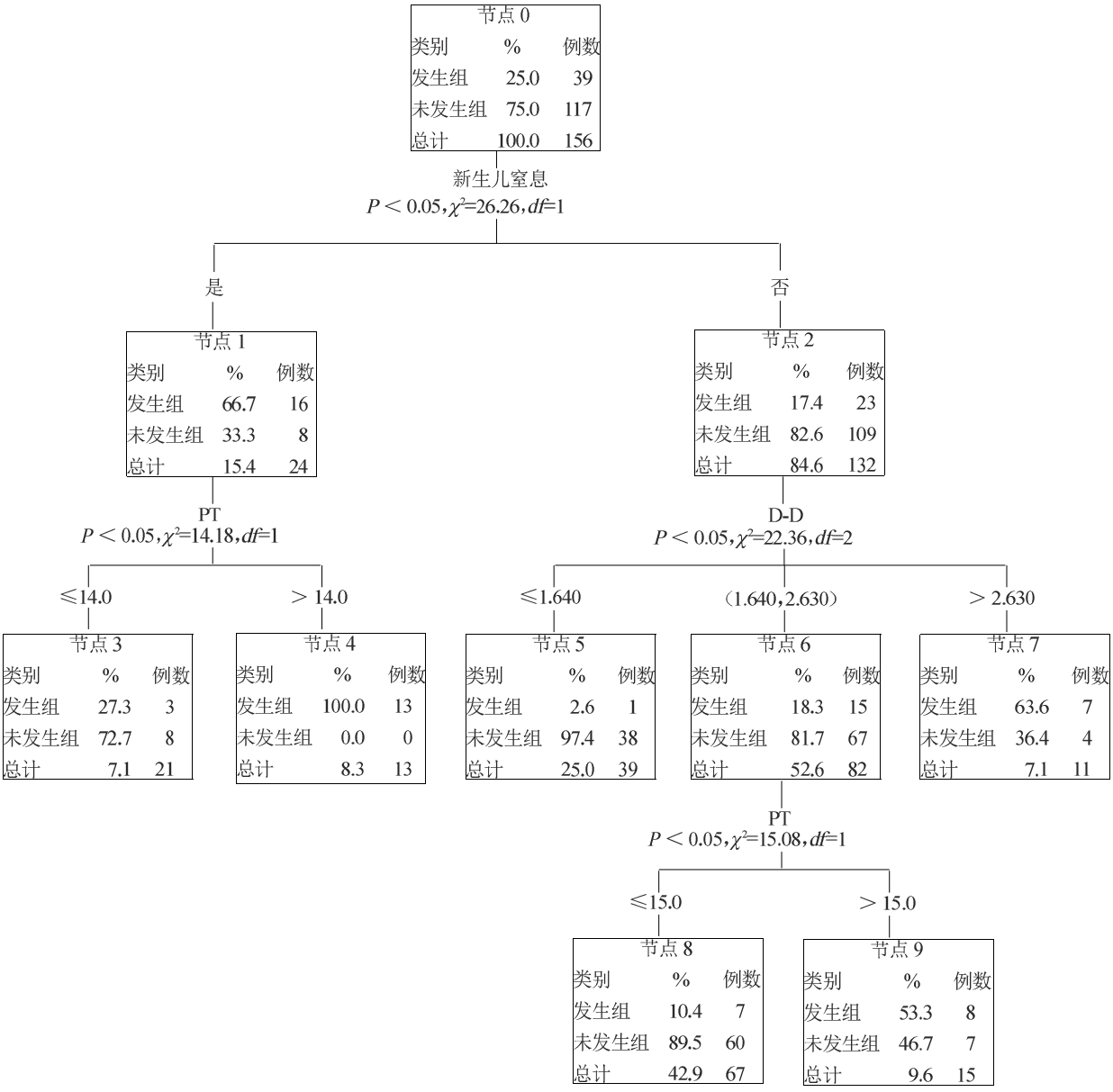


图 2 早产儿发生颅内出血的决策树模型

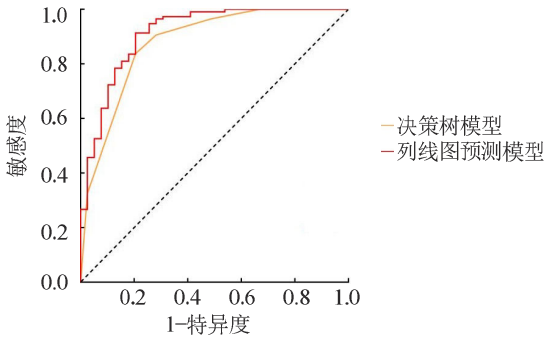


图 3　两种模型预测价值的 ROC 曲线

渗透性，增加颅内出血的风险[6]。早产儿由于生理发育尚未成熟，呼吸系统和循环系统的功能相对较弱，因此更容易受到窒息的影响[7]。缺氧条件下，无氧酵解增强，大量乳酸等酸性物质在组织细胞中积累，进一步加剧细胞内的酸中毒状态，对细胞功能造成损害[8]。在酸中毒状态下，脑血管的通透性增加，使得血液更容易渗出血管，从而增加颅内出血的风险[9]。

2 种模型均显示 PT 是早产儿发生颅内出血的预测因子。早产儿的肝脏合成凝血因子的能力有限，导致多种凝血因子（如凝血因子 II、V、VII、X 等）的浓度低于足月儿，使早产儿在面临出血风险时，难以迅速形成有效的凝血块，从而增加出血可能性[10]。血小板在凝血过程中起着关键作用，它们能够黏附在血管破损处，并释放凝血因子促进凝血[11]。血小板数量的减少和功能的不足都会增加早产儿出血的风险。2 种模型均显示 D-D 是早产儿发生颅内出血的预测因子。D-D 是纤溶酶作用于交联纤维蛋白后产生的降解产物之一，其血清水平可反映体内纤维蛋白的溶解功能。在正常情况下，凝血与纤溶系统处于动态平衡状态，以维持血液的正常流动性和止血功能[12]。当这一平衡被打破时，就可能发生出血或血栓形成等病理改变。早产儿由于凝血因子水平低和血小板数量不足，机体可能通过代偿性反应形成高凝状态以维持止血功能，会促进纤维蛋白的生成和交联，进而增加 D-D 的产生[13]。早产儿容易发生感染，感染时机体会产生炎症反应并释放大量细胞因子，可能会激活凝血系统并抑制纤溶系统，导致 D-D 水平升高[14]。

本研究分析列线图模型及决策树模型的 *AUC* 比较无明显差异，均对早产儿发生颅内出血有较高预测价值，有助于临床干预和治疗。然而，由于本研究样本量较小，且只关注了部分因素，具有一定局限性。未来可扩大样本量研究，纳入更多影响因素，得以完善列线图模型及决策树模型。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

参　考　文　献

[1] 李展莉,薛茹,王玮,等.不足 32 周早产儿颅内出血的临床分析[J].中国妇幼健康研究,2022,33(4):82-86.
[2] 罗斌,姜超,李文,等.NLR、PDW 对早产儿颅内出血的预测价值[J].武汉大学学报(医学版),2023,44(2):215-218.
[3] 戴雪凤,朱昂昂,谢婷婷,等.不同角度注入肺表面活性物质对早产儿支气管肺发育不良和颅内出血的影响: 一项前瞻性随机对照研究[J].中国当代儿科杂志,2024,26(4):337-342.
[4] 田野,狄涛,唐忠尉,等.糖尿病足患者溃疡愈合风险的列线图预测模型[J].血管与腔内血管外科杂志,2024,10(1):1-5,17.
[5] 龚利平,李建,陈忠英,等.基于决策树法构建深静脉置管并发导管相关性感染的风险预测模型及防控策略分析 [J]. 军事护理,2024,41(6):52-54.
[6] 邵肖梅,叶鸿瑁,丘小汕.实用新生儿学[M].5 版.北京:人民卫生出版社,2019:855.
[7] SANDOVAL KARAMIAN A G, YANG Q Z, TAM L T, et al. Intracranial hemorrhage in term and late-preterm neonates: An institutional perspective[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2022, 43(10): 1494-1499.
[8] 郭九叶,宗心南,常韶燕,等.早产儿发生脑室周围-脑室内出血的影响因素分析[J].实用心脑肺血管病杂志,2022,30(8):69-73.
[9] LANGLEY E A, BLAKE S M, COE K L. Recent review of germinal matrix hemorrhage-intraventricular hemorrhage in preterm infants[J]. Neonatal Netw, 2022, 41(2): 100-106.
[10] SONG J, WANG Y, XU F L, et al. Erythropoietin improves poor outcomes in preterm infants with intraventricular hemorrhage[J]. CNS Drugs, 2021, 35(6): 681-690.
[11] 李天苏,葛中玲,黄蔓玲,等.凝血六项指标在早产儿颅内出血中的水平及预测预后不良的价值[J].西部医学,2024,36(5):702-706.
[12] 肖娜娜,闫学爽,张彩宁,等.不同胎龄早产儿凝血功能比较及颅内出血影响因素分析[J].中南医学科学杂志,2024,52(3):446-448.
[13] 闫学爽,肖娜娜,陈源,等.不同胎龄早产儿颅内出血 PT、APTT、DD、FIB 水平与颅内出血的相关性研究[J].分子诊断与治疗杂志,2023,15(7):1221-1224.
[14] 张娇,吴棋,胡仁宜,等.不同胎龄早产儿凝血功能指标及其与颅内出血发生风险的关系[J].河北医学,2022,28(5):813-818.

收稿日期：2024-09-09
（本文编辑：吴迪汉）