

• 论 著 •

急性髓系白血病患者血小板输注疗效的影响因素分析及预测模型构建*

李 至¹, 段雨涵^{2△}

恩施土家族苗族自治州中心医院: 1. 输血科; 2. 检验科, 湖北恩施 445000

摘要:目的 分析急性髓系白血病(AML)患者血小板输注疗效的影响因素并构建预测模型。方法 选取 2022 年 3 月至 2025 年 2 月该院收治的 120 例 AML 患者为研究对象, 根据血小板输注疗效分为输注无效组($n=42$)、输注有效组($n=78$)。采用多因素 Logistic 回归分析探讨 AML 患者血小板输注疗效的影响因素; 构建列线图模型, 并评估其对 AML 患者血小板输注疗效的预测价值。结果 输注无效组输注次数多于输注有效组, 合并感染、脾肿大、使用抗菌药物、输血前白细胞计数 $\geq 50 \times 10^9$ 、输血前血小板计数 $< 50 \times 10^9$ 占比均大于输注有效组($P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示, 输注次数多($OR = 2.595, 95\%CI 1.700 \sim 3.871$)、合并感染($OR = 2.282, 95\%CI 1.554 \sim 3.351$)、脾肿大($OR = 2.735, 95\%CI 1.784 \sim 4.192$)、输血前白细胞计数 $\geq 50 \times 10^9$ ($OR = 2.479, 95\%CI 1.656 \sim 3.713$)是 AML 患者血小板输注无效的危​​险因素($P < 0.05$)。列线图模型的一致性指数(C-index)为 0.891(95%CI 0.839~0.943), 内部验证分析显示, 该列线图模型具有良好的拟合效果和较高的预测准确性。列线图模型预测 AML 患者血小板输注疗效的曲线下面积(95%CI)为 0.884(0.832~0.936), 特异度为 67.51%, 灵敏度为 92.03%。结论 AML 患者血小板输注无效的影响因素包括输注次数、合并感染、脾肿大、输血前白细胞计数, 基于以上因素建立的列线图模型具有良好的预测效能。

关键词:急性髓系白血病; 血小板输注; 影响因素; 列线图

DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2026.03.003

中图法分类号: R733.71

文章编号: 1673-4130(2026)03-0273-06

文献标志码: A

Analysis of influencing factors and construction of prediction model for the efficacy of platelet transfusion in patients with acute myeloid leukemia*

LI Zhi¹, DUAN Yuhan^{2△}

1. Department of Blood Transfusion; 2. Department of Clinical Laboratory, Central Hospital of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi, Hubei 445000, China

Abstract: Objective To analyze the influencing factors of the efficacy of platelet transfusion in patients with acute myeloid leukemia (AML) and construct a prediction model. **Methods** A total of 120 AML patients admitted to this hospital from March 2022 to February 2025 were selected as the research objects. According to the efficacy of platelet transfusion, they were divided into transfusion ineffective group ($n=42$) and transfusion effective group ($n=78$). Multivariate Logistic regression analysis was used to explore the influencing factors of platelet transfusion efficacy in AML patients. A nomogram model was constructed and its predictive value for the efficacy of platelet transfusion in AML patients was evaluated. **Results** The number of transfusions in the ineffective transfusion group was more than that in the effective transfusion group, and the proportion of infection, splenomegaly, use of antibiotics, white blood cell count $\geq 50 \times 10^9$ before blood transfusion, and platelet count $< 50 \times 10^9$ before blood transfusion in the ineffective transfusion group was higher than that in the effective transfusion group ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that multiple transfusions($OR = 2.595, 95\%CI 1.700 \sim 3.871$), infection($OR = 2.282, 95\%CI 1.554 \sim 3.351$), splenomegaly ($OR = 2.735, 95\%CI 1.784 \sim 4.192$) and white blood cell count $\geq 50 \times 10^9$ before transfusion ($OR = 2.479, 95\%CI 1.656 \sim 3.713$) were the risk factors of platelet transfusion refractlessness in AML patients ($P < 0.05$). The C-index of the nomogram model was 0.891 (95%CI 0.839~0.943). Internal validation analysis showed that the nomogram model had good fitting effect and high prediction accuracy. The area under the curve (95%CI) of the nomogram model predicting the efficacy of platelet transfusion in AML pa-

* 基金项目: 湖北省卫生健康委科研项目(WJ2023M180)。

作者简介: 李至, 女, 技师, 主要从事输血检验相关研究。△ 通信作者, E-mail: 157250026@qq.com。

tients was 0.884 (0.832–0.936), with a specificity of 67.51% and a sensitivity of 92.03%. **Conclusion** The influencing factors of platelet transfusion ineffectiveness in AML patients include transfusion times, co-infection, splenomegaly and white blood cell count before transfusion, and the nomogram model established based on the above factors has good predictive efficacy.

Key words: acute myeloid leukemia; platelet transfusion; influencing factors; nomogram

据相关流行病学调查报道显示,从 1990 年到 2019 年的三十年间,我国白血病的发病率总体上呈现出下降的趋势,但受到城市化进程加快、不健康的生活方式流行、人口老龄化加深等多方面因素的影响,其发病率开始出现回升的现象^[1]。根据病变细胞的种类及其分化程度的不同可将白血病分为两大类,其中急性髓系白血病(AML)是最常见的一种亚型^[2]。AML 的病情发展速度非常快,可导致血小板数量显著减少,引发广泛的出血症状(如皮肤瘀斑、牙龈出血、内脏出血等),这对患者的生命安全构成了严重的威胁^[3]。血小板输注作为辅助治疗 AML 的重要手段之一,通过向患者体内输注血小板,不仅可以显著提升其血液中的血小板计数,还能有效改善患者的凝血功能,从而降低患者发生出血性并发症的风险^[4-5]。然而在实际临床应用中,观察到部分接受血小板输注治疗的患者血小板数量并未出现预期的提升,反而出现了血小板计数减少的现象,这不仅会延误治疗的最佳时机,还可能会导致病情进一步恶化,严重影响疾病转归^[6-7]。因此,对 AML 患者血小板输注疗效进行准确评估至关重要。本研究主要探讨 AML 患者血小板输注疗效的影响因素并构建预测模型,以期为临床制订合理的小血小板输注方案提供指导。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2022 年 3 月至 2025 年 2 月本院收治的 120 例 AML 患者为研究对象,其中男 55 例,女 65 例;年龄 18~74 岁,平均(55.79±6.23)岁;体重指数 18.5~30 kg/m²,平均(22.43±3.50) kg/m²;吸烟 31 例;饮酒 45 例;血型:A 型 39 例、B 型 28 例、AB 型 33 例、O 型 20 例;输注次数 1~10 次,平均(5.41±1.18)次;全血制备 38 例;发热 17 例;合并感染 22 例;脾肿大 57 例;使用抗菌药物 85 例;输血前白细胞计数:<50×10⁹/L 74 例,≥50×10⁹/L 46 例;输血前血红蛋白:<80 g/L 87 例,≥80 g/L 33 例;输血前血小板计数:<50×10⁹/L 57 例,≥50×10⁹/L 63 例。

纳入标准:(1)患者年龄≥18 岁;(2)临床首次诊断为 AML^[8],均接受化疗和血小板输注治疗;(3)能够提供完整的临床病历数据。**排除标准:**(1)入组前接受过血小板治疗者;(2)合并其他系统的良性或恶性肿瘤、严重的器官功能障碍、免疫功能异常等其他疾病者;(3)合并弥散性血管内凝血或活动性出血者;(4)合并认知功能异常或精神障碍者;(5)不具备正常的沟通交流能力及无法配合本研究。本研究经本院医学伦理委员会审核并批准(2025-096-01),患者及其家属均知情同意并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集 查询电子病历报告收集患者的临床资料,包括性别、年龄(<60 岁;≥60 岁)、是否吸烟、弥散性血管内凝血、饮酒、血型(A 型、B 型、AB 型、O 型)、输注次数、是否发热、是否合并感染、有无脾肿大、是否使用抗菌药物、输血前白细胞计数(<50×10⁹/L;≥50×10⁹/L)、输血前血红蛋白(<80 g/L;≥80 g/L)、输血前血小板计数(<50×10⁹/L;≥50×10⁹/L)等情况。

1.2.2 治疗方案 入组患者均接受标准化疗方案,阿糖胞苷(哈尔滨莱博通药业有限公司,国药准字 H20055242,剂量 100 mg/m²) + 伊达比星(瀚晖制药有限公司,国药准字 H20050144,剂量 10 mg/m²),每天 1 次,每周 7 次。对于不适合标准剂量化疗的患者,则采用低强度化疗方案,阿糖胞苷(20 mg/m²) + 地西他滨(山东新时代药业有限公司,国药准字 H20120073,剂量 20 mg/m²),每天 1 次,每周 5 次。连续 7 d 为 1 个疗程,共进行 4 个疗程。依据严格的标准操作规程进行血小板的采集与制备,选用与受血者 ABO 血型相匹配且经过白细胞过滤的单采血小板制品。整个采集过程控制在 100 min 以内,每次输注剂量为一个治疗单位,并将输注时间控制在 30~45 min。

1.2.3 血小板输注疗效评估及分组 疗效评价标准参考《血小板无效输注诊断和治疗中国专家共识(2022 年版)》^[9];采集患者接受血小板输注治疗前、治疗 24 h 后的静脉血标本,各 3 mL,采用迈瑞 BS-2800M 全自动生化分析仪检测血小板计数,并计算校正血小板增高指数(CCI),计算公式为体表面积×输注后血小板计数变化绝对值的乘积/输注血小板总数。当 CCI<4.5×10⁹/L 时,即可判定为血小板输注无效(输注无效组, n=42),否则视为血小板输注有效(输注有效组, n=78)。

1.3 统计学处理 采用 SPSS25.0 软件进行数据处理和分析。呈正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 *t* 检验;计数资料以例数和百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;采用多因素 Logistic 回归分析 AML 患者血小板输注疗效的影响因素;绘制列线图并采用拟合优度检验和校准曲线进行内部验证;采用受试者工作特征(ROC)曲线评估列线图模型对 AML 患者血小板输注疗效的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 AML 患者血小板输注疗效的单因素分析 输

注无效组输注次数多于输注有效组,合并感染、脾肿大、使用抗菌药物、输血前白细胞计数 $\geq 50 \times 10^9/L$ 、输血前血小板计数 $< 50 \times 10^9/L$ 占比均大于输注有效组($P < 0.05$),见表 1。

2.2 AML 患者血小板输注疗效的多因素 Logistic 回归分析 以 AML 患者血小板输注疗效为因变量(输注有效=0,输注无效=1),以表 1 中差异有统计学意义的指标(输注次数、是否合并感染、是否脾肿

大、使用抗菌药物情况、输血前白细胞计数、输血前血小板计数)为自变量行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,输注次数多($OR = 2.595, 95\% CI 1.700 \sim 3.871$)、合并感染($OR = 2.282, 95\% CI 1.554 \sim 3.351$)、脾肿大($OR = 2.735, 95\% CI 1.784 \sim 4.192$)、输血前白细胞计数 $\geq 50 \times 10^9/L$ ($OR = 2.479, 95\% CI 1.656 \sim 3.713$)是 AML 患者血小板输注无效的危险因素($P < 0.05$),见表 2。

表 1 AML 患者血小板输注疗效的单因素分析 [$n(\%)$ 或 $\bar{x} \pm s$]

项目	输注有效组($n=78$)	输注无效组($n=42$)	χ^2/t	P
性别			0.231	0.631
男	37(47.44)	18(42.86)		
女	41(52.56)	24(57.14)		
年龄(岁)			0.025	0.874
<60	49(62.82)	27(64.29)		
≥ 60	29(37.18)	15(35.71)		
体重指数(kg/m^2)	22.46 \pm 3.51	22.37 \pm 3.48	0.134	0.893
吸烟	21(21.92)	10(23.81)	0.138	0.710
饮酒	31(39.74)	14(33.33)	0.479	0.489
血型			0.374	0.945
A 型	25(32.05)	14(33.33)		
B 型	19(24.36)	9(21.43)		
AB 型	22(28.21)	11(26.19)		
O 型	12(15.38)	8(19.05)		
输注次数(次)	4.28 \pm 0.96	7.52 \pm 1.61	13.813	<0.001
发热			0.332	0.564
是	10(12.82)	7(16.67)		
否	68(87.18)	35(83.33)		
合并感染			6.872	0.009
是	9(11.54)	13(30.95)		
否	69(88.46)	29(69.05)		
脾肿大			5.376	0.020
有	31(41.03)	26(61.90)		
无	47(58.97)	16(38.10)		
使用抗菌药物			9.139	0.002
是	48(61.54)	37(88.10)		
否	30(38.46)	5(11.90)		
输血前白细胞计数($\times 10^9/L$)			5.394	0.020
<50	54(69.23)	20(47.62)		
≥ 50	24(30.77)	22(52.38)		
输血前血红蛋白(g/L)			0.441	0.506
<80	55(70.51)	32(76.19)		
≥ 80	23(29.49)	10(23.81)		
输血前血小板计数($\times 10^9/L$)			7.301	0.007
<50	30(38.46)	27(64.29)		
≥ 50	48(61.54)	15(35.71)		

表 2 AML 患者血小板输注疗效的多因素 Logistic 逐步回归分析

变量	赋值	β	SE	Wald χ^2	P	OR(95%CI)
输注次数	以原数值输入	0.942	0.210	20.122	<0.001	2.595(1.700~3.871)
合并感染	否=0;是=1	0.825	0.196	17.717	<0.001	2.282(1.554~3.351)
脾肿大	无=0;有=1	1.006	0.221	21.295	<0.001	2.735(1.784~4.192)
输血前白细胞计数	$<50 \times 10^9/L=0; \geq 50 \times 10^9/L=1$	0.908	0.206	19.428	<0.001	2.479(1.656~3.713)

2.3 AML 患者血小板输注疗效的风险列线图模型构建和评价 根据表 2 结果构建 AML 患者血小板输注疗效的回归方程： $\text{logit}(P) = -13.271 + \text{输注次数} \times 0.942 + \text{合并感染} \times 0.825 + \text{脾肿大} \times 1.006 + \text{输血前白细胞计数} \times 0.908$ ，并以此方程绘制列线图模型，见图 1，一致性指数(C-index)为 0.891(95%CI 0.839~0.943)。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验显示，该列线图模型具有良好的拟合效果($\chi^2 = 0.752, P = 0.513$)。列线图校准曲线的线斜率接近

1，见图 2，表明该模型的预测值与实际观测值之间存在较小的偏差，且具有较高的准确性和可靠性。计算出 AML 患者血小板输注疗效的预测概率 $\text{logit}(P)$ ，以 AML 患者血小板输注无效为阳性，以 AML 患者血小板输注有效为阴性，并根据预测概率 $\text{logit}(P)$ 绘制 AML 患者血小板输注疗效的 ROC 曲线，当 $\text{logit}(P) > 14$ 时，曲线下面积(AUC)及(95%CI)为 0.884(0.832~0.936)，特异度为 67.51%，灵敏度为 92.03%，见图 3。

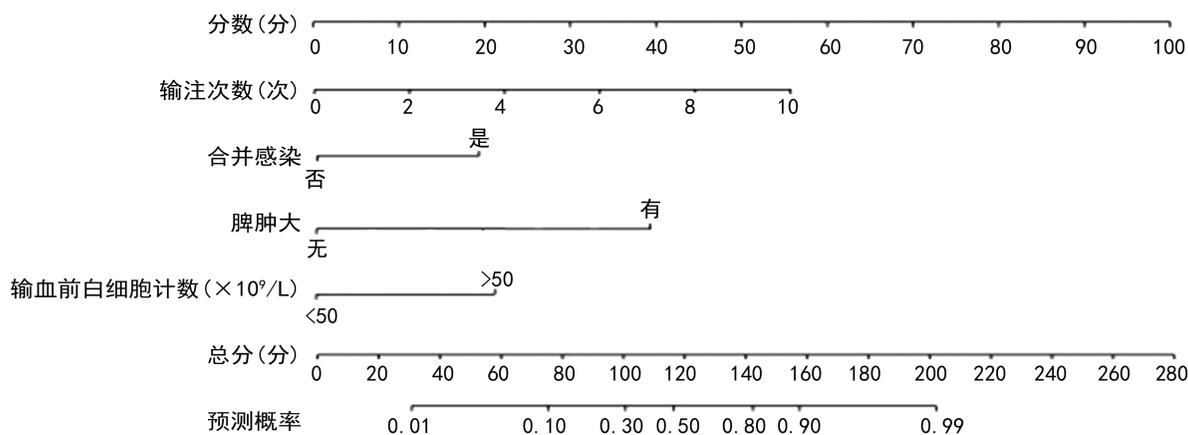


图 1 预测 AML 患者血小板输注疗效的列线图模型

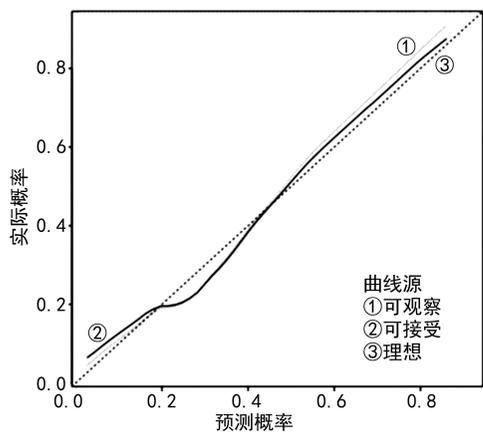


图 2 预测 AML 患者血小板输注疗效的校准曲线

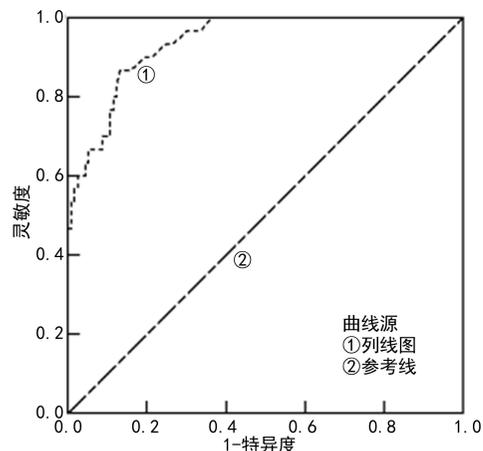


图 3 列线图模型预测 AML 患者血小板输注疗效的 ROC 曲线

3 讨论

AML 是临床上常见的血液系统恶性肿瘤之一，以骨髓中原始髓系细胞异常增殖和分化阻滞为主要特征，通过放疗、化疗、骨髓移植等手段能够有效缓解病情，并延长患者的生存时间^[10-11]。在 AML 的治疗过程中，为了维持患者的凝血功能和减少出血风险，患者通常需要接受血小板输注治疗^[12]。但是在长期的临床实践中发现，部分患者治疗后血小板数量回升未达到预期，甚至会发生血小板输注无效的情况，这除了造成血液资源浪费和医疗成本增加之外，还会使患者面临更高的出血风险^[13-14]。因此，早期精准识别 AML 患者血小板输注无效的高风险群体，并及时调整治疗干预策略，对于提升治疗效果及改善患者预后具有重要的临床意义。

本研究结果显示，随着输注次数增多 AML 患者血小板输注无效的风险升高，这与既往都新萍等^[15]报道结果相符。由于个体之间的病情差异，单次血小板输注难以实现理想的治疗效果，临床通常会采取多次输注的方法。随着血小板输注次数的增多，可能会导致体内生成较多与血小板相关的抗体，启动自身免疫应答，破坏输注血小板的结构与功能，从而导致血小板输注无效^[16-17]。有研究表明，当血小板抗体与血小板结合时，会影响毛细血管壁的稳定性和增加其通透性，这会提高出血的风险^[18]。而出血事件的发生可进一步降低体内血小板的数量，从而削弱血小板输注治疗的效果^[19]。合并感染的 AML 患者血小板输注无

效的风险更高。既往苏婷婷等^[20]在针对急性白血病患者的研究中也得出相同结论。感染是 AML 患者常见的并发症之一,可激活体内的单核-巨噬细胞系统,导致血小板隐蔽抗原暴露,并与 IgG 抗体结合之后形成抗原-抗体复合物^[21]。当输注的血小板被这些复合物包裹时,更容易被网状内皮细胞识别并快速清除,可导致血液中血小板数量显著减少,从而影响血小板输注疗效^[22-23]。

本研究结果显示,脾肿大的 AML 患者血小板输注无效的风险更高,这与既往 ARABI 等^[24]报道结果相符。脾脏是人体最大的免疫器官,具有储存和破坏血小板的作用^[25]。当发生脾肿大时,输注的外源性血小板进入循环,易被肿大的脾脏捕获并加速清除,导致血液循环中的血小板数减少,从而影响血小板输注疗效^[26-27]。输血前白细胞计数越高的 AML 患者血小板输注无效的风险越高,这与既往王晶等^[28]报道相符。白细胞计数是评价炎症水平的一项重要参数,其数值高意味着机体处于高炎症水平状态,血液循环中的炎症细胞因子水平较高,可激活单核-巨噬细胞系统,导致血小板在脾脏中被过度吞噬和破坏,从而导致患者血小板输注无效的风险增加^[29]。同时,高白细胞计数可导致弥散性血管内凝血的风险增加,致使微血管中的血小板急剧减少,进一步削弱血小板输注的效果^[30]。因此,需要根据以上危险因素制订相关防治对策,如优化血小板输注策略,并定期检测血小板抗体,对高抗体滴度患者选择交叉配型相容的血小板;严格执行无菌操作原则,动态监测炎症指标,及时控制感染诱因;定期进行脾脏超声或 CT 检查,及时发现并处理脾肿大;输血前应采取针对性的干预措施(如药物治疗、调整治疗方案等)来改善患者白细胞计数,从而提高血小板输注疗效。

传统的回归模型通常采用数学方程的形式进行呈现,这些方程通过特定的函数形式精确地描述了自变量与因变量之间的定量关系,但在临床场景中不够直观,应用受到一定的限制。而列线图模型通过将原本复杂且难以理解的回归模型转化为直观易懂的图形表示,极大地简化了临床事件风险预测的过程,并提高了工作效率,在临床上具有广泛的应用前景。本研究根据以上 4 项危险因素构建了 AML 患者血小板输注疗效的列线图模型,结果显示,C-index 为 0.891(95%CI 0.839~0.943);拟合优度检验中 $\chi^2 = 0.752, P = 0.513$;校准曲线的线斜率接近 1。表明在 AML 患者中该列线图模型预测的血小板输注无效风险与实际血小板输注无效风险一致性较好,且具有较好的拟合效果和预测能力。本研究预测价值分析显示,列线图模型预测 AML 患者血小板输注疗效的 AUC(95%CI)为 0.884(0.832~0.936),特异度为 67.51%,灵敏度为 92.03%。这表明该列线图模型可

准确预测 AML 患者血小板输注无效风险,有一定的临床应用价值。

综上所述,AML 患者血小板输注无效的影响因素包括输注次数、合并感染、脾肿大、输血前白细胞计数,以上因素建立的列线图模型具有良好的预测效能。本研究的局限性在于纳入的病例均来自同一家医院,且病例数量较少,可能存在一定的选择偏移;同时,本研究没有对列线图模型进行外部验证。因此,在未来的研究中需要纳入更多的病例,并收集验证集数据,以提高和完善该列线图模型的临床适用性。

参考文献

- [1] 戴萌娜, 袭燕, 尹文强, 等. 中国居民 1990—2019 年白血病疾病负担趋势分析[J]. 中国公共卫生, 2022, 38(5): 539-546.
- [2] ZHA C, YANG X, YANG J, et al. Immunosuppressive microenvironment in acute myeloid leukemia: overview, therapeutic targets and corresponding strategies[J]. Ann Hematol, 2024, 103(12): 4883-4899.
- [3] RAGHAVAN V, MURUGESAN M, NAIR C K, et al. Influence of blood transfusion during induction chemotherapy on treatment outcomes in acute myeloid leukemia[J]. Asian J Transfus Sci, 2024, 18(2): 264-269.
- [4] KARLSTRÖM C, GRYFELT G, SCHMIED L, et al. Platelet transfusion improves clot formation and platelet function in severely thrombocytopenic haematology patients[J]. Br J Haematol, 2022, 196(1): 224-233.
- [5] BASAK S K, IKTIDAR M A, CHOWDHURY R, et al. Response to apheretic platelet transfusion in children of acute lymphoblastic leukemia receiving induction chemotherapy: a cross-sectional study from Bangladesh[J]. Ann Med Surg, 2024, 86(3): 1346-1351.
- [6] SAITO K, ICHIKAWA S, OHTOMO R, et al. Severe platelet transfusion refractoriness due to anti-HPA-5a antibody during induction chemotherapy for acute promyelocytic leukemia[J]. Ann Hematol, 2022, 101(9): 2103-2105.
- [7] PRASAD S D, WASNIK M, KANNAUJE P K. Factors influencing corrected count increment after platelet transfusion in thrombocytopenic patients[J]. Cureus, 2023, 15(9): e46161.
- [8] 中华医学会血液学分会白血病淋巴瘤学组. 中国成人急性髓系白血病(非急性早幼粒细胞白血病)诊疗指南(2021 年版)[J]. 中华血液学杂志, 2021, 42(8): 617-623.
- [9] 中华医学会血液学分会. 血小板无效输注诊断和治疗中国专家共识(2022 年版)[J]. 中华血液学杂志, 2022, 43(11): 897-902.
- [10] SABAKHTARISHVILI G, ANSARI A, TABBARA I A. Maintenance therapy in acute myeloid leukemia[J]. Am J Clin Oncol, 2025, 48(1): 38-43.
- [11] TIEN F M, HOU H A. CEBPA mutations in acute myeloid leukemia: implications in risk stratification and treat-

- ment[J]. *Int J Hematol*, 2024, 120(5):541-547.
- [12] CORNELISSEN L L, CARAM-DEELDER C, MEIER R T, et al. Platelet transfusion and tranexamic acid to prevent bleeding in outpatients with a hematological disease: a Dutch nationwide survey[J]. *Eur J Haematol*, 2021, 106(3):362-370.
- [13] YOUK H J, HWANG S H, OH H B, et al. Evaluation and management of platelet transfusion refractoriness[J]. *Blood Res*, 2022, 57(S1):6-10.
- [14] NEANAAY W A, DEGHADY A A, NAFEA D A, et al. Evaluation of human leucocyte antigen mediated platelet transfusion refractoriness and platelet crossmatching assay in patients with hematologic disorders[J]. *Oman Med J*, 2022, 37(4):e402.
- [15] 都新萍, 宫淑文, 杨青. 急性髓细胞性白血病患者血小板输注效果的影响因素分析[J]. *中国医药导报*, 2024, 21(8):123-126.
- [16] 江慧敏, 许力, 武琳琳, 等. 血液病化疗病人血小板输注疗效的影响因素研究[J]. *安徽医药*, 2023, 27(3):529-532.
- [17] SUN X, CAI Y, NI H, et al. Therapeutic efficacy of platelet transfusion and analysis of influencing factors in 364 patients[J]. *Acta Haematol*, 2023, 146(3):214-219.
- [18] PANCH S R, GUO L, VASSALLO R. Platelet transfusion refractoriness due to HLA alloimmunization: evolving paradigms in mechanisms and management [J]. *Blood Rev*, 2023, 62:101135.
- [19] LI X, LIU Q, DONG J, et al. Existence and significance of anti-HLA-C autoantibodies to primary and persistent platelet transfusion refractoriness in patients with hematologic disorders: a retrospective study from a single centre[J]. *Ann Med*, 2025, 57(1):2446689.
- [20] 苏婷婷, 任荣香, 王承华, 等. 急性白血病血小板输注疗效影响因素及其对临床预后的影响研究[J]. *齐齐哈尔医学院学报*, 2022, 43(2):116-120.
- [21] MAIER C L, STANWORTH S J, SOLA-VISNER M, et al. Prophylactic platelet transfusion: is there evidence of benefit, harm, or No effect [J]. *Transfus Med Rev*, 2023, 37(4):150751.
- [22] 晏玲, 刘锋, 黄鑫. 白血病患者血小板输注无效的危险因素及人类白细胞抗原-I 抗体、转化生长因子- β 1 的预测价值[J]. *中国临床研究*, 2024, 37(11):1730-1734.
- [23] LI Y, SONG Z, SUN X, et al. Changes in inflammatory responses and autophagy during apheresis platelet preservation and their correlation with platelet transfusion refractoriness in patients with acute lymphoblastic leukemia[J]. *Biomol Biomed*, 2023, 23(6):956-967.
- [24] ARABI S, ALMAHAYNI A O, ALOMAIR A A, et al. Prevalence, risk factors, and outcomes of platelet transfusion refractoriness in critically ill patients: a retrospective cohort study [J]. *Crit Care Res Pract*, 2021, 2021:5589768.
- [25] 卢海景, 张红凤, 王佳稳. 脾切除后继发血小板增多致假性高钾血症 1 例[J]. *检验医学与临床*, 2021, 18(16):2461-2463.
- [26] 邱晓珊, 邱小兰. 血液病患者血小板输注的临床疗效及无效输注的相关危险因素[J]. *慢性病学杂志*, 2021, 22(5):757-758, 761.
- [27] SONG X, QI J, FANG K, et al. A meta-analysis of risk factors associated with platelet transfusion refractoriness [J]. *Int J Hematol*, 2023, 117(6):863-875.
- [28] 王晶, 卫淑娟, 梁娜, 等. 急性白血病患者血小板输注疗效的影响因素研究[J]. *中华保健医学杂志*, 2024, 26(3):313-315.
- [29] 许京菁, 周谋, 高颀, 等. 急性髓系白血病患者血小板输注疗效不佳及短期死亡的危险因素分析[J]. *现代生物医学进展*, 2023, 23(17):3310-3315.
- [30] SONG X, QI J, LI X, et al. Exploration of risk factors of platelet transfusion refractoriness and its impact on the prognosis of hematopoietic stem cell transplantation: a retrospective study of patients with hematological diseases[J]. *Platelets*, 2023, 34(1):2229905.

(收稿日期:2025-07-19 修回日期:2025-10-22)

(上接第 272 页)

- [18] HE L, SONG Q, HU J, et al. Expression of HMGB1-TLR4 in placentas from preeclamptic pregnancies and its effect on proliferation and invasion of HTR-8/SVneo cells[J]. *Gynecol Obstet Invest*, 2023, 88(3):159-167.
- [19] ZHANG Y, KARKI R, IGWE O J. Toll-like receptor 4 signaling: a common pathway for interactions between prooxidants and extracellular disulfide high mobility group box 1 (HMGB1) protein-coupled activation [J]. *Biochem Pharmacol*, 2015, 98(1):132-143.
- [20] ZHU D, ZOU H, LIU J, et al. Inhibition of HMGB1 ameliorates the maternal-fetal interface destruction in unexplained recurrent spontaneous abortion by suppressing pyroptosis activation[J]. *Front Immunol*, 2021, 12:782792.
- [21] LAN R, YANG Y, SONG J, et al. Fas regulates the apoptosis and migration of trophoblast cells by targeting NF- κ B[J]. *Exp Ther Med*, 2021, 22(4):1055.
- [22] LI J, WANG Y, WU T, et al. Baicalein suppresses high glucose-induced inflammation and apoptosis in trophoblasts by targeting the miRNA-17-5p-Mfn1/2-NF- κ B pathway[J]. *Placenta*, 2022, 121:126-136.
- [23] 吕桂雪, 曹勋荣, 田君, 等. 熊果酸对妊娠期糖尿病期间高糖诱导的滋养层细胞损伤的改善作用及其机制探讨[J]. *河北医药*, 2024, 46(10):1458-1462.
- [24] USMAN T O, CHHETRI G, YE H, et al. Beta-cell compensation and gestational diabetes[J]. *J Biol Chem*, 2023, 299(12):105405.

(收稿日期:2025-08-27 修回日期:2025-11-12)