

不规则抗体筛查阳性患者发生免疫溶血性输血反应风险的列线图预测模型构建与验证

赵续影^a, 于胜男^a, 韩敏^a, 魏珍珍^b (沧州市中心血站^a. 业务科; ^b. 输血研究室, 河北沧州 061001)

摘要: **目的** 探讨不规则抗体筛查阳性患者发生免疫性溶血性输血反应(IHTR)的独立影响因素, 构建个体化风险预测列线图模型, 为临床输血安全提供量化参考依据。**方法** 回顾性分析2021年1月~2024年12月沧州市中心血站输血研究室249例不规则抗体筛查阳性且接受输血治疗患者的临床资料, 根据患者是否发生IHTR分为非IHTR组(225例)和IHTR组(24例)。通过单因素分析筛选潜在影响因素, 采用多因素Logistic回归分析不规则抗体筛查阳性患者发生IHTR的独立影响因素, 并基于独立影响因素构建列线图预测模型。采用受试者操作特征曲线(ROC)、校准曲线和决策曲线分析评估模型的区分能力、校准度及临床实用性。另纳入2025年1月~2025年11月的73例同类型患者进行外部验证。**结果** 多因素Logistic回归分析显示, 妊娠史(OR=3.762, 95%CI=1.585~8.929)、输血史(OR=3.459, 95%CI=1.426~8.389)、既往IHTR史(OR=5.468, 95%CI=1.879~15.914)、自身免疫性疾病(OR=3.001, 95%CI=1.233~7.307)、抗体系统(OR=5.249, 95%CI=1.179~23.372)及抗体效价(OR=5.501, 95%CI=1.843~16.423)为不规则抗体筛查阳性患者发生IHTR的独立影响因素(均 $P<0.05$)。基于上述因素构建列线图预测模型, 在内部验证中, 模型预测IHTR的AUC为0.854(95%CI: 0.771~0.936), 校准曲线显示预测风险与实际风险一致性良好(Hosmer-Lemeshow检验 $P=0.457$), 决策曲线提示在0.1~0.8的阈值范围内, 模型具有较高的临床净获益。外部验证中, 模型的AUC为0.861(95%CI: 0.767~0.955), Hosmer-Lemeshow检验 $P=0.286$, 且具有一定的临床净获益。**结论** 基于妊娠史、输血史、既往IHTR史、自身免疫性疾病、抗体系统及抗体效价构建的列线图模型预测不规则抗体筛查阳性患者发生IHTR的价值较高, 有助于临床早期识别高危人群并优化输血策略, 降低输血不良反应的发生风险。

关键词: 免疫溶血性输血反应; 不规则抗体; 列线图; 预测模型; 输血安全

中图分类号: R457.13; R446.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-7414(2026)05-159-06

doi: 10.3969/j.issn.1671-7414.2026.05.027

Development and Validation of a Nomogram Prediction Model for the Risk of Immune Hemolytic Transfusion Reactions in Patients with Positive Irregular Antibody Screening

ZHAO Xuying^a, YU Shengnan^a, HAN Min^a, WEI Zhenzhen^b (a. Department of Business; b. Blood Transfusion Research Laboratory, Cangzhou Central Blood Station, Hebei Cangzhou 061001, China)

Abstract: Objective To investigate the independent influencing factors for immune-mediated hemolytic transfusion reaction (IHTR) in patients with positive irregular antibody screening, and to construct an individualized risk prediction nomogram model, thereby providing a quantitative reference for clinical transfusion safety. **Methods** The clinical data of 249 patients with positive irregular antibody screening who received blood transfusion at the Blood Transfusion Research Laboratory of Cangzhou Central Blood Station from January 2021 to December 2024 were retrospectively analyzed. According to the occurrence of IHTR, patients were divided into a non-IHTR group (225 cases) and an IHTR group (24 cases). Potential influencing factors were screened by univariate analysis, and multivariate Logistic regression analysis was used to identify independent influencing factors for IHTR. Based on these factors, a nomogram prediction model was constructed. The receiver operating characteristic (ROC) curve, calibration curve, and decision curve analysis (DCA) were used to evaluate the model discriminative ability, calibration, and clinical utility. External validation was performed using data from 73 similar patients enrolled from January 2025 to November 2025. **Results** Multivariate Logistic regression analysis showed that history of pregnancy (OR = 3.762, 95%CI: 1.585~8.929), history of transfusion (OR=3.459, 95%CI: 1.426~8.389), previous IHTR history (OR=5.468, 95%CI: 1.879~15.914), autoimmune disease (OR=3.001, 95%CI: 1.233~7.307), antibody system (OR=5.249, 95%CI: 1.179~23.372), and antibody titer (OR=5.501, 95%CI: 1.843~16.423) were independent influencing factors for IHTR in patients with positive irregular antibody screening (all $P<0.05$). Based on these factors, a nomogram prediction model was constructed. In the internal validation, the model predicted IHTR with an area under the curve (AUC) of 0.854 (95%CI: 0.771~0.936). The calibration curve demonstrated good consistency between

predicted and actual risks (Hosmer-Lemeshow test $P=0.457$), and DCA indicated a high net clinical benefit within the threshold probability range of 0.1 to 0.8. External validation yielded an AUC of 0.861 (95% CI: 0.767~0.955) and a Hosmer-Lemeshow test P -value of 0.286, with a certain degree of clinical net benefit. **Conclusions** The nomogram model constructed based on history of pregnancy, transfusion history, previous IHTR history, autoimmune disease, antibody system, and antibody titer demonstrates high predictive value for IHTR in patients with positive irregular antibody screening. It aids in the early clinical identification of high-risk populations and the optimization of transfusion strategies, thereby reducing the risk of adverse transfusion reactions.

Keywords: immune hemolytic transfusion reaction; irregular antibody; nomogram; prediction model; transfusion safety

输血作为临床急救、手术支持及血液系统疾病治疗的关键手段,其安全性受免疫溶血性输血反应(immune hemolytic transfusion reaction, IHTR)影响。IHTR主要由患者体内血型免疫抗体与输入红细胞表面相应抗原特异性结合引发,临床表现为发热、黄疸等,严重时可致急性肾功能衰竭、休克甚至死亡^[1]。研究表明,不规则抗体筛查是预防IHTR的关键环节^[2]。不规则抗体多源于多次输血、妊娠或器官移植等免疫刺激史,尽管临床输血前已常规开展血型鉴定与交叉配血试验,但不规则抗体筛查阳性患者发生IHTR的风险仍显著高于普通人群^[3]。因此,准确识别该特定高危人群中可能发生IHTR的个体,对于实现精准输血和主动风险防范具有重要意义。

列线图作为一种可视化的统计预测工具,通过整合多项危险因素并将其转化为直观的风险评分,可实现个体疾病发生概率的定量预测,已广泛应用于肿瘤预后评估、并发症风险预测等领域^[4-5]。然而,在国内输血医学领域,应用列线图模型预测IHTR风险的研究尚属空白。基于此,本研究旨在通过回顾性分析不规则抗体筛查阳性患者的临床资料,探讨其发生IHTR的独立影响因素并构建列线图预测模型,以为临床早期识别高危患者、制定个体化输血策略提供直观、量化的决策依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象 回顾性纳入2021年1月~2024年12月在沧州市中心血站输血研究室接受输血前不规则抗体筛查且结果为阳性,后续接受输血治疗的249例患者作为建模集。IHTR的诊断参照参考文献[6],根据患者是否发生IHTR,将患者分为非IHTR组($n=225$)和IHTR组($n=24$)。另选取2025年1月~2025年11月符合相同条件的73例患者作为验证集,其中64例未发生IHTR,9例发生IHTR。纳入标准:①年龄 ≥ 18 岁;②输血前不规则抗体筛查阳性;③临床资料完整。排除标准:①合并严重肝肾功能衰竭、恶性肿瘤终末期、长期激素治疗等;②输血过程中因非免疫因素引发不良反应;③免疫缺陷患者。本研究方案经本院医学伦理委员会审批通过(医伦审第[2025]126003号),研究过程严格遵循《赫尔辛基宣言》及相关伦理规范。

1.2 仪器与试剂 生理盐水(国药准字H20083400,四川科伦药业股份有限公司);抗体筛选红细胞(5012070)、抗体特异性鉴定谱细胞(XY027)(上海血液生物医药有限责任公司);抗人球蛋白(IgG+C3d)检测卡(国械注准20193400368,爱康生物科技股份有限公司);抗人球蛋白(IgG、C3d)检测卡(国械注准20163400854,江苏力博医药生物技术有限公司);全自动血液分析仪(BC-6000,迈瑞公司)。

1.3 方法

1.3.1 一般资料:通过医院输血科信息管理系统及电子病历系统收集患者的一般资料,包括:性别、年龄、体质量指数(BMI)、妊娠史、输血史、既往IHTR史、自身免疫性疾病(如系统性红斑狼疮、类风湿关节炎等)、肿瘤病史、血液疾病史、消化系统疾病史、输血量及红细胞制剂种类。

1.3.2 实验室指标检测:①抗体筛查与鉴定采用盐水法、凝聚胺法和间接抗人球蛋白试验。阳性样本使用商品化谱细胞鉴定抗体特异性及所属血型系统;②抗体效价测定:采用标准生理盐水倍比稀释法稀释患者血清,与表达相应抗原的红细胞反应,以肉眼观察到凝集的最高稀释度倒数作为抗体效价;③直接抗人球蛋白试验(direct antiglobulin test, DAT):采用标准试管法。取患者新鲜EDTA抗凝血,用生理盐水洗涤红细胞3次,配置成3%~5%的红细胞悬液,分别加入多特异性(抗IgG+抗C3d)及单特异性(抗IgG,抗C3d)抗人球蛋白试剂,离心后观察凝集。结果判读:肉眼或显微镜下观察出现凝集为阳性,无凝集为阴性;④输血前血红蛋白(Hemoglobin, Hb)水平:采用全自动血液分析仪检测,患者抗凝全血样本经仪器定量吸取后与配套试剂混合,经溶血、反应生成稳定氰化高铁血红蛋白,于540 nm波长下比色测定吸光度,结合校准品标准曲线及样本相关参数自动计算,输出Hb浓度结果(g/L)。

1.4 统计学分析 采用SPSS 26.0软件进行数据分析。正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以 $n(\%)$ 表示,采用 χ^2 检验。将单因素分析中 $P<0.05$ 的变量纳入多因素Logistic回归,使用双向逐步回归法筛选独立影响因素,使用R 4.2.2软件基于回归系数构建列线

图预测模型。在建模集及验证集中分别采用受试者操作特征曲线(ROC)及曲线下面积(AUC)评估模型区分度, Hosmer-Lemeshow拟合优度检验评估校准度; 决策曲线分析评估临床净获益。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者临床资料的比较 建模集249例患者

中, 共24例(9.64%)发生IHTR。与非IHTR组相比, IHTR组妊娠次数 ≥ 2 次、输血次数 >3 次、既往有IHTR史、有自身免疫性疾病、抗体系统为Rh系统、抗体效价 ≥ 16 、输血量 $\geq 4U$ 、DAT阳性及输血前Hb $<80g/L$ 的患者例数明显增多, 差异具有统计学意义(均 $P<0.05$), 见表1。

表 1		两组患者临床资料的比较 [$\bar{x} \pm s$, n (%) , g/dl]			
类别		非 IHTR 组 ($n=225$)	IHTR 组 ($n=24$)	t/χ^2	P 值
年龄 (岁)		45.16 $\pm$ 11.86	48.38 $\pm$ 8.30	-1.717	0.095
性别	男	98 (43.6)	10 (41.7)	0.032	0.859
	女	127 (56.4)	14 (58.3)		
BMI (kg/m ²)		22.40 $\pm$ 3.10	23.10 $\pm$ 2. 60	-1.068	0.287
妊娠史	<2 次	149 (66.2)	10 (41.7)	5.666	0.017
	≥ 2 次	76 (33.8)	14 (58.3)		
输血史	≤ 3 次	165 (73.3)	11 (45.8)	7.914	0.005
	>3 次	60 (26.7)	13 (54.2)		
既往 IHTR 史	无	220 (97.8)	18 (75.0)	21.526	<0.001
	有	5 (2.2)	6 (25.0)		
自身免疫性疾病	无	193 (85.8)	16 (66.7)	4.542	0.033
	有	32 (14.2)	8 (33.3)		
肿瘤疾病	无	190 (84.4)	18 (75.0)	0.804	0.370
	有	35 (15.6)	6 (25.0)		
血液疾病	无	150 (66.7)	12 (50.0)	2.650	0.104
	有	75 (33.3)	12 (50.0)		
消化道疾病	无	189 (84.0)	19 (79.2)	0.101	0.751
	有	36 (16.0)	5 (20.8)		
抗体系统	Rh 系统	108 (48.0)	18 (75.0)	6.838	0.033
	MNS 系统	54 (24.0)	4 (16.7)		
	其他	63 (28.0)	2 (8.3)		
抗体效价	<16	165 (73.3)	8 (33.3)	16.363	<0.001
	≥ 16	60 (26.7)	16 (66.7)		
输血量	<4U	135 (60.0)	8 (33.3)	6.308	0.012
	$\geq 4U$	90 (40.0)	16 (66.7)		
DAT 阳性	否	180 (80.0)	10 (41.7)	17.625	<0.001
	是	45 (20.0)	14 (58.3)		
输血前 Hb	<80 g/dl	105 (46.7)	18 (75.0)	6.965	0.008
	≥ 80 g/dl	120 (53.3)	6 (25.0)		
红细胞制剂	去白悬浮红细胞	180 (80.0)	16 (66.7)	2.301	0.129
	洗涤红细胞	45 (20.0)	8 (33.3)		

2.2 IHTR发生的独立影响因素分析 以患者是否发生IHTR(是=1, 否=0)为因变量, 将单因素分析中有统计学意义的指标作为自变量, 自变量赋值见表2, 纳入多因素Logistic回归分析。结果显示, 妊娠史、输血史、既往IHTR史、自身免疫性疾病、抗体系统、抗体效价为不规则抗体筛查阳性患者发生IHTR的独立影响因素(均 $P<0.05$), 见表3。

2.3 列线图预测模型构建 基于多因素Logistic回归分析筛选出的6项独立影响因素, 通过R4.2.2软件构建列线图预测模型, 见图1。该模型通过为每项影响因素分配对应分值, 将所有得分相加得到总分, 进

而换算出患者发生IHTR的风险概率。

表 2	多因素 Logistic 回归分析自变量赋值
自变量	赋值
妊娠史	<2 次=0, ≥ 2 次=1
输血史	≤ 3 次=0, >3 次=1
既往 IHTR 史	无=0, 有=1
自身免疫性疾病	无=0, 有=1
抗体系统	其他=0, MNS 系统=1, Rh 系统=2
抗体效价	<16=0, ≥ 16=1
输血量	<4U=0, ≥ 4U=1
DAT 阳性	否=0, 是=1
输血前 Hb	<80 g/dL=0, ≥ 80 g/dL=1

表 3	不规则抗体筛查阳性患者发生 IHTR 的多因素 Logistic 回归分析				
因素	β	SE	Wald χ^2	OR (95%CI)	P
妊娠史	1.325	0.441	9.027	3.762 (1.585~8.929)	0.003
输血史	1.241	0.452	7.538	3.459 (1.426~8.389)	0.006
既往 IHTR 史	1.699	0.545	9.718	5.468 (1.879~15.914)	0.002
自身免疫性疾病	1.099	0.454	5.860	3.001 (1.233~7.307)	0.015
抗体系统	1.658	0.762	4.734	5.249 (1.179~23.372)	0.030
抗体效价	1.705	0.558	9.336	5.501 (1.843~16.423)	0.002
输血量	0.806	0.443	3.310	2.239 (0.940~5.335)	0.069
DAT 阳性	0.847	0.886	0.914	2.333 (0.411~13.244)	0.339
输血前 Hb	-1.205	0.758	2.527	3.337 (0.755~14.742)	0.112

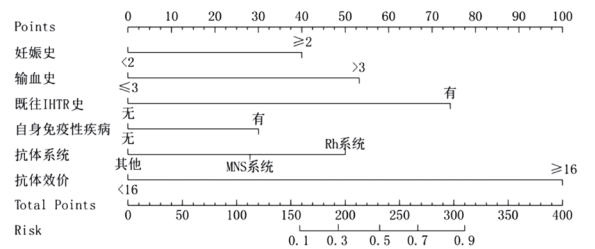
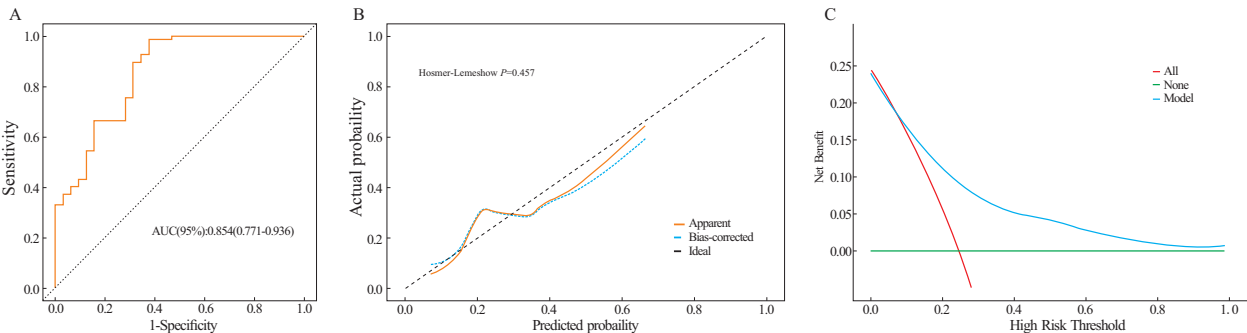


图1 不规则抗体筛查阳性患者 IHTR 发生风险的列线图预测模型

2.4 列线图预测模型的内部验证 ROC 曲线分析显示, 列线图模型预测不规则抗体筛查阳性患者发生 IHTR 的 AUC 为 0.854(95%CI: 0.771~0.936), 表明模型具有良好的区分能力, 见图2A。校准曲线显示预测风险与实际风险一致性良好(Hosmer-Lemeshow 检验 $P=0.457$, 见图2B)。决策曲线分析表明, 在 0.1~0.8 的阈值概率范围内, 模型具有较高的临床净获益, 见图2C。

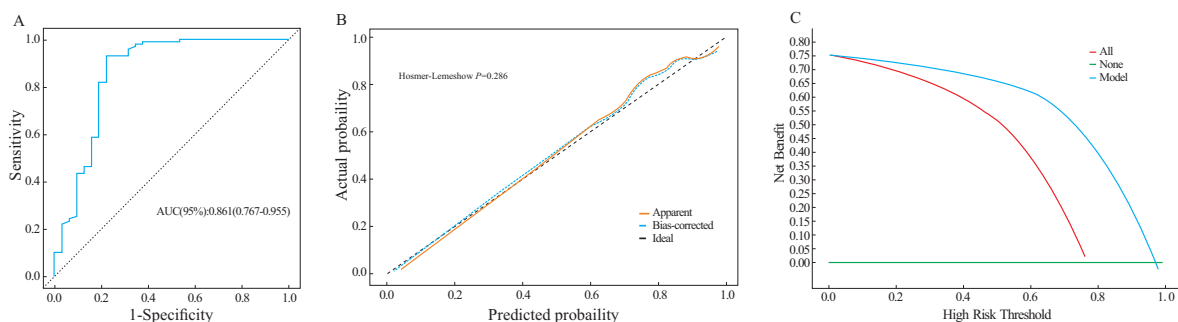


A: ROC 曲线; B: 校准曲线; C: 决策曲线。

图2 列线图预测模型的内部验证

2.5 列线图预测模型的外部验证 在外部验证集中, 列线图模型预测不规则抗体筛查阳性患者发生 IHTR 的 AUC 为 0.861(95%CI: 0.767~0.955), 见图3A。校

准曲线显示预测与实际风险一致性良好(Hosmer-Lemeshow 检验 $P=0.286$), 见图3B。决策曲线分析显示模型在一定阈值区间内具有临床净获益, 见图3C。



A: ROC 曲线; B: 校准曲线; C: 决策曲线。

图3 列线图预测模型的外部验证

3 讨论

IHTR 是输血治疗中严重的不良反应之一,可导致患者贫血加重、肾功能损伤甚至危及生命。研究表明,不规则抗体筛查阳性患者是发生 IHTR 的高危人群^[7]。本研究聚焦于不规则抗体筛查阳性这一特殊群体,基于 Logistic 回归分析筛选的 6 个独立影响因素构建用于预测 IHTR 发生风险的列线图模型,为临床输血风险评估提供了量化工具。

本研究发现,妊娠史和输血史是不规则抗体筛查阳性患者发生 IHTR 的独立危险因素。妊娠或输血过程可能使机体接触外来红细胞抗原,诱导不规则抗体产生并形成免疫记忆,再次输血时可引发溶血反应^[8-9]。TADASA 等人^[10]研究显示,输血史、妊娠史与急性输血反应的发生显著相关,与我们的研究相符。因此,对具有相关免疫刺激史的患者,应加强输血前抗体筛查与鉴定,优先选择抗原匹配的血液制剂。

既往 IHTR 史显著增加再次发生 IHTR 的风险,提示 IHTR 存在复发倾向,可能与体内预存致病抗体及免疫系统持续致敏状态有关。研究显示,有迟发性溶血输血反应史的患儿,其再次发生该反应的风险显著升高^[11]。对于有 IHTR 病史的患者,临床应建立专项档案,严格遵循相容性输血原则,必要时进行抗体检测,避免再次接触致敏抗原。

合并自身免疫性疾病的患者 IHTR 发生风险增加,核心原因在于其免疫功能紊乱。此类患者体内易产生自身抗体或交叉反应抗体,同时长期存在慢性炎症状态,可激活补体系统并加速红细胞破坏,进而增加 IHTR 发生风险^[12]。研究表明,自身免疫性风湿病患者因基础免疫异常及免疫抑制治疗,更易发生输血相关免疫调节、补体激活等免疫性输血反应,与我们的结果一致^[13]。因此,对于合并自身免疫性疾病的患者,输血前需评估免疫状态,输血过程中加强监护,同时积极控制原发病,以降低不良反应风险。

不同抗体系统及抗体效价对 IHTR 发生风险的影响存在显著差异。本研究中, Rh、MNS 系统抗体阳性患者 IHTR 发生率较高,这与这些抗体较强的致病性相关。Rh 系统抗体多为 IgG 类,可引起血管外溶

血^[14]。MNS 系统抗体含 IgM 与 IgG 类型,前者可致急性溶血,后者因抗原分布密集易形成免疫复合物,加剧红细胞清除^[15-16]。此外,高效价抗体意味着更强的红细胞结合能力与补体激活潜力,从而增加溶血风险^[17]。这些发现提示临床应重视抗体特异性鉴定与效价监测,对高风险抗体或高效价患者采取针对性的血液选择与干预措施。

本研究基于独立影响因素构建的列线图预测模型,通过直观的分值量化患者发生 IHTR 的风险,具有良好的临床实用性。内部与外部验证均显示模型具有良好的区分度、校准度和一定的临床净获益。与传统风险评估方法相比,该列线图模型通过整合多个关键指标,以可视化方式辅助临床进行风险分层,有助于制定个体化输血策略,提升输血安全。然而,本研究作为单中心回顾性研究,样本量有限,模型在不同人群与医疗环境中的普适性尚需通过多中心、前瞻性研究进一步验证。

综上所述,本研究基于妊娠史、输血史、既往 IHTR 史、自身免疫性疾病、抗体系统及抗体效价六个关键指标构建的列线图模型,对不规则抗体筛查阳性患者的 IHTR 风险具有良好的预测能力与临床实用性,可为临床输血决策提供重要参考,有助于降低 IHTR 发生风险,保障患者输血安全。

参考文献:

- [1] 向东,范亮峰,刘曦,等.免疫性溶血性输血反应 100 例分析[J].临床输血与检验,2022,24(1): 11-15.
XIANG D, FAN L F, LIU X, et al. Analysis of 100 cases of immune hemolytic transfusion reaction[J]. Journal of Clinical Transfusion and Laboratory Medicine, 2022, 24(1): 11-15.
- [2] NIYIBIZI J B, SEIFU D, GEURKINK C, et al. Assessment of unexpected (non-ABO) red blood cell antibodies and their associated clinical conditions among patients and blood donors attending university teaching hospital of Kigali (CHUK) and Rwanda blood transfusion division[J]. Advances in Hematology, 2025, 2025(1): 8871102.
- [3] 张文杰.临床输血检验中不规则抗体检验的应用[J].实用检验医师杂志,2024,16(1): 89-92.

(下转第 182 页)

- HE Z C, WU X F, JIA Y, et al. External quality assessment of NAT blood screening: an inter laboratory analysis[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2021, 34(11): 1225-1227.
- [24] 董雯雯, 赵艳梅. 血液报废原因及影响因素的初步探讨[J]. 中国输血杂志, 2023, 36(7): 629-633.
- DONG W W, ZHAO Y M. Preliminary discussion on the causes and influencing factors of blood discarding[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2023, 36(7): 629-633.
- [25] 翟春燕. 乳糜血产生原因分析及其对血液产品质量的影响[J]. 中国输血杂志, 2023, 36(7): 634-636.
- ZHAI C Y. Analysis of chylemia and its impact on blood product quality[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2023, 36(7): 634-636.
- [26] 林金兰. 自愿无偿献血者血液报废原因调查研究[J]. 中国卫生标准管理, 2023, 14(16): 129-132.
- LIN J L. Investigation and study on the reasons for blood scrapping among voluntary free blood donors[J]. China Health Standard Management, 2023, 14(16): 129-132.
- [27] 孙晓通, 杨忠思, 赵会霞, 等. 山东省血站血液检测实验室检测设备配置情况分析[J]. 医疗卫生装备, 2024, 45(3): 81-85.
- SUN X T, YANG Z S, ZHAO H X, et al. Analysis on configuration of testing equipment in blood testing laboratories of blood stations in Shandong Province[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2024, 45(3): 81-85.
- [28] 尤宝宁. 河北省检验检测机构效率评价研究[D]. 石家庄: 河北科技大学, 2019.
- YOU B N. Research on efficiency evaluation of inspection and testing organizations in Hebei Province[D]. Shijiazhuang: Hebei University of Science and Technology, 2019.
- [29] 府伟灵, 陈瑜. 机构与运行[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2020: 101.
- FU W L, CHEN Y. Institutions and operations [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2020: 101.

收稿日期: 2026-04-23

修回日期: 2026-05-12

(上接第163页)

- ZHANG W J. Application of irregular antibody test in clinical blood transfusion examination[J]. Chinese Journal of Clinical Pathologist, 2024, 16(1): 89-92.
- [4] 胡修东, 臧洪婧, 陈睿鹏. 生物信息学分析构建三阴性乳腺癌基于基底膜相关基因的风险评分模型[J]. 现代检验医学杂志, 2025, 40(3): 6-12.
- HU X D, ZANG H J, CHEN R P. Construction of the triple-negative breast cancer risk score model based on basement membrane-related genes by bioinformatics analysis[J]. Journal of Modern Laboratory Medicine, 2025, 40(3): 6-12.
- [5] ZHANG W, LI T T, LIU H Q, et al. LASSO regression-based nomogram for distinguishing nontuberculous mycobacterial pulmonary disease from pulmonary tuberculosis: a clinical risk prediction model[J]. Scientific Reports, 2025, 15(1): 21099.
- [6] 刘春梅. 溶血性输血反应的诊断与治疗[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2017, 5(1): 2.
- LIU C M. Diagnosis and treatment of hemolytic transfusion reaction[J]. Cardiovascular Disease Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2017, 5(1): 2.
- [7] 赵雪瑞, 江晓春. 不规则抗体筛查阳性患者输血治疗对策分析[J]. 临床血液学杂志, 2024, 37(6): 405-408.
- ZHAO X R, JIANG X C. Analysis of therapeutic countermeasures for blood transfusion in patients with positive screening for irregular antibodies[J]. Journal of Clinical Hematology, 2024, 37(6): 405-408.
- [8] PERPETUAL I I, AKUBUEZIUKA A R, OSEREMEN D I E, et al. Frequency of maternal red blood cell allo-antibodies and clinical utility of antibody screening in Abuja, Nigeria[J]. Transfusion and Apheresis Science, 2025, 64(6): 104243.
- [9] THAKUR S K, SINHA A K, JAHAN A, et al. Alloantibody among Thalassemia patients receiving multiple blood transfusions at a tertiary care hospital in India[J]. Bioinformation, 2023, 19(4): 362-368.
- [10] TADASA E, ADISSU W, BEKELE M, et al. Incidence of acute transfusion reactions and associated factors among adult blood-transfused patients at Jimma University Medical Center, southwest Ethiopia: a cross-sectional study [J]. Medicine, 2024, 103(32): e39137.
- [11] FALGUIÈRE C, ALLALI S, KHAZEM B, et al. Delayed hemolytic transfusion reaction in children with sickle cell disease: first 5-year retrospective study in mainland France[J]. Haematologica, 2023, 108(3): 889-894.
- [12] CHEN C X, WANG L X, HAN B, et al. Autoimmune hemolytic anemia in hospitalized patients: 450 patients and their red blood cell transfusions[J]. Medicine, 2020, 99(2): e18739.
- [13] GOUBRAN H, RAGAB G, SEGATCHIAN J, et al. Blood transfusion in autoimmune rheumatic diseases[J]. Transfusion and Apheresis Science, 2022, 61(6): 103596.
- [14] JIN Y M, FU X Y, XIE S H, et al. Establishment and clinical application of Rh blood group bank in the East China region[J]. International Journal of General Medicine, 2025, 18: 717-724.
- [15] PÁEZ M, JIMÉNEZ M, CORREDOR A. Hemolytic disease in fetuses and newborns due to antibodies against the M-antigen[J]. Biomedica, 2021, 41(4): 643-650.
- [16] BLEIK P, MATUBIA V. Warm autoimmune hemolytic anemia secondary to babesia microti infection: a case report[J]. Cureus, 2023, 15(12): e50294.
- [17] WABUYI P, MUWANGUZI E, OKONGO B, et al. Prevalence of high titre anti-A and anti-B haemolysins amongst blood group "O" voluntary donors at mbale regional blood bank, eastern Uganda[J]. Journal of Blood Medicine, 2025, 16(3): 117-121.

收稿日期: 2025-12-19

修回日期: 2026-01-27