

## · 论著 ·

DOI: 10.12464/j.issn.0253-9802.2024-0454

## 血小板抗体筛查结果及影响因素分析

赖培斌, 徐丽娟, 岑植华, 赵才翰, 陆英, 邹勇<sup>✉</sup>

(中山大学附属第三医院输血科, 广东 广州 510630)

**【摘要】** 目的 通过对 27 239 例急诊和住院患者进行血小板抗体筛查, 分析不同患者类型、不同疾病类型中血小板抗体的阳性率分布, 探讨血小板抗体产生的相关影响因素。方法 选择 2020 年 6 月至 2024 年 6 月在中山大学附属第三医院输血科急诊和住院申请备血或输血的 27 239 例患者, 采用红细胞固相凝集法对血小板抗体进行筛查, 根据患者血小板抗体检测结果将患者分为血小板抗体阳性组和血小板抗体阴性组, 分析 2 组患者间临床资料, 采用二元 Logistic 回归分析筛选患者血小板抗体产生的相关影响因素。结果 27 239 例患者中血小板抗体总阳性率为 3.91%, 其中女性患者血小板抗体阳性率高于男性患者 (5.01% vs. 2.41%,  $P < 0.001$ ); 各年龄段患者血小板抗体阳性率差异具有统计学意义 ( $\chi^2 = 123.83$ ,  $P < 0.001$ ), 其中年龄  $\leq 10$  岁儿童血小板抗体阳性率最高, 达到 9.19%, 其次为 20~40 岁年龄段, 达到 5.46%。有输血史患者血小板抗体阳性率高于无输血史患者 (9.07% vs. 3.45%,  $P < 0.001$ )。此外, 急诊内科为血小板抗体阳性率最高的科室, 其次分别为血液内科、产科、重症医学科和感染科。二元 Logistic 回归分析显示, 女性、有输血史、妊娠状态、地中海贫血、甲状腺疾病、肝衰竭、重症肺炎、血小板减少是血小板抗体阳性的危险因素 (均  $P < 0.05$ )。结论 对于女性、有输血史、妊娠状态, 疾病诊断为血小板减少、肝衰竭、肺炎、地中海贫血或甲状腺疾病患者, 在血小板或红细胞输注前应高度重视血小板抗体筛检, 以预防血小板输注无效及相关输血不良反应。

**【关键词】** 血小板; 血小板抗体; 血小板输注; 血小板抗体阳性率

## Platelet antibody screening and analysis of influencing factors

LAI Peibin, XU Lijuan, CEN Zhihua, ZHAO Caihan, LU Ying, ZOU Yong<sup>✉</sup>

(Department of Blood Transfusion, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, China)

Corresponding author: ZOU Yong, E-mail: zouyong@mail.sysu.edu.cn

**【Abstract】** **Objective** To analyze the positive rate distribution of platelet antibodies in different types of patients and different diseases by screening platelet antibodies in 27, 239 emergent and hospitalized patients, aiming to explore the influencing factors of platelet production. **Methods** 27, 239 emergent and hospitalized patients who were scheduled for blood reservation or transfusion in Department of Blood Transfusion of the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University from June 2020 to June 2024 were selected. Platelet antibody screening was performed using the solid-phase agglutination method. According to the results of platelet antibody detection, the patients were divided into the positive and negative platelet antibody groups. Clinical data between two groups were analyzed. Binary Logistic multivariate regression analysis was used to screen for relevant risk factors for platelet antibody production in patients. **Results** The overall positive rate of platelet antibodies in 27, 239 patients was 3.91%. The positive rate of platelet antibodies in female patients was significantly higher than that in male counterparts (5.01% vs. 2.41%,  $P < 0.001$ ). The positive rate of platelet antibodies in patients in different age groups showed significant differences ( $\chi^2 = 123.83$ , all  $P < 0.001$ ), with the highest positive rate of 9.19% in children aged  $\leq 10$ , followed by 5.46% in patients aged 20-40 years. The positive rate of platelet antibodies in patients with a history of blood transfusion was significantly higher than that in patients without a history of blood transfusion (9.07% vs. 3.45%,  $P < 0.001$ ). In addition, the departments with the highest positive rate of platelet antibodies were the Emergency Department, followed by Department of Hematology, Department of Obstetrics, ICU, and Department of Infectious Diseases. Binary Logistic multivariate regression analysis showed that female, history of blood transfusion, pregnancy, thalassemia, thyroid disease, liver failure, severe pneumonia and thrombocytopenia were risk factors for positive platelet antibody (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** For female patients, those with a history of blood transfusion, pregnancy, and those diagnosed with thrombocytopenia, liver failure, pneumonia,

收稿日期: 2024-11-04

基金项目: 国家自然科学基金 (81974004); 广州市科技计划项目 (202206010795)

作者简介: 赖培斌, 技师, 研究方向: 血小板抗体检测与临床应用, E-mail: laipb@mail.sysu.edu.cn; 邹勇, 通信作者, 主任技师, 研究方向: 输血相关性免疫调节, E-mail: zouyong@mail.sysu.edu.cn

thalassemia, or thyroid disease, platelet antibody screening should be highly valued before platelet or red blood cell transfusion, aiming to prevent ineffective platelet transfusion and reduce adverse transfusion reactions.

**【Key words】** Platelet; Platelet antibody; Platelet transfusion; Platelet antibody positive rate

血小板在止血、血栓形成、促进血管修复、免疫调节和组织再生等方面发挥着重要功能。当机体在妊娠、输血、患有自身免疫疾病、发生药物反应或病毒感染时可能产生血小板抗体如人类白细胞抗原 (human leukocyte antigen, HLA) 抗体、血小板特异性抗原 ((human platelet antigen, HPA) 抗体 (HPA 抗体) 和 CD36 抗体, 从而导致免疫性血小板输注无效 (post-transfusion purpura, PTR)、胎儿和新生儿同种免疫性血小板减少症 (fetal and neonatal alloimmune thrombocytopenia, FNAIT)、非溶血性发热性输血反应 (febrile non-hemolytic transfusion reaction, FNHTR)、输血后紫癜 (post-transfusion purpura, PTP) 等<sup>[1-6]</sup>。因此, 输血前进行患者血小板抗体筛查对预防血小板输注无效和减少血小板输注引起的输血反应具有重要的临床意义, 但目前该方面的临床研究较少。本研究回顾性分析了不同患者类型、不同疾病类型 (包括肝衰竭和甲状腺疾病等) 中血小板抗体的阳性率分布, 探讨了血小板抗体产生与患者类型、输血、妊娠和疾病类型的相关性, 为临床输血前进行血小板抗体筛查, 提高血小板输注疗效和降低临床输血反应提供更为全面的参考依据。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

采用回顾性研究方法, 选取 2020 年 6 月至 2024 年 6 月在中山大学附属第三医院急诊和住院输血的 27 239 例患者, 其中男 11 569 例、女 15 670 例, 年龄为 (48.4 ± 17.9) 岁。排除标准: 无血型记录、病历资料不完整。本研究已获得中山大学附属第三医院伦理委员会的批准 (批件号: 医伦 II2024-302-01), 并获豁免患者知情同意。

### 1.2 主要试剂与仪器

IH-1000 全自动血型分析仪 (美国伯乐公司), ID-Centrifuge 12S II 卡式离心机 (美国伯乐公司), 配套所用血型分析稀释液、ABO 及 Rh (D) 血型检测卡 (美国伯乐公司); 单克隆抗 -A、抗 -B 标准血清 (上海血液生物医药有限责任公司);

L3-5K 台式低速离心机、D8H 低速离心机 (湖南可成仪器设备有限公司); 荷兰三昆血小板抗体检测试剂盒 (固相凝集法), 包含血小板特异性单克隆抗体固相血小板抗体试验 (monoclonal antibody solid phase platelet antibody test, MASPAT) 微孔板、血小板抗体筛检细胞、低离子强度溶液、血小板抗体特异性的阳性质控, 不包含血小板特异性抗体的阴性质控, 抗 IgG 特异性鼠单克隆抗体, MASPAT 0.3% 致敏指示红细胞, 磷酸盐缓冲液 (phosphate buffered saline, PBS)。

## 1.3 方法

### 1.3.1 血型检测

用 EDTA-K2 抗凝管采集患者 2~3 mL 静脉血, 1 500 × g 离心 10 min, 以免纤维蛋白残余干扰反应结果。离心后上机进行 ABO 和 Rh (D) 血型鉴定, 正反定型不符的样本进行微柱凝胶法手工法和试管法进行复查或结合患者临床疾病特征进行鉴定。微柱凝胶法手工法步骤如下: 压积红细胞 25 μL 或全血 50 μL 悬浮于 0.5 mL 伯乐 2 号稀释液中, 取 50 μL A1 型和 B 型标准细胞 (0.8%) 分别加入 A1 管和 B 管中, 取 50 μL 血浆或血清加入 A1 和 B 管中, 取 10 μL 5% 样本红细胞加入 A-B-D-Ctl 管中。伯乐卡式专用离心机 (ID-Centrifuge 12S II) 离心 10 min。判读并记录结果。

### 1.3.2 血小板抗体检测

用 EDTA-K2 抗凝管采集患者 2~3 mL 静脉血, 3 000 转 / 分离心 10 min 取上清液进行检测, 检测前将所有试剂恢复至室温, 检测步骤简述如下: 每个微孔板加入 50 μL 筛选血小板抗原, 50 ref 离心 5 min, 使血小板固定到微孔板表面; 用 150 μL 的 PBS/Tween 0.005% 手工洗板 3 次, 去除未结合的血小板。然后将 100 μL 低离子强度溶液 (low ionic strength solution, LISS) 和 50 μL 患者血清或阴阳性对照依次加入相应的微孔中孵育, 如果患者血清中存在血小板抗体 (HLA 抗体或 HPA 抗体) 将会与固定在微孔板底部的血小板单细胞层结合。将微孔板在 37 °C 孵育 30 min, 用 150 μL 的 PBS/Tween 0.005% 手工洗板 5 次。加入鼠单克隆抗人 IgG 和人 IgG 致敏红细胞 (MASPAT 指示红细胞)

后,通过离心微孔板的方法检测血小板结合抗体。结果判读:阳性或者弱阳性反应显示为微孔底部形成一层指示红细胞,表明血清中存在 HPA 和(或)HLA 特异性抗体;阴性反应显示为指示红细胞在微孔板底部形成纽扣状,表明血清中不存在血小板抗体或 HLA 特异抗体。

#### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 进行数据分析,计数资料以  $n$  (%) 表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。以因变量为血小板抗体是否阳性(阴性=0,阳性=1),自变量为性别(男=0,女=1)、输血史(有=1,无=0)、妊娠(是=1,无=0)及各病种,年龄以 0~10 岁作为参照进行二分类 Logistic 回归分析血小板抗体阳性的影响因素。双侧  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 血小板抗体检测结果的人群分布特征

27 239 例就诊患者中,检出血小板抗体阳性为 1 064 例,阴性为 26 175 例,血小板抗体阳性率为 3.91%。其中男性患者有 11 569 例,血小板抗体阳性率为 2.41%,女性患者有 15 670 例,血小板抗体阳性率为 5.01%,比较差异有统计学意义( $P < 0.001$ );年龄 $\leq 10$  岁患者的血小板抗体阳性率为 9.19%,年龄 21~40 岁患者的血小板抗体阳性率为 5.46%,各年龄段比较差异有统计学意义( $P < 0.001$ );有输血史患者的血小板抗体阳性率为 9.07%,无输血史患者的血小板抗体阳性率为 3.45%,比较差异有统计学意义( $P < 0.001$ );不同血型患者的血小板抗体阳性率比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。

### 2.2 筛查出血小板抗体阳性的临床科室分布特征

筛查血小板抗体阳性率最高的科室为急诊内科 10.33%,住院患者中以血液内科最高,为 8.82%,其次为产科(7.68%)、重症医学科(7.50%)、感染科(7.47%)、儿科(7.19%)、风湿免疫科(7.10%)、神经内科(4.86%)、肿瘤内科(3.70%)等科室。见表 2。

### 2.3 筛查出血小板抗体阳性患者的疾病分布特征

在疾病分布中,地中海贫血患者的血小板抗体的阳性率最高(16.33%),其次为再生障碍性贫血(13.64%)、瘢痕子宫(11.97%)、甲状腺疾

表 1 就诊患者血小板抗体筛查结果人群分布特征

Table 1 Population distribution characteristics of platelet antibody screening results for patients seeking medical treatment

特征	$n$	阳性例数	阳性率/%	$\chi^2$ 值	$P$ 值
总体	27 239	1 064	3.91		
性别				119.67	<0.001
男	11 569	279	2.41		
女	15 670	785	5.01		
年龄				123.83	<0.001
$\leq 10$ 岁	359	33	9.19		
11~20 岁	558	19	3.41		
21~40 岁	9 074	495	5.46		
41~60 岁	9 065	283	3.12		
60 岁以上	8 183	234	2.86		
输血史				171.39	<0.001
有	2 216	201	9.07		
无	25 023	863	3.45		
血型				7.26	0.064
A	7 434	270	3.63		
B	6 837	267	3.91		
O	11 120	469	4.22		
AB	1 848	58	3.14		

表 2 不同科室就诊患者血小板抗体筛查结果

Table 2 Platelet antibody screening results of patients visited in different departments

科室	$n$	阳性例数	阳性率/%
急诊内科	813	84	10.33
血液内科	431	38	8.82
产科	5 037	387	7.68
重症医学科	747	56	7.50
感染科	1 351	101	7.47
儿科	153	11	7.19
风湿免疫科	155	11	7.10
神经内科	144	7	4.86
肿瘤内科	81	3	3.70
心胸外科	1 453	32	2.20
其他	16 874	334	1.98

病(11.35%)和肝衰竭(10.86%)患者,见表 3。33 例年龄 $\leq 10$  岁血小板抗体阳性患儿疾病类型中,重症肺炎 8 例(24.2%),白血病 7 例(21.2%),肝胆疾病(胆道闭锁、胆管扩张、肝炎和肝衰竭)6 例(18.2%),血小板减少性紫癜 2 例(6.1%)。

### 2.4 血小板抗体阳性影响因素的多因素分析

二分类 Logistic 回归分析结果显示,女性、有输血史、妊娠状态、地中海贫血、甲状腺疾病、肝衰竭、重症肺炎、血小板减少是血小板抗体阳

表3 血小板抗体阳性患者的疾病分布

Table 3 Disease distribution of platelet antibody positive patients

病种	n	阳性例数	阳性率/%
地中海贫血	539	88	16.33
再生障碍性贫血	22	3	13.64
瘢痕子宫	117	14	11.97
甲状腺疾病	564	64	11.35
肝衰竭	580	63	10.86
重症肺炎	204	22	10.78
血小板减少	381	37	9.71
白血病	224	18	8.04
高危妊娠	354	28	7.91
系统性红斑狼疮	113	8	7.08

性的危险因素 ( $P < 0.05$ )。各年龄段分组中大于10岁的患者相对于0~10岁的患儿差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。见表4。

### 3 讨论

血小板输注已被广泛应用于治疗血小板减少或血小板功能障碍的患者。已有研究表明,输血次数、女性孕产史、炎症、肿瘤生长和转移、化学治疗、药物是血小板抗体产生的影响因素<sup>[7-11]</sup>。血小板表面主要表达2类抗原系统,一类是位于血

小板膜糖蛋白上的 HPA 抗原;另一类是血小板与其他细胞或组织共有的非特异性血小板抗原,包括 HLA 抗原系统、红细胞 ABH、Lewis、CD36 抗原等<sup>[12]</sup>。这些抗原在血小板参与免疫调节和输血反应中发挥重要作用。血小板抗体主要有2种类型:一种是抗 HLA-I 类抗原的抗体,另一种是抗血小板膜糖蛋白抗原的血小板特异性抗体<sup>[13]</sup>。血小板输注引起的输血反应,如 FNHTR、PTP 等和血小板输注无效,主要由免疫刺激产生 HLA 抗体和 HPA 抗体所致<sup>[14-16]</sup>。因此,输血前进行患者血小板抗体筛查对预防血小板输注无效和减少血小板输注引起的输血反应具有重要的临床意义。

此项回顾性研究显示,27 239 例患者中血小板抗体总阳性率为 3.91%,低于牛佳萌等<sup>[17]</sup>报道的 10.27% 和陆乐等<sup>[18]</sup>报道的 5.58%,这可能与选取的患者资料、人群和地域等因素有关。本研究在不同性别中比较血小板抗体阳性率,发现女性患者高于男性患者 (5.01% vs. 2.41%),这可能与女性妊娠、流产等因素产生血小板抗体有关。多项研究显示,妇女的妊娠次数与血小板抗体的产生存在一定的关联性。妊娠次数越多的妇女,血小板抗体的阳性率越高,妊娠次数和血小板抗体阳性率具有线性趋势,这一现象与妊娠期间的免疫调节和母-胎之间的免疫相容性相关<sup>[19-23]</sup>。在年

表4 血小板抗体阳性率影响因素的多因素 Logistic 分析

Table 4 Multi Logistic regression analysis of factors affecting platelet antibody positivity rate

影响因素	B	SE	Wald $\chi^2$	P	OR	OR 的 95% 置信区间	
						下限	上限
女性	0.632	0.083	58.420	<0.001	1.880	1.599	2.211
年龄			16.922	<0.001			
11~20 岁	-0.953	0.316	9.093	0.003	0.386	0.207	0.716
21~40 岁	-0.869	0.208	17.389	<0.001	0.419	0.279	0.631
41~60 岁	-0.794	0.199	15.986	<0.001	0.452	0.306	0.667
60 岁以上	-0.819	0.199	16.922	<0.001	0.441	0.298	0.651
输血史	1.178	0.096	149.743	<0.001	3.246	2.688	3.920
妊娠状态	0.765	0.109	49.108	<0.001	2.150	1.736	2.663
地中海贫血	0.988	0.130	57.622	<0.001	2.686	2.081	3.466
再生障碍性贫血	0.802	0.638	1.578	0.209	2.229	0.638	7.788
瘢痕子宫	0.505	0.294	2.961	0.085	1.657	0.932	2.946
甲状腺疾病	0.531	0.145	13.340	<0.001	1.700	1.279	2.260
肝衰竭	1.113	0.152	53.396	<0.001	3.044	2.258	4.103
重症肺炎	0.916	0.243	14.261	<0.001	2.499	1.554	4.020
血小板减少	0.603	0.180	11.150	0.001	1.827	1.283	2.602
白血病	0.215	0.269	0.637	0.425	1.239	0.731	2.100
常量	-3.300	0.199	276.280	<0.001	0.037		

注:各因素间不存在共线性。

龄组抗体分布中, 小于10岁儿童血小板抗体阳性率最高, 达到9.19% (33/359), 这可能与 $\leq 10$ 岁儿童免疫系统未成熟致同种免疫易感性高、高发血液病(白血病、血小板减少性紫癜)及反复输血暴露有关。本研究中, 33例小于10岁血小板抗体阳性儿童疾病类型以重症肺炎、白血病、肝胆疾病(胆道闭锁、胆管扩张、肝炎和肝衰竭)、血小板减少性紫癜为主要特征。其次为21~40岁年龄段, 血小板阳性率达到5.46%, 这显然与育龄期妇女多次妊娠和不良妊娠有关。有输血史患者血小板抗体阳性率高于无输血史患者(9.07% vs. 3.45%)。有研究显示, 多次输血的患者其血小板抗体的产生与输血次数呈正相关, 输血次数越多抗体强度越高<sup>[11, 24]</sup>, 输血达到5次以上的患者更容易产生血小板抗体<sup>[25]</sup>。

本研究中, 急诊内科的血小板抗体阳性率最高, 可能是与门诊输血患者中血液病<sup>[26-27]</sup>与地中海贫血<sup>[28]</sup>患者比例居多有关。在住院患者中, 血液内科患者血小板抗体阳性率最多, 其次是产科、重症医学科和感染科。二元 Logistic 多因素回归分析结果显示, 女性、有输血史、血小板减少、妊娠状态、肝衰竭、重症肺炎、甲状腺疾病和地中海贫血是产生血小板抗体的危险因素。在一些造血功能紊乱的血液疾病中, 骨髓中的造血干细胞异常增殖或分化可能导致异常的血小板生成或释放, 从而产生血小板同种抗体或自身抗体<sup>[26-27]</sup>。此外在一些炎症状态下, 炎症因子的释放和免疫细胞的异常活化也可以促进血小板抗体的生成。

此项研究还发现, 甲状腺疾病患者的血小板抗体阳性率高达11.35%, 这可能与甲状腺疾病尤其是自身免疫性甲状腺疾病(如Graves病和Hashimoto甲状腺炎)中甲状腺功能异常、免疫系统的异常活化、单克隆或寡克隆细胞扩增可能导致产生针对甲状腺和血小板抗原的抗体有关<sup>[29]</sup>。在一项与自身免疫性甲状腺疾病(autoimmune thyroid disease, AITD)相关的血小板减少症的发病机制研究中, Cordiano等<sup>[30]</sup>调查了18例伴血小板减少症的AITD患者、19例无血小板减少症的AITD患者以及22例无AITD临床表现的原发性自身免疫血小板减少性紫癜患者的血小板和甲状腺自身抗体的存在和特异性。结果显示, 在伴血小板减少症的AITD患者中检测到83%的患者存在血小板抗体, 在无血小板减少症的AITD患者中检测到10%的患者存在血小板抗体, 在原发性自身免疫

血小板减少性紫癜患者中检测到86%的患者存在血小板抗体。该研究显示, AITD和原发性自身免疫血小板减少性紫癜中具有相似血小板抗体阳性率和特异性, 甲状腺和血小板自身免疫存在交叉重叠, 其潜在的机制需要进一步深入研究。此外多次妊娠、胎儿和母体HLA和HPA不相合也均会产生血小板同种抗体, 可能导致免疫PTR、胎儿和新生儿同种免疫性血小板减少症、FNHTR等。因此, 为了提高血小板的输注疗效和减少输血不良反应, 在血小板或红细胞输注前进行血小板抗体(HLA抗体+HPA抗体)筛查就显得十分必要。若患者血小板抗体筛查阳性, 务必选择输注配型相合的血小板或输注白细胞去除的红细胞和血小板, 从而预防血小板输注无效和减少输血不良反应, 杜绝盲目输血。

综上所述, 本研究通过对大规模患者样本的血小板抗体筛查进行分析, 揭示了不同疾病状态下血小板抗体的产生规律和临床意义, 为免疫性血小板输注无效、胎儿和新生儿同种免疫性血小板减少症等相关疾病的诊断和预防提供了重要的参考依据。本研究的局限性在于, 由于回顾性设计, 未能区分患者的血小板HPA抗体和HLA抗体。未来的前瞻性研究将致力于区分这2类抗体, 并进一步实现HPA和HLA抗体的精细分型检测。

**利益冲突声明:** 本研究未受到企业、公司等第三方资助, 不存在潜在利益冲突。

## 参 考 文 献

- [1] 中国医师协会输血科医师分会, 中华医学会临床输血学分会. 血小板抗体检测专家共识 [J]. 临床输血与检验, 2020, 22(1): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2020.01.001. Chinese Medical Doctor Association Blood Transfusion Physicians Branch, Clinical Blood Transfusion Society of Chinese Medical Association. Expert consensus on platelet antibody detection [J]. J Clin Transfus Lab Med, 2020, 22(1): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2020.01.001.
- [2] HAN R, HE H C, ZHANG W N, et al. Investigation of the correlation between platelet antibodies and peripheral blood cytopenia in patients with hepatocellular carcinoma [J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 9705. DOI: 10.1038/s41598-024-60603-8.
- [3] SCHMIDT A E, REFAAI M A, COPPAGE M. HLA-mediated platelet refractoriness [J]. Am J Clin Pathol, 2019, 151(4): 353-363. DOI: 10.1093/ajcp/aqy121.
- [4] JUSKEWITCH J E, NORGAN A P, DE GOEY S R, et al. How

- do I ... manage the platelet transfusion-refractory patient [J]. *Transfusion*, 2017, 57 (12): 2828-2835. DOI: 10.1111/trf.14316.
- [5] INOUE H, SAKAMOTO R, NISHIMIYA H, et al. Minor impact of patient alloantibodies against human platelet antigen (HPA) -15 in the effectiveness of platelet transfusion: a pilot study [J]. *Transfusion*, 2021, 61 (3): 738-743. DOI: 10.1111/trf.16181.
- [6] KJAER M, BERTRAND G, BAKCHOUL T, et al. Maternal HPA-1a antibody level and its role in predicting the severity of Fetal/Neonatal Alloimmune Thrombocytopenia: a systematic review [J]. *Vox Sang*, 2019, 114 (1): 79-94. DOI: 10.1111/vox.12725.
- [7] LAMBERT M P, SULLIVAN S K, FUENTES R, et al. Challenges and promises for the development of donor-independent platelet transfusions [J]. *Blood*, 2013, 121 (17): 3319-3324. DOI: 10.1182/blood-2012-09-455428.
- [8] 柴华香, 罗梓瑜, 段爱志, 等. 血小板抗体产生的影响因素及临床输注效果的分析 [J]. *昆明医科大学学报*, 2023, 44 (9): 62-68. DOI: 10.12259/j.issn.2095-610X.S20230901. CHAI H X, LUO Z Y, DUAN A Z, et al. The analysis of influence factors on platelet antibody production and clinical transfusion effects [J]. *J Kunming Med Univ*, 2023, 44 (9): 62-68. doi: 10.12259/j.issn.2095-610X.S20230901.
- [9] 敬媛媛, 王洁, 李冬妹, 等. 免疫性血小板输注无效患者 HLA 和 / 或 HPA 抗体产生的影响因素分析 [J]. *临床输血与检验*, 2021, 23 (6): 723-728. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2021.06.011. JING Y Y, WANG J, LI D M, et al. Factors influencing development of HLA and/or HPA antibodies in patients with platelet refractoriness [J]. *J Clin Transfus Lab Med*, 2021, 23 (6): 723-728. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2021.06.011.
- [10] 吴燕, 涂欢, 詹廷西, 等. 输注血小板常见相关疾病的小血小板抗体阳性率及影响因素的回顾性研究 [J]. *中国输血杂志*, 2021, 34 (7): 735-738. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2021.07.016. WU Y, TU H, ZHAN T X, et al. Platelet antibody positive rate and influencing factors in common related diseases of platelet transfusion: a retrospective study [J]. *Chin J Blood Transfus*, 2021, 34 (7): 735-738. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2021.07.016.
- [11] 冯红梅, 蔡祥胜, 杨兆收, 等. 血小板抗体产生的影响因素分析 [J]. *广东药科大学学报*, 2019, 35 (5): 674-678. DOI: 10.16809/j.cnki.2096-3653.2019071001. FENG H M, CAI X S, YANG Z S, et al. Influencing factors of platelet antibody production [J]. *J Guangdong Pharm Univ*, 2019, 35 (5): 674-678. DOI: 10.16809/j.cnki.2096-3653.2019071001.
- [12] CURTIS B R, MCFARLAND J G. Human platelet antigens-2013 [J]. *Vox Sang*, 2014, 106 (2): 93-102. DOI: 10.1111/vox.12085.
- [13] HAYASHI T, HIRAYAMA F. Advances in alloimmune thrombocytopenia: perspectives on current concepts of human platelet antigens, antibody detection strategies, and genotyping [J]. *Blood Transfus*, 2015, 13 (3): 380-390. DOI: 10.2450/2015.0275-14.
- [14] KIEFEL V. Reactions induced by platelet transfusions [J]. *Transfus Med Hemother*, 2008, 35 (5): 354-358. DOI: 10.1159/000151350.
- [15] STOLLA M, REFAAI M A, HEAL J M, et al. Platelet transfusion the new immunology of an old therapy [J]. *Front Immunol*, 2015, 6: 28. DOI: 10.3389/fimmu.2015.00028.
- [16] 范成艳, 温玉洁, 张丹, 等. 免疫性血小板输注无效患者 HLA/HPA 抗体特性分析及其对血小板输注效果的影响 [J]. *临床输血与检验*, 2024, 26 (3): 353-358. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2024.03.009. FAN C Y, WEN Y J, ZHANG D, et al. Analysis of HLA/HPA antibody specificity and its impact on platelet transfusion outcomes in patients with immune platelet transfusion refractoriness [J]. *J Clin Transfus Lab Med*, 2024, 26 (3): 353-358. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2024.03.009.
- [17] 牛佳萌, 马婷, 陈欣悦, 等. 38840 例住院患者血小板抗体筛查分析 [J]. *细胞与分子免疫学杂志*, 2021, 37 (8): 736-740. DOI: 10.13423/j.cnki.cjcmi.009212. NIU J M, MA T, CHEN X Y, et al. Analysis of platelet antibody screening in 38840 inpatients [J]. *Chin J Cell Mol Immunol*, 2021, 37 (08): 736-740. DOI: 10.13423/j.cnki.cjcmi.009212.
- [18] 陆乐, 李平, 刘婷婷, 等. 不同性别、临床科室患者血小板抗体筛查结果分析 [J]. *国际检验医学杂志*, 2021, 42 (3): 263-265, 269. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2021.03.002. LU L, LI P, LIU T T, et al. Analysis of platelet antibody screening results in patients with different gender and clinical department [J]. *Int J Lab Med*, 2021, 42 (3): 263-265, 269. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2021.03.002.
- [19] 涂飞, 毕雅坤, 王应辉, 等. 妊娠期妇女血小板抗体检测结果的影响因素分析 [J]. *贵州医科大学学报*, 2024, 49 (2): 261-266. DOI: 10.19367/j.cnki.2096-8388.2024.02.015. TU F, BI Y K, WANG Y H. Analysis of influencing factors of platelet antibody test results in pregnant women [J]. *J Guizhou Med Univ*, 2024, 49 (2): 261-266. DOI: 10.19367/j.cnki.2096-8388.2024.02.015.
- [20] 王九菊, 张丽洁, 赵舒祺, 等. 血小板抗体与不良妊娠及妊娠次数的关联性分析 [J]. *中国输血杂志*, 2021, 34 (1): 32-34. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2021.01.010. WANG J J, ZHANG L J, ZHAO S Q, et al. Correlation analysis of platelet antibody between adverse pregnancy and the number of pregnancies [J]. *Chin J Blood Transfus*, 2021, 34 (1): 32-34. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2021.01.010.
- [21] 李娜, 魏华, 杨世明, 等. 妊娠次数及孕产妇血型增加血小板抗体阳性率 [J]. *细胞与分子免疫学杂志*, 2024, 40 (5): 443-446. DOI: 10.13423/j.cnki.cjcmi.009776. LI N, WEI H, YANG S M, et al. The number of pregnancies and maternal blood types increase the positive rate of platelet antibody [J]. *Chin J Cell Mol Immunol*, 2024, 40 (5): 443-446. DOI: 10.13423/j.cnki.cjcmi.009776.
- [22] 董青青, 叶光勇. 血小板抗体与不良孕产史及妊娠次数的关系 [J]. *临床血液学杂志*, 2023, 36 (12): 865-868. DOI:

- 10.13201/j.issn.1004-2806.2023.12.005.
- DONG Q Q, YE G Y. Correlation analysis of platelet antibodies with adverse pregnancy outcome history and number of pregnancies [J]. *J Clin Hematol (China)*, 2023, 36 (12): 865-868. DOI: 10.13201/j.issn.1004-2806.2023.12.005.
- [23] 张文丽, 宗朋, 周鸿晨, 等. 孕妇孕期血小板抗体筛查的影响因素分析 [J]. *中国输血杂志*, 2021, 34 (1): 34-36. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2021.01.011.
- ZHANG W L, ZONG P, ZHOU H C, et al. Influencing factors of platelet antibody screening in pregnant women [J]. *Chin J Blood Transfus*, 2021, 34 (1): 34-36. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2021.01.011.
- [24] 杨乾坤, 陈李影慧. 多次输血患者血小板抗体检测与血小板输注疗效相关性研究 [J]. *中国输血杂志*, 2017, 30 (12): 1363-1365. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2017.12.014.
- YANG Q K, CHEN L Y H. Platelet antibody tests and the platelet transfusion efficacy analysis on patients with multiple transfusion [J]. *Chin J Blood Transfus*, 2017, 30 (12): 1363-1365. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2017.12.014.
- [25] 李娜, 杨世明, 富文达, 等. 自身免疫性疾病和多次输血增加患者血小板抗体阳性率 [J]. *细胞与分子免疫学杂志*, 2023, 39 (3): 258-260. DOI: 10.13423/j.cnki.cjemi.009552.
- LI N, YANG S M, FU W D, et al. Autoimmune diseases and multiple blood transfusions increase the positive rate of platelet antibody in patients [J]. *Chin J Cell Mol Immunol*, 2023, 39 (3): 258-260. DOI: 10.13423/j.cnki.cjemi.009552.
- [26] 许云波, 张静. 血液病反复输血患者血小板抗体、交叉配型结果与血小板输注效果的相关性分析 [J]. *国际检验医学杂志*, 2020, 41 (3): 323-326. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2020.03.017.
- XU Y B, ZHANG J. Correlation analysis of platelet antibody, cross matching and platelet transfusion in patients with hematopathy [J]. *Int J Lab Med*, 2020, 41 (3): 323-326. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2020.03.017.
- [27] 尚倩文, 谭斌, 彭卓越, 等. 血液病患者血小板抗体检测及血小板输注疗效评估 [J]. *中国输血杂志*, 2022, 35 (10): 1023-1027. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2022.10.007.
- SHANG Q W, TAN B, PENG Z Y, et al. Detection of platelet antibody and evaluation of platelet transfusion efficacy in patients with hematologic disease [J]. *Chin J Blood Transfus*, 2022, 35 (10): 1023-1027. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2022.10.007.
- [28] 陈瑞明, 熊敏, 肖颖, 等. 血小板抗体检测在地中海贫血治疗中的应用研究 [J]. *临床医药实践*, 2023, 32 (3): 173-177. DOI: 10.16047/j.cnki.cn14-1300/r.2023.03.008.
- CHEN R M, XIONG M, XIAO Y, et al. Application of platelet antibody detection in the treatment of thalassemia [J]. *Proceeding Clin Med*, 2023, 32 (3): 173-177. DOI: 10.16047/j.cnki.cn14-1300/r.2023.03.008.
- [29] VAN DER HARST D, JONG D D, LIMPENS J, et al. Clonal B-cell populations in patients with idiopathic thrombocytopenic purpura [J]. *Blood*, 1990, 76 (11): 2321-2326.
- [30] CORDIANO I, BETTERLE C, SPADACCINO C A, et al. Autoimmune thrombocytopenia (AITP) and thyroid autoimmune disease (TAD): overlapping syndromes [J]. *Clin Exp Immunol*, 1998, 113 (3): 373-378. DOI: 10.1046/j.1365-2249.1998.00677.x.
- (责任编辑: 林燕薇)