

孕妇输血后不良反应的影响因素及预测模型构建与分析*

陈雪梅 贺小艳 唐华

(电子科技大学医学院附属绵阳医院·绵阳市中心医院输血科, 四川 绵阳 621000)

【摘要】 目的 探讨孕妇输血后不良反应的影响因素及预测模型的构建。方法 纳入我院 2021 年 1 月—2022 年 12 月输血前使用不规则抗体筛查(IAS)和 2019 年 1 月—2020 年 12 月输血前未使用 IAS 的有输血记录的孕妇 3 960 例,按照输血后是否发生过敏、溶血等不良反应分为发生组($n=80$)和未发生组($n=3 880$),获取所有患者的基本信息及临床资料,利用 Logistic 回归分析筛选孕妇输血后发生不良反应的独立危险因素,并采用 R 软件建立列线图预测模型,同时考察输血前行 IAS 对输血不良反应的影响。结果 发生输血不良反应孕妇共 80 例(2.02%),其中过敏反应 45 例(1.14%)、发热反应 27 例(0.68%)、迟发性溶血反应 8 例(0.20%)。通过对两组患者一般临床资料行 Logistic 回归分析可知,年龄、输血史、输血次数、血液成分、输血量、IAS 为孕妇输血后发生不良反应的独立危险因素($P<0.05$),均与孕妇输血后发生不良反应高度相关。基于年龄、输血史、输血次数、血液成分、输血量、IAS 6 项孕妇输血后发生输血不良反应(BTAR)的独立危险因素,建立列线图预测模型,C-index 指数高达 0.850(95%CI:0.808~0.892),预测效能良好。同时,结果还显示,使用 IAS 组较未使用 IAS 组孕妇过敏、发热、迟发性溶血等 BTAR 发生率明显降低($P<0.05$)。结论 对进行输血的孕妇,提高 IAS 筛查率,以降低孕妇输血后不良反应风险,及时考虑高龄、存在输血史、输血次数、血液成分和输血量等因素,采用列线图个体化预测输血孕妇的概率,具有较高的应用前景。

【关键词】 列线图;孕妇;输血;风险模型

【中图分类号】 R457.1+3 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2025.10.025

The influencing factors and prediction model construction and analysis of adverse reactions in pregnant women after blood transfusion

CHEN Xuemei, HE Xiaoyan, TANG Hua

(Blood Transfusion Department, Mianyang Central Hospital, Mianyang Hospital Affiliated to the School of Medicine, University of Electronic Science and Technology of China, Mianyang 621000, Sichuan, China)

【Abstract】 **Objective** To explore the establishment of an individualized prediction model for the risk of adverse reactions in pregnant women after blood transfusion using column charts. **Methods** 3 960 pregnant women with blood transfusion records who underwent irregular antibody screening(IAS) before blood transfusion from January 2021 to December 2022 and those who did not undergo IAS before blood transfusion from January 2019 to December 2020 were divided into an occurrence group and a non-occurrence group according to whether adverse reactions such as allergies and hemolysis occurred after blood transfusion. Basic information and clinical data of all patients were retrieved, and logistic regression analysis was used to screen independent risk factors for adverse reactions in pregnant women after blood transfusion. A column chart prediction model was established using R software, and the effect of IAS before blood transfusion on adverse reactions was examined. **Results** A total of 80 cases (2.02%) experienced adverse reactions to blood transfusion, including 45 cases (1.14%) of allergic reactions, 27 cases(0.68%) of febrile reactions, and 8 cases (0.20%) of delayed hemolytic reactions. Through logistic regression analysis of general clinical data of two groups of patients, it was found that age, history of blood transfusion, frequency of blood transfusion, blood composition, transfusion volume, IAS were independent risk factors for adverse reactions in pregnant women after blood transfusion ($P<0.05$), all of which were highly correlated to the incidence of adverse reactions. A column chart prediction model was established based on six

基金项目:四川省绵阳市卫生健康委课题(201984)

引用本文:陈雪梅,贺小艳,唐华.孕妇输血后不良反应的影响因素及预测模型构建与分析[J].西部医学,2025,37(10):1539-1543. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2025.10.025

independent risk factors for BTAR in pregnant women after blood transfusion, including age, transfusion history, transfusion frequency, blood composition, transfusion volume, and IAS. The C-index was as high as 0.850(95% CI: 0.808-0.892), indicating good predictive performance. At the same time, the results also showed that the incidence of BTAR, such as allergies and fever, was significantly reduced in pregnant women who used IAS compared to those who did not use IAS($P < 0.05$). **Conclusion** IAS screening should be performed on pregnant women who are elderly, having a history of blood transfusion, a high frequency of blood transfusion, a high blood composition and volume, in order to reduce the risk of adverse reactions after blood transfusion.

【Key words】 Column chart; Pregnant woman; Blood transfusion; Risk model

输血作为妇产科治疗孕妇术前贫血和术中大出血的最主要手段,至今已发展 100 多年^[1]。虽然输血可以挽救患者生命,但因血液成分具有高度的多样性和复杂性,以及患者个体差异的存在,往往输血后易发生过敏、溶血以及寒颤等输血不良反应(Blood transfusion adverse reaction, BTAR)^[2]。Yangdon 等^[3] 研究报道了不丹一家三级医院 BTAR 情况,在 19 961 单位血液及成分输血中,有 120 例发生 BTAR(0.60%);其中红细胞输血相关不良反应占 83%,发生率约为 0.50%,以非溶血性发热反应最为常见。国内也有文献^[4-6] 显示,我国三甲医院 BTAR 的发生率约为 0.39%~10.3%。在所有报道的 BTAR 中,发热反应是最常见的一种,发生率约为 2.9%,占总 BTAR 的 52.1%。近年来,随着医学不断进步,BTAR 的发生率有了明显下降,但也有研究^[7] 发现,BTAR 在孕妇中的发病率仍较高,尤其是由不规则抗体诱导的迟发性溶血性输血反应在孕妇中的发生率可达 23.9%。孕妇作为一个特殊的群体,其免疫系统和生理状态的变化使其在输血过程中面临更高的风险。研究^[8] 表明,孕妇在输血后发生不良反应的风险高于普通人群,这可能与妊娠期间免疫系统的调节变化、荷尔蒙水平的波动以及胎儿-母体界面的免疫耐受机制有关。由于孕妇特殊的生理环境,一旦发生 BTAR 易造成严重的不良事件甚至死亡,因此,找出影响孕妇输血后发生 BTAR 的危险因素并作出定量的评估和早期干预具有非常重要的意义。不规则抗体(Irregular antibody, IA)是抗-A、抗-B(即 ABO 血型)以外的血型抗体(如 MNSs, Rh, Lewis 等),最新研究^[9] 发现,IA 是导致交叉配血困难、BTAR 以及新生儿溶血的重要因素。随着输血技术和设备的进步,不规则抗体筛查(Irregular antibody screening, IAS)已被广泛应用于临床实践中,显著提高了输血的安全性和有效性。IAS 通过识别患者血液中的不规则抗体,这些抗体可能导致输血不良反应,如溶血反应和发热反应^[10]。IAS 可显著降低新生儿溶血的发生率,但其在 BTAR 相关报道尚较少。为此,本研究通过获取我院 3 960 例输血孕妇基本信息及手术资料,筛选出孕妇输血后发

生 BTAR 的独立危险因素,建立列线图预测模型,同时探讨 IAS 与 BTAR 相关性,为 IAS 的临床应用提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入我院 2021 年 1 月—2022 年 12 月输血前使用 IAS($n=1\ 973$)和 2019 年 1 月—2020 年 12 月输血前未使用 IAS($n=1\ 987$)的有输血记录的孕妇 3 960 例作为研究对象,根据输血后是否发生过敏、溶血等不良反应分为发生组($n=80$)和未发生组($n=3\ 880$)。纳入标准:①符合临床输血适应症。②符合《临床输血学检验》中对 BTAR 的判定标准^[11]。③临床资料完整。④均获得患者知情同意。排除标准:①其他血液制品(除 RBC、血浆、血小板、冷沉淀)引起的 BTAR。②因各种原因失访者。

1.2 观察指标 获取所有纳入患者的一般基本信息资料,并做回顾性分析。一般临床资料包括年龄、妊娠史、输血史、BMI、高血压、高血脂、血型、输血次数(在我院剖宫产或术前贫血输血次数)、血液成分、输血量、输血时间间隔(从发血到用血时间间隔)、IAS,以上危险因素存在于 BTAR 发生前。

1.3 统计学分析 将所有患者试验数据纳入 SPSS 20.0 软件进行统计分析,利用 t 检验对计量资料(采用均数±标准差描述)进行分析,计数资料采用卡方检验。采用 Logistic 回归对独立危险因素进行筛选,采用 R(R3.6.0)软件对筛选出的独立危险因素建立列线图模型,并应用 rms 程序包和 Bootstrap 法对列线图预测模型进行验证,计算一致性指数(C-index)、制作 ROC 曲线。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组基本信息资料单因素分析 两组 BMI、高血压、高血脂、血型均差异无统计学意义($P > 0.05$),两组年龄、妊娠史、输血史、输血次数、血液成分、输血量、输血时间间隔、IAS 差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。

2.2 多因素 Logistic 回归分析结果 根据发生组与未发生组一般基本信息资料对比结果,对年龄、妊娠史、输血史、输血次数、血液成分、输血量、输血时间间

表 1 两组基本信息资料单因素分析 [$\bar{x} \pm s, n(\times 10^{-2})$]

Table 1 Univariate analysis of basic information of the two groups

项目	发生组 (n=80)	未发生组 (n=3 880)	统计值	P
年龄(岁)	31.16±2.96	29.05±2.78	t=6.711	<0.001
妊娠史			$\chi^2=6.225$	0.013
有	62(77.5)	2 483(63.99)		
无	18(22.5)	1 397(36.01)		
输血史			14.496	<0.001
有	71(88.75)	2 674(68.92)		
无	9(11.25)	1 206(31.08)		
BMI(kg/m ²)			$\chi^2=0.004$	0.951
≥25	41(51.25)	2 002(51.60)		
<25	39(48.75)	1 878(48.40)		
高血压			$\chi^2=0.052$	0.819
是	29(36.25)	1 455(37.50)		
否	51(63.75)	2 425(62.50)		
高血脂			$\chi^2=3.447$	0.063
是	38(47.5)	1 449(37.34)		
否	42(52.5)	2 431(62.65)		
输血次数(次)			$\chi^2=12.316$	<0.001
>2	69(86.25)	2 630(67.78)		
≤2	11(13.75)	1 250(32.22)		
血液成分			$\chi^2=73.875$	<0.001
RBC	39(48.75)	2 502(64.48)		
血浆	7(8.75)	426(10.98)		
血小板	32(40)	402(10.36)		
冷沉淀	2(2.5)	550(14.18)		
输血量(mL)			$\chi^2=8.510$	0.004
>1 600	26(32.50)	1 900(48.97)		
≤1 600	54(67.50)	1 980(51.03)		
血型			$\chi^2=0.250$	0.969
A	26(32.50)	1 235(31.83)		
B	17(21.25)	914(23.56)		
O	30(37.50)	1 390(35.82)		
AB	7(8.75)	341(8.79)		
输血时间间隔(min)			$\chi^2=4.250$	0.039
>30	38(47.50)	1 408(36.29)		
≤30	42(52.50)	2 472(63.71)		
IAS			$\chi^2=14.504$	<0.001
是	23(28.75)	1 950(50.26)		
否	57(71.25)	1 930(49.74)		

隔、IAS 作二元 Logistic 回归分析,结果表明,妊娠史、输血时间间隔 P 值>0.05,因此予以剔除,筛选出年龄、输血史、输血次数、血液成分、输血量、IAS 为孕妇发生输血不良反应的独立危险因素(P<0.05)。见表 2。

表 2 多因素 Logistic 回归分析结果

Table 2 Results of multivariate logistic regression analysis

因素	回归系数	标准误	Wald	P	OR	95%CI	
						上限	下限
年龄	-3.893	1.020	14.554	<0.001	0.020	0.003	0.151
输血史	-2.692	0.657	16.783	<0.001	0.068	0.019	0.246
输血次数	2.214	0.687	10.385	0.001	9.152	2.381	35.179
血液成分	-3.735	1.123	11.056	0.001	0.024	0.003	0.216
输血量	4.366	0.884	24.406	<0.001	78.757	13.930	445.266
IAS	6.284	1.343	21.900	<0.001	535.766	38.550	7 446.011
Constant	-1.677	0.212	62.557	<0.001	0.187		

2.3 预测孕妇发生输血不良反应的列线图风险模型的建立 本研究基于年龄、输血史、输血次数、血液成分、输血量、IAS 6 项孕妇发生输血不良反应的独立危险因素,建立预测孕妇发生输血不良反应风险的列线图模型(见图 1)。Calibration 验证结果显示,预测值与实测值曲线拟合度较高,说明该预测模型预测效能良好(见图 2);同时 Bootstrap 内部验证验证结果显示,C-index 指数高达 0.850(95%CI:0.808~0.892),提示该模型精准度和区分度较好(见图 3),说明本研究列线图模型具有良好的精准度和区分度。

2.4 IAS 对 BTAR 发生率的影响 使用 IAS 组过敏、发热、迟发性溶血等 BTAR 发生率为 11.66%,与未使用 IAS 组的 28.69%相比 BTAR 发生率明显降低(P<0.05)(见表 3)。在使用 IAS 组中共发生输血不良反应 80 例(2.02%),其中过敏反应 45 例(1.14%)、发热反应 27 例(0.68%)、迟发性溶血反应 8 例(0.20%)(见表 4)。以上数据表明,使用 IAS 能显著降低各类输血不良反应的发生率,差异有统计学意义(P<0.05)。

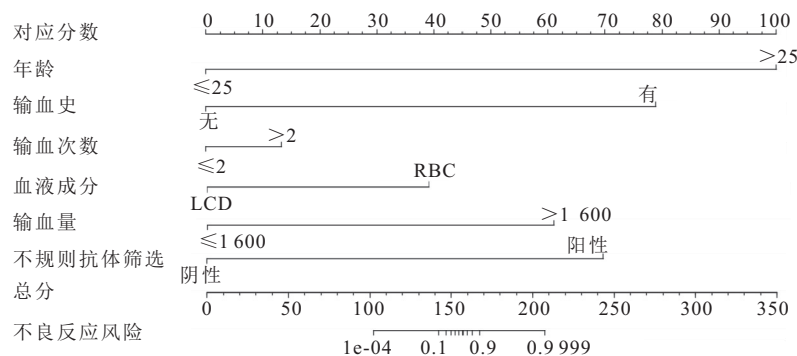


图 1 预测孕妇发生输血不良反应的列线图风险模型建立

Figure 1 Establishment of anomogram risk model for predicting adverse reactions to blood transfusion in pregnant women

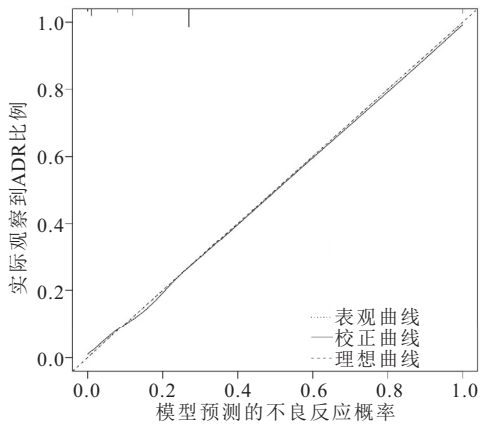


图 2 列线图模型预测孕妇发生输血不良反应的校正曲线

Figure 2 Correction curve of line chart model for predicting adverse reactions to blood transfusion in pregnant women

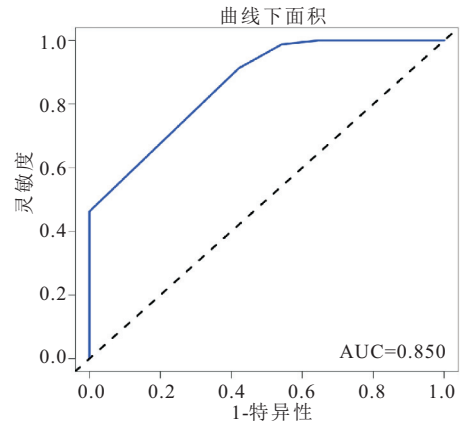


图 3 列线图模型预测孕妇发生输血不良反应的 ROC 曲线

Figure 3 ROC curve of the nomogram model for predicting adverse reactions to blood transfusion in pregnant women

表 3 IAS 对 BTAR 发生率的影响 [$n(\times 10^{-2})$]

Table 3 The impact of IAS on the incidence of BTAR

组别	n	过敏	发热	迟发性溶血	发生率	χ^2	P
使用 IAS 组	1 973	14(0.71)	8(0.41)	1(0.05)	23(1.17)	$\chi^2=14.504$	<0.001
未使用 IAS 组	1 987	31(1.56)	19(0.96)	7(0.35)	57(2.87)		
合计	3 960	45(1.14)	27(0.68)	8(0.20)	80(2.02)		

表 4 IAS 与 BTAR 发生率相关性分析

Table 4 Analysis of the correlation between IAS and the incidence of BTAR

类别	未使用 IAS 组 (n=1 987)	使用 IAS 组 (n=1 973)	统计值	P
过敏			$\chi^2=6.618$	0.010
有	14(0.71)	31(1.57)		
无	1 973(99.29)	1 942(98.43)		
发热			4.591	0.032
有	8(0.40)	19(0.96)		
无	1 979(99.60)	1 954(99.04)		
迟发性溶血			$\chi^2=4.552$	0.033
有	1(0.05)	7(0.35)		
无	1 986(99.95)	1 966(99.65)		

3 讨论

自 1998 年《献血法》实施以来,我国人民献血率有了极大提高,已达 8.7%,但与临床需要仍存在较大差距^[12]。为保障患者治疗,成分输血因其具有使用率高、纯度好、浓度佳、体积小等优势逐渐代替全血,成为临床上主要的输血方法。本研究 3 960 例输血孕妇中使用成分输血率为 100%,发生 BTAR 数为 80 例,占 2.02%,与胡丽华等^[13]发布的 BTAR 发生率为 1%~10% 结果类似,但高于国内高于其他研究报道的 BTAR 发生率 0.58%^[14],这可能与本文仅以孕妇为研究对象有关。BTAR 的类型较多,包括溶血、发热以及过敏等,本研究中 BTAR 主要以过敏反应最多,占有 BTAR 患者的 56.25%,明显高于发热反应的 33.75%,这与赵小燕等^[5]报道的 62.32%、周鹏^[6]报道的 81.22% 以及甘珊^[15]报道的 85.40% 相类似。发热反应占比下降的原因,可能与本院近年来提高滤除

白细胞过滤器和洗涤红细胞使用率有关,以上方法大幅降低了血液制品中的白细胞,可有效降低白细胞引发的发热反应。

影响 BTAR 发生的危险因素较多,目前已被证实的包括高龄、输血次数增多、输血量增加等^[16-18]。本研究根据既往研究报道的输血后发生 BTAR 的危险因素,通过调取患者的一般基本信息及术中病例资料,较为全面筛选出输血孕妇发生 BTAR 的独立危险因素。结果显示,年龄、输血史、输血次数、血液成分、输血量、IAS 为孕妇发生 BTAR 的独立危险因素。因此,早期了解患者年龄和输血史等基本信息、严格掌握患者适应症选择合适的血液制品、尽可能减少输血量等对控制 BTAR 的发生具有重要意义。

本研究中输血量 < 1 600 mL 的 BTAR 发生率为 1.35% 远低于输血量 \geq 1 600 mL 的 2.65%,提示输血量越多,发生 BTAR 的几率越大。查阅患者资料发现,输血量 \geq 1 600 mL 组孕妇的输血记录中,除输注红细胞外,还往往包括血浆、血小板、冷沉淀等血液制品,目的是来补充机体损伤的血小板、凝血因子等^[19],因而导致过敏、发热等 BTAR 发生率较高;而输血量 < 1 600 mL 组孕妇一般输血成分较为单一,常以输注 RBC 为主,合并输注其他血液制品的情况较少,因此 BTAR 发生率较低。输血次数是导致 BTAR 发生的另一种危险因素,大量研究^[20-21]表明,初次输注血液制品后,机体会因免疫反应分泌大量同种异体抗体,当再次遇到触发抗原时,会激活机体免疫反应,诱导白细胞裂解,从而导致致热源释放,发生发热反应,因

此多次输血也是与 BTAR 发生密切相关。因此,临床在需多次输血时,可选择使用白细胞滤器,减少发热反应的发生。IAS 是导致 BTAR 另一主要危险因素,研究发现,IA 诱导的 BTAR 存在滞后性,一般在 1~4 周才显现,因而容易被误诊,对于多次,大量输血的患者危害较大^[22]。有研究^[23]表明,正常人群 IA 的阳性率为 0.3%~2.0%,而孕妇患者的 IA 阳性率达 5.2%~23.9%。同时,有研究^[24]表明,对于 IA 抗体阳性患者每输注 1IU 血液制品会增加 1.0%~1.6%致敏风险,对于多次输血患者,致敏风险高达 20.0%。因此,提高孕妇的 IAS 筛查率,对降低 BTAR 发生具有重要意义。列线图又称诺莫图(Nomogram 图),是一种在多因素回归分析基础上同时将多个预测指标整合后使用带有刻度的线段绘制在同一平面上的图形,常被用于表达预测模型中各变量之间的关系^[21]。

本研究中构建的预测模型,旨在评估孕妇输血后不良反应的风险。该模型综合了孕妇的年龄、输血史、输血次数、血液成分、输血量以及不规则抗体筛查等多个独立危险因素,为临床提供了一个量化工具,以预测孕妇输血后发生不良反应的风险。这一工具的应用,不仅有助于医生在输血前做出更个体化的决策,还能指导临床对高风险孕妇进行更密切的监测和管理,从而降低输血不良反应的发生率。此外,医务人员可以根据每项危险因素的评分个体化预测老年 CC 患者术后发生组风险,及早的防患术后感染的发生。在模型的建立和验证过程,展示了列线图在预测模型构建中的实用性和有效性,这对于提高模型在临床实践中的接受度和应用率具有积极作用。随着未来更多数据的积累和模型的进一步优化,期待该模型能够在更广泛的临床场景中得到应用,为提高输血治疗的个体化和精准化做出贡献。

4 结论

对进行输血的孕妇,提高 IAS 筛查率,以降低孕妇输血不良反应发生风险。及时考虑年龄、输血史、输血次数、血液成分、输血量等因素,采用列线图个体化预测输血孕妇的概率,具有较高临床应用前景。

【参考文献】

- [1] 梁延连,张印则. RHD mRNA 剪接体与 RhD 抗原表达的相关性及其在输血及妊娠中的免疫应答研究[J]. 中国输血杂志, 2019, 32(1): 1-4.
- [2] BANGALORE S, TOKLU B, GIANOS E, *et al.* Optimal systolic blood pressure target after SPRINT: insights from a network meta-analysis of randomized trials[J]. *Am J Med*, 2017, 130(6): 707-719. e8.
- [3] YANGDON T, GETSHEN M, DORJI S, *et al.* Adverse blood transfusion reaction reporting at a tertiary care hospital, Bhutan[J]. *Global Journal of Transfusion Medicine*, 2023, 8(2):129-132.
- [4] 滕方,张燕,孙桂香,等. 我国三甲医院输血不良反应发生率的 Meta 分析[J]. 中国循证医学杂志, 2015, 15(3): 282-289.
- [5] 周鹏,王文萍,覃景. 上饶市区 3 年内输血不良反应的回顾分析[J]. 中国输血杂志, 2019, 32(1): 67-69.
- [6] 赵小燕,贺小艳,粟兵,等. 一家三甲医院输血不良反应的回顾性评估[J]. 中国输血杂志, 2018, 31(7): 773-775.
- [7] DAVIES H R, CADAR D, HERBERT A, *et al.* Hearing impairment and incident dementia: findings from the English longitudinal study of ageing[J]. *J Am Geriatr Soc*, 2017, 65(9): 2074-2081.
- [8] PATTERSON J A, ROBERTS C L, BOWEN J R, *et al.* Blood transfusion during pregnancy, birth, and the postnatal period[J]. *Obstet Gynecol*, 2014, 123(1): 126-133.
- [9] BERESNEV I A. Factors controlling high-frequency radiation from extended ruptures[J]. *J Seismol*, 2017, 21(5): 1277-1284.
- [10] 孟莉. 不规则抗体检测在临床输血中的意义[J]. 实验与检验医学, 2023, 41(4): 523-525.
- [11] 姜晓星,戴健敏,陈瑞明,等. 医学检验专业临床输血学 PBL 教学调查与分析[J]. 中国输血杂志, 2017, 30(7): 801-803.
- [12] 王红,吴大洲,张薇薇,等. Mur 基因分型方法的建立及西安地区无偿献血者的频率分布[J]. 中国输血杂志, 2018, 31(4): 374-376.
- [13] 胡丽华,余忠清,曹奎杰,等. 黄疸患儿 ABO、Rh 新生儿溶血病发病率的调查[J]. 中国输血杂志, 2000, 13(2): 120.
- [14] 徐燕娜,纪勇平,杨慧,等. 常见输血不良反应发生率及相关危险因素探讨[J]. 中国卫生检验杂志, 2019, 29(6): 757-759.
- [15] 甘珊,王佳,徐春芬,等. 130 例儿童输血不良反应回顾性分析[J]. 中国输血杂志, 2018, 31(8): 865-867.
- [16] ALBANO D, BERTAGNA F, PANAROTTO M B, *et al.* Early and late adverse effects of radioiodine for pediatric differentiated thyroid cancer[J]. *Pediatr Blood Cancer*, 2017, 64(11): e26595.
- [17] BENNETT A, CHOW C K, CHOU M, *et al.* Efficacy and safety of quarter-dose blood pressure-lowering agents: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Hypertension*, 2017, 70(1): 85-93.
- [18] HUANG J C, KUO I C, TSAI Y C, *et al.* Heart rate variability predicts major adverse cardiovascular events and hospitalization in maintenance hemodialysis patients[J]. *Kidney Blood Press Res*, 2017, 42(1): 76-88.
- [19] 叶春辉,徐邦浩,文张,等. 白细胞介素-6 与联合肝脏分隔和门静脉结扎的二步肝切除术剩余肝脏体积增生的相关性研究[J]. 中华消化外科杂志, 2018(12): 1187-1192.
- [20] HEERS H, GUT J M, HEGELE A, *et al.* Non-invasive detection of bladder tumors through volatile organic compounds: a pilot study with an electronic nose[J]. *Anticancer Res*, 2018, 38(2): 833-837.
- [21] 江飞,李燕飞,艾红,等. 不同输血次数及预防性用药对输血不良反应发生率的影响[J]. 大医生, 2022, 7(23): 127-129.
- [22] STEINER B D, EBERLY A R, HURST M N, *et al.* Evidence of cross-regulation in two closely related pyruvate-sensing systems in uropathogenic *Escherichia coli* [J]. *J Membr Biol*, 2018, 251(1): 65-74.
- [23] YE S H, WU D Z, WANG M N, *et al.* A comprehensive investigation of RHD polymorphisms in the Chinese Han population in Xi'an[J]. *Blood Transfus*, 2014, 12(3): 396-404.
- [24] XU W, ZHU M, WANG B L, *et al.* Prospective evaluation of a transfusion policy of RhD-positive red blood cells into DEL patients in China[J]. *Transfus Med Hemother*, 2015, 42(1): 15-21.

(收稿日期:2024-09-12;修回日期:2025-02-11;编辑:王小菊)