· 论著 ·

红细胞产品重量超量(可疑红细胞增多)的特征分析及质量控制对策

何觅　张佳慧　林建霞　何小兰　王丽梅
(福建省血液中心,福建 福州 350004)

摘要:目的　分析红细胞产品重量超量(可疑红细胞增多)的人群分布特征、血常规指标规律及 Hb 升高的独立影响因素,为优化献血者前置筛查、提升成分血质量与输血安全提供依据。**方法**　回顾选取福建省血液中心 2021—2025 年经质控复核确认的 82 例红细胞产品重量超量案例,统计产品类型、献血者人口学资料及血液处置结局;对 55 例具备完整血常规检测数据的标本开展相关性分析与多元线性回归。**结果**　超量产品以去白细胞悬浮红细胞(70.73%)、2U 规格(56.10%)为主;献血者以中青年男性占绝对多数(男性占 96.34%,18~49 岁占 87.80%)。超量组 Hb、RBC、Hct 显著高于常规组(均 $P<0.001$),三项指标呈高度相关。高原暴露史是 Hb 升高的独立影响因素(B=14.517,$P=0.020$)。献血者 Hb 越高,血液不用于临床发放的比例越高。**结论**　红细胞产品重量超量源于献血者 Hb、RBC、Hct 同步异常升高,中青年男性、有高原暴露史人群为高危群体;现行献血筛查仅设置 Hb 下限、无统一红细胞参数上限是核心质控隐患。将 Hb/Hct 上限筛查、高原暴露史标准化问询纳入献血前常规评估,可从源头减少红细胞产品重量超标、降低合规报废造成的血液损耗,保障输血安全,同时为 2026 版《血站技术操作规程》落地实施提供配套质控优化思路。

关键词:红细胞产品;重量超量;血红蛋白;高原暴露史;质量控制;献血者筛查
中图分类号:R457.1^{+}4　R331.1^{+}41　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1004-549X(2026)8-1130-06
DOI:10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2026.08.020

Analysis of characteristics and quality control strategies for excessively heavy red blood cell products (suspected polycythemia)

HE Mi, ZHANG Jiahui, LIN Jianxia, HE Xiaolan, WANG Limei.
Fujian Blood Center, Fuzhou 350004, *China.*
Corresponding author: WANG Limei, Email: 2568353723@*qq.com*

Abstract: Objective　To analyze population distribution characteristics, routine blood parameters, and independent influencing factors of elevated hemoglobin in overweight red blood cell (RBC) products (suspected polycythemia), and to provide evidence for optimizing pre-donor screening and improving component quality and clinical transfusion safety. **Methods**　A total of 82 overweight RBC product cases verified by the quality control department from 2021 to 2025 were retrospectively enrolled. Product information, donor demographic data and blood disposal outcomes were statistically described. Correlation analysis and multiple linear regression were performed on 55 samples with complete routine blood test data. **Results**　Overweight products were mainly leukocyte-filtered suspended red blood cells (70.73%), with 2 U specifications accounting for 56.10%. Most donors were young and middle-aged males (96.34% male, 87.80% aged 18-49 years). Hb, RBC count and Hct in the overweight group were significantly higher than those in the control group (all $P<0.001$), with strong correlations among the three indicators. History of high-altitude exposure was an independent risk factor for elevated Hb (B=14.517, $P=0.020$). Higher Hb level was associated with higher discard rates of blood products for clinical use. **Conclusion**　Overweight RBC products result from synchronous abnormal elevation of Hb, RBC count and Hct among donors. Young and middle-aged males and those with a history high-altitude exposure are high-risk populations. Current donor screening only sets the lower limit of Hb without unified upper limits for RBC-related parameters. Incorporating upper-limit screening for Hb/Hct and standardized inquiry for high-altitude exposure to routine pre-donation assessment may reduce overweight events of RBC products, decrease blood discard rates and enhance transfusion safety. It also offers practical in-

第一作者简介:何觅(1990-)女,本科,主管技师,Email:326503545@qq.com;**通信作者:**王丽梅,Email:2568353723@qq.com

sights for implementing the 2026 edition of the Technical Operating Procedures for Blood Stations.

Key words: red blood cell products; overweight; hemoglobin; high-altitude exposure history; quality control; donor screening

红细胞类是临床用量最大、应用最广的血液成分,其容量、重量、血红蛋白(Hb)、血细胞比容(Hct)直接决定输血有效性与安全性。原料血 Hb 过高、红细胞总量异常增多,会导致制备后产品重量/容量超出标准上限,不仅影响血站质量控制指标,还可能增加患者循环负荷、高黏滞血症等输血风险。

目前国内献血者健康检查主要聚焦 Hb 下限筛查,对 Hb/Hct 上限关注不足,红细胞增多症、高原暴露史等因素易被遗漏,是导致产品重量超标的重要源头风险[1]。《全血及成分血质量监测指南》[2]强调全血及成分血容量监测与偏差管理,但针对“重量超量+可疑红细胞增多”的系统性特征分析、相关因素及独立危险因素研究仍较为缺乏。本研究基于制备科室称重异常、上报质量管理科复核评估的真实质量事件闭环分析,对 82 例经流程确认的产品重量超量案例进行回顾性分析,旨在明确其分布特征、血常规规律及独立影响因素,为优化献血者前置筛查、完善献血者筛查与血液成分质量控制提供真实质控数据依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象与处置流程

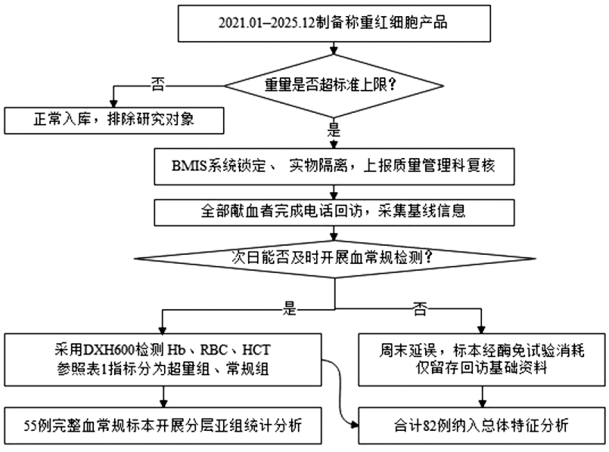


图 1 本研究红细胞重量超量样本筛选、标本处置及检测流程

Figure 1 Workflow of samples screening, specimen processing, and detection for excessively heavy red blood cell products in this study

回顾性选取 2021 年 1 月—2025 年 12 月本中心制备称重超标的红细胞产品共 82 例,所有对应献血者均完成电话回访,采集性别、年龄、高原暴露史等基线资料。受标本检测时限限制(在工作日次日血液检测前对酶免标本留样),仅 55 例酶免标本可及时取样(约 1~2 mL)。采用 DXH600 全自动血细胞分析仪完成 Hb、RBC、Hct 检测,参照表 1 判定标准划分为超量组、常规组,通过组间对比、相关性及多元回归分析,阐明红细胞参数升高与产品重量超量的内在关联,为本中心献血者 Hb、Hct 前置筛查界值制定提供真实数据支撑。全部 82 例用于总体人群特征描述,55 例完整血常规标本开展分层亚组分析,本研究完整样本筛选与处置流程见图 1。

本研究血液处置结局分为正常放行、不用于临床两类,判定标准如下:正常放行为产品各项指标无明显升高,献血者本人无其他疾病等异常,审核后可供临床输注;不用于临床指产品红细胞参数异常升高,存在输血安全隐患,复核后禁止发放临床并按规范报废处理。

本研究仅使用常规质控留存脱敏数据,无额外有创检测。

1.2 仪器与试剂

1.2.1 仪器

全自动血液分析仪(DXH600,BeckmanCoulter,Inc),电子天平(DJ2001A,常熟市清华电子有限公司)。

1.2.2 试剂

血细胞分析用溶血剂、血细胞分析用稀释液、血细胞分析系统专用试剂-DxH 清洗液、白细胞五分类试剂包[贝克曼库尔特实验系统(苏州)有限公司]。

1.3 标本判定标准

1.3.1 中心纳入红细胞产品高于规定量标准:

去白细胞悬浮红细胞 1 U>163 g、1.5 U>261 g、2 U>360 g;悬浮红细胞 2 U>366 g,达到任一阈值即纳入研究。

1.3.2 红细胞分组判定标准

目前我国献血者健康检查相关标准仅对血红蛋白下限作出明确规定,未统一设置红细胞相关指标上限[1]。为科学界定献血者红细胞指标超量水平,本研究结合世界卫生组织(WHO)真性红细胞

增多症诊断标准[3]、国内临床血常规参考范围[4]及国内血站常用筛查标准[1],制定红细胞相关指标超量判定标准,具体及对比情况见表 1。

表 1　红细胞指标超量判定标准及参考依据对比

Table 1　Comparison of criteria for determining elevated erythrocyte indices and their respective reference bases

指标	性别	本研究标准	WHO 真性红细胞增多症诊断标准	国内临床参考上限	国内血站常用筛查上限
血红蛋白	男	>180	>165	175	170~180
(g/L)	女	>170	>160	155	160~170
红细胞计数	男	>6.00	-	5.8	5.8~6.5
($\times10^{12}$/L)	女	>5.50	-	5.1	5.1~6.0
红细胞压积	男	>0.50	>0.49	0.50	0.50~0.55
(L/L)	女	>0.48	>0.48	0.45	0.48~0.52

注:"-"表示 WHO 标准未设定红细胞计数的官方诊断阈值[3]。

根据表 1 中本研究标准,满足任一指标即判定为红细胞指标超量,纳入红细胞超量组;未达到上述标准者纳入红细胞常规组。

1.4　观察指标

产品信息:类型、规格;献血者特征:性别、年龄、献血类型、高原暴露史、身高及 BMI;血常规指标(部分标本检测):血红蛋白(Hb)、红细胞计数(RBC)、红细胞压积(Hct);处置结局:正常放行、不用于临床。

1.5　统计学方法

采用 SPSS26.0 统计学软件完成数据处理,检验水准 $\alpha=0.05$,以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。正态分布计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,超量组与常规组间 Hb、RBC、Hct 比较采用独立样本 t 检验;计数资料以例(百分比)描述,产品规格、献血人口学特征、血液处置结局构成比的比较采用 χ^2 检验,理论频数不足时采用 Fisher 确切概率法;采用 Spearman 秩相关分析 Hb 与年龄、BMI、高原暴露史、处置结局的相关关系;以 Hb 为因变量,年龄、高原暴露史为自变量构建多元线性回归模型,筛选影响献血者 Hb 水平的独立危险因素,模型多重共线性以 VIF<10 判定。

2　结果

2.1　产品类型及规格分布

82 例产品重量超量事件中,类型以去白细胞悬浮红细胞为主(58 例,70.73%),悬浮红细胞次之(24 例,29.27%),不同类型构成比差异有统计学意义($\chi^2=14.10$,$P<0.001$)。规格以 2U 最多(46 例,56.10%),1U 次之(34 例,41.46%),1.5U 最少(2 例,2.44%),不同规格构成比差异有统计学意义($\chi^2=37.854$,$P<0.001$)(表 2)。

表 2　82 例红细胞产品重量超量事件的产品类型与规格分布

Table 2　Distribution of product types and specifications among 82 cases of excessively heavy red blood cell products

项目	分类	例数	构成比(%)	χ^2 值	P 值
类型	去白细胞悬浮红细胞	58	70.73	14.10	<0.001
	悬浮红细胞	24	29.27		
规格	2U	46	56.10	37.854	<0.001
	1U	34	41.46		
	1.5U	2	2.44		

注:表中 χ^2、P 值为对应项目整体构成比差异的检验结果。

2.2　献血者人口学特征

82 例产品重量超量事件中,献血者以男性为主(占 96.34%),女性仅占 3.66%,性别构成差异经 Fisher 精确检验无统计学意义($P=1.000$);年龄分布以 18~49 岁献血者为主(占 87.80%),≥50 岁献血者占 12.20%,年龄构成差异有统计学意义($\chi^2=46.88$,$P<0.001$);献血类型中,再次献血者占 57.32%,初次献血者占 42.68%,献血类型构成差异无统计学意义($\chi^2=1.756$,$P=0.185$)(表 3)。

表 3　82 例产品重量超量事件献血者人口学特征

Table 3　Demographic characteristics of donors in 82 cases of excessively heavy products

项目	分类	例数	构成比(%)	χ^2 值	P 值
性别	男	79	96.34	-	1.000
	女	3	3.66		
年龄	18~49 岁	72	87.80	46.88	<0.001
	≥50 岁	10	12.20		
献血类型	初次	35	42.68	1.756	0.185
	再次	47	57.32		

注:性别组采用 Fisher 精确检验;年龄、献血类型组采用 Pearson χ^2 检验;检验水准 $\alpha=0.05$,$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2.3　血常规检测结果组间比较($n=55$)

将全部 55 例研究对象分亚组进行指标分析。针对 Hb、RBC 指标分析:超量组 24 例,常规组 31 例;超量组 Hb、RBC 水平显著高于常规组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。Hb:超量组(193.0±12.5)g/L,常规组(171.5±7.9)g/L;RBC:超量组(6.57±0.59)$\times10^{12}$/L,常规组(5.65±0.24)$\times10^{12}$/L。针对 Hct 指标分析:超量组 46 例,常规组 9 例;超量组 Hct 水平显著高于常规组($P<0.001$),Hct:超量组(0.546±0.040)L/L,常规组(0.479±0.013)L/L(表 4)。

2.4　身高、体重及 BMI 分布情况($n=55$)

本次血常规检测共 55 例献血者,统计身高体重与 BMI:平均身高为(170.69±5.62)cm,平均体重为(72.91±12.37)kg,平均 BMI 为(24.98±3.76)kg/m^2。依据中国成人 BMI 判定标准进行分层[5](表 5)。

表 4 两组血常规指标比较($\bar{x}\pm s$)

Table 4 Comparison of routine blood indicators between the two groups ($\bar{x}\pm s$)

指标	超量组	常规组	t 值	P 值
Hb(g/L)	193.0±12.5	171.5±7.9	7.736	<0.001
RBC($\times10^{12}$/L)	6.57±0.59	5.65±0.24	7.122	<0.001
Hct	0.546±0.040	0.479±0.013	9.148	<0.001

注:表中指标均采用独立样本 t 检验;P<0.05 为差异有统计学意义。

表 5 55 例红细胞产品重量超量献血者 BMI 分层分布

Table 5 BMI-stratified distribution of 55 blood donors with excessively heavy red blood cell products

BMI 分层	例数(n)	构成比(%)
体重过低	2	3.64
体重正常	22	40.00
超重	21	38.18
肥胖	10	18.18
合计	55	100.00

2.5 各指标间关联关系

选取血红蛋白(Hb)、红细胞计数(RBC)、红细胞压积(Hct)三项核心红细胞相关指标,结合年龄、高原暴露史、性别、处置结局、BMI 等变量,采用相关性分析探讨各指标间关联关系(n=55)(表 6)。

表 6 血红蛋白水平与相关因素的 Spearman 秩相关分析(n=55)

Table 6 Spearman′s rank correlation analysis between hemoglobin level and related factors (n=55)

相关因素	相关系数 r	P 值
红细胞计数(RBC)	0.465**	<0.001
红细胞压积(Hct)	0.864**	<0.001
年龄	0.305*	0.023
性别	−0.116	0.399
高原暴露史	0.307*	0.023
处置结局	−0.413**	0.001
BMI	−0.122	0.375

注:*P<0.05,**P<0.01。

Hb 水平与红细胞计数(RBC)呈显著正相关(r=0.465,P<0.01),与红细胞压积(Hct)呈显著强正相关(r=0.864,P<0.01);与年龄(r=0.305,P<0.05)高原暴露史(r=0.307,P<0.05)呈弱正相关;与处置结局呈显著负相关(r=−0.413,P<0.01);与性别(r=−0.116,P>0.05)BMI(r=−0.122,P>0.05)无显著相关性。

2.6 多元线性回归分析

为避免因 Hb、RBC、Hct 三者高度相关导致多重共线性问题,本研究以 Hb 为代表指标开展影响因素分析;同时剔除无统计学意义的性别变量及存在因果倒置的处置结局变量,最终将年龄、高原暴露史纳入多元线性回归模型,进一步探讨 Hb 水平的独立影响因素。

为探讨 Hb 水平的独立影响因素,以 Hb 为因变量,纳入年龄、高原暴露史为自变量进行多元线性回归分析(表 7)。

模型整体拟合良好(F=4.347,P=0.018),调整后 R^2=0.110,可解释 11.0%的 Hb 水平变异;各变量 VIF 均<10,提示无多重共线性。残差诊断结果显示,残差服从正态分布、方差齐性且无自相关,模型假设成立。结果显示:高原暴露史是 Hb 水平的独立影响因素(B=14.517,β=0.312,P=0.020),有高原暴露史者 Hb 水平显著高于无暴露史者;年龄对 Hb 水平无显著影响(P=0.172)。

表 7 献血者 Hb 水平影响因素的多元线性回归分析(n=55)

Table 7 Multiple linear regression analysis of factors influencing Hb levels in blood donors(n=55)

变量	非标准化系数 B	标准误 SE	标准化系数 β	t 值	P 值	VIF	95%置信区间下限	95%置信区间上限
常量	156.332	8.705	−	17.958	<0.001	−	138.863	173.800
高原暴露史	14.517	6.028	0.312*	2.408	0.020	1.016	2.421	26.614
年龄	0.235	0.170	0.179	1.384	0.172	1.016	−0.106	0.575

注:模型 F=4.347,P=0.018,调整 R^2=0.110,VIF<10 无多重共线性;P<0.05。

2.7 处置结局分布

82 例重量超量红细胞产品中,正常放行 67 例(81.71%),不用于临床 15 例(18.29%);采用拟合优度 χ^2 检验,将两类处置结局理论比例设定为 1∶1,实际构成与理论等比例分布相比差异有统计学意义(χ^2=32.98,P<0.001)。

3 讨论

红细胞产品是临床输注用量最大的血液成分,成品重量、红细胞相关参数直接决定用血安全与成分质量,产品重量超量是血站日常质量管控中较常见的偏差事件。本研究对本中心 2021—2025 年 82 例经复核确认的红细胞产品重量超量案例开展回顾性分析,系统梳理偏差产品、献血者人群分布特征,并结合 55 例标本血常规检测数据,明确红细胞参数异常升高是成品重量超量的核心诱因,同时证实高原暴露史为献血者 Hb 升高的独立危险因素,可为献血者前置筛查优化、血液偏差闭环管理提供本地真实数据支撑。

普通人群中可存在无明显临床症状的红细胞增多个体,部分个体潜在造血相关异常,仅依靠主观健康征询难以识别[6]。本研究中超量以去白细胞悬浮红细胞为主(58 例,70.73%),悬浮红细胞次之(24 例,29.27%),规格以 2U(46 例,56.10%)、1U(34 例,41.46%)居多,与临床产品使用结构及制备比例一致。献血者以男性中青年为

主体（男 79 例，96. 34%；18 ~ 49 岁 72 例，87. 80%），提示男性基础 Hb 水平较高、造血功能相对旺盛，是红细胞参数异常升高的高危人群，与国内及国外献血人群调查结果相符[7-9]。

血常规分析显示，超量组 Hb、RBC、Hct 均显著高于常规组，且三者高度相关，提示重量超量的根本原因为红细胞总量绝对增多。Hb 异常升高直接导致离心后压积红细胞增加，使成品重量超标。我国现行《献血者健康检查要求》仅规定 Hb 下限[1]，未统一规范红细胞参数上限，易遗漏高原代偿、红细胞增多倾向献血者，是诱发此类质量偏差的重要源头隐患。本中心献血前即采用便携式仪器开展血红蛋白定量检测，可获得 Hb 具体数值；但受现行献血标准约束，初筛仅执行 Hb 下限准入判定，并未设置 Hb/Hct 的上限拦截阈值，因此即使定量检测出献血者 Hb 异常升高，也无依据在献血前进行暂缓献血处置。而国内不少献血屋、流动献血车仍沿用硫酸铜比重法开展 Hb 初筛，该方法仅能完成贫血的定性排查，无法输出血红蛋白定量结果，更不能识别 Hb 异常升高的可疑红细胞增多献血者。上述现状共同导致部分红细胞参数升高的献血者可顺利通过献血前筛查，直至血液制备称重环节才暴露血液产品重量超量问题，只能事后采取隔离复核甚至报废处置。现行血液检查标准检测范围较窄、筛查项目有限，对部分存在隐性血液疾病风险的献血者难免发生漏检[10]。若要实现献血前对高危献血者的前置拦截，需要在定量检测基础上增设 Hb/Hct 的筛查上限界值，完善配套的暂缓献血判定规则，规范开展血红蛋白定量检测，避免采集无症状高原红细胞增多症（high altitude polycythemia，HAPC）献血者的血液，同时保障献血者自身健康[11-12]。部分外表健康、血细胞比容处于临界高值的献血者可隐匿红细胞增多相关基础疾病，提示血站应当重视对高血细胞比容献血者的甄别评估[13]。献血者个体生理特征存在明显的异质性，献血者自身的血液参数可直接影响红细胞类血液制品的质量表现[14]。

本研究对 55 例完成血常规检测的对象进行 BMI 分析，结果显示超重及肥胖者占比达 56. 36%，提示该人群 BMI 偏高较为常见。但相关性分析显示，BMI 与 Hb、RBC、Hct 均无显著相关性，提示 BMI 并非本研究人群红细胞参数升高及红细胞产品重量超量的主要影响因素。产品重量超量的核心原因仍为红细胞总量绝对增多，Hb、RBC、Hct 三者同步升高，与机体造血旺盛、低氧代偿等因素密切相关。同时，Hb 与年龄、高原暴露史呈弱正相关，与处置结局呈显著负相关，进一步提示高原暴露史、Hb 异常升高是影响质量与临床使用风险的关键因素。本研究结果支持，献血者筛查应重点关注 Hb/Hct 上限与高原暴露史评估，而非单纯依靠 BMI 判断，可为优化血液质量控制提供更精准的参考依据。

相关性及多元线性回归分析显示，高原暴露史是 Hb 升高的独立影响因素（B = 14. 517，P = 0. 020）。高原低氧环境可刺激机体促红细胞生成素分泌增加，引发红细胞代偿性增高，进而导致成品重量超标。年龄在单因素分析中与 Hb 相关，多因素校正后无独立效应，提示年龄可能为混杂因素，其分布可能与高原暴露人群存在重叠，高原暴露史对 Hb 的影响更为关键。处置结局与 Hb 水平呈显著负相关（r = −0. 413，P = 0. 001），提示 Hb 水平越高，被判定为不用于临床的可能性越大，说明 Hb 异常升高是质量评估与临床使用风险判断的核心指标。

基于上述结果，本研究提出三项针对性质控优化对策：一是补充 Hb、Hct 上限筛查流程，参考本研究分组界值建议男性 Hb>180g/L、女性 Hb>170g/L 作为暂缓献血阈值，弥补现行献血标准仅管控 Hb 下限的不足；二是将高原暴露史纳入献血前标准化问询内容，对高危人群主动加测血常规指标；三是严格落实重量超量偏差血液全流程闭环管理，执行系统锁定、实物隔离、实验室复核、临床使用综合评估流程，降低高红细胞成分血流入临床的风险。本研究属于单中心回顾性研究，仅部分样本可完成血常规检测；未纳入吸烟、睡眠呼吸暂停低通气综合征等可导致红细胞升高的影响因素。高原暴露史仅依靠电话回访获取，信息采集存在回忆偏倚，存在一定局限性。未来可扩大样本量，开展多中心前瞻性研究，完善危险因素评估，进一步优化献血者筛查体系，提升血液质量与输血安全水平。

本中心红细胞产品重量超量偏差集中于中青年男性献血人群，红细胞产品重量超标本质为献血 Hb、RBC、Hct 同步异常升高；高原暴露史是献血 Hb 升高的独立危险因素，BMI、年龄无独立影响作用，且 Hb 水平越高，血液报废风险越高。我国现行献血筛查标准仅管控血红蛋白下限，缺乏统一红细胞参数上限筛查要求，是红细胞产品重量超量质量隐患的主要源头。将 Hb/Hct 上限筛查、高原暴

露史标准化问询纳入献血前常规评估,可精准识别高危献血人群,从源头减少红细胞产品重量超量事件,稳定成分血质量,保障临床输血安全。本研究结论可为 2026 版《血站技术操作规程》[15] 落地实施提供配套筛查优化方案。新版规程严格要求超量红细胞产品报废,而现有献血筛查缺少红细胞指标上限管控;完善献血前评估流程,增设 Hb、Hct 指标上限筛查并统一规范高原暴露史问询流程,能够从源头降低红细胞产品重量超量事件,减少合规报废带来的血液损耗,完善采供血全链条质量控制体系。

利益冲突说明/Conflict of Interests

所有作者均声明不存在利益冲突。

伦理批准及知情同意/Ethics Approval and Patient Consent

所有献血者均已签署《献血者知情同意书》,同意剩余的血液标本用于相关医学研究。

作者贡献/Authors' Contribution

何觅:标本检测、事件调查及处置、数据收集、选题、设计、撰写;张佳慧:标本检测、事件调查及处置;林建霞:标本检测、事件调查及处置;何小兰:标本检测、事件调查及处置;王丽梅:选题、设计、审校。

[参考文献]

[1] 献血者健康检查要求[S],GB18467-2011.
Requirements for blood donor health examination[S], GB18467-2011.

[2] 全血及成分血质量监测指南[S]. WS/T 550—2017.
Guidelines for quality monitoring of whole blood and blood components[S],WS/T 550-2017.

[3] World Health Organization. WHO classification of tumours of haematopoietic and lymphoid tissues (revised 4th edition)[M]. Lyon:IARC Press,2017.

[4] 血细胞分析参考区间[S],WS/T405-2012.
Reference intervals for blood cell analysis[S], WS/T405-2012.

[5] 成人体重判定[S],WS/T428-2013.
Criteria for weight assessment in adults[S], WS/T428-2013.

[6] WOUTERS H J C M, MULDER R, VAN ZEVENTER I A, et al. Erythrocytosis in the general population: clinical characteristics and association with clonal hematopoiesis[J]. Blood,2020,136(12):1385-1394.

[7] 李鹏,刘开强,谯铭铭,等. 献血者特征对其红细胞质量和受血者输血结局的影响[J]. 中国输血杂志,2024,37(6):621-625.
LI P, LIU K Q, QIAO M M, et al. Influence of blood donor characteristics on red blood cell quality and transfusion outcomes of recipients[J]. Chin J Blood Transfusion,2024,37(6):621-625.

[8] 德吉卓嘎. 带 3 蛋白磷酸化对西藏高血红蛋白献血者悬浮红细胞贮存质量的影响[J]. 中国输血杂志,2023,36(4):381-384.
DEJI ZHUOGA. Effect of band-3 protein phosphorylation on storage quality of suspended red blood cells from Tibetan blood donors with high hemoglobin[J]. Chin J Blood Transfusion,2023,36(4):381-384.

[9] KAMARUZZAMAN S F M, NOOR HASLINA M N, YUSOFF S M, et al. Detection of JAK2 V617F Mutation among Donors with Erythrocytosis[J]. Journal of Clinical and Health Sciences,2018,3(2):19-25.

[10] 杨国乾,范恩勇,郭铭华. 在献血者中发现真性红细胞增多症 2 例和血小板增多症 1 例[J]. 中国输血杂志,2010,23(11):974.
YANG G Q, FAN E Y, GUO M H. Two cases of polycythemia vera and one case of thrombocythemia found among blood donors[J]. Chin J Blood Transfusion,2010,23(11):974.

[11] 王瑛,张玉华,赵敬湘,等. 高海拔地区献血者红细胞增多症患病比例及其影响因素的调查分析[J]. 中国输血杂志,2017,30(3):296-299.
WANG Y, ZHANG Y H, ZHAO J X, et al. Investigation on the prevalence and influencing factors of erythrocytosis among blood donors at high altitude areas[J]. Chin J Blood Transfusion,2017,30(3):296-299.

[12] KAMARUZZAMAN S F M. Clinical and laboratory profiles of blood donors with erythrocytosis[D]. Kelantan: Universiti Sains Malaysia,2016.

[13] ZANELLA A, SILVANI C, BANFI P, et al. Screening and evaluation of blood donors with upper-limit hematocrit levels[J]. Transfusion,1987,27(6):485-487.

[14] HADJESFANDIARI N, KHORSHIDFAR M, DEVINE D V. Current understanding of the relationship between blood donor variability and blood component quality[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22(8):3943.

[15] 血站技术操作规程(2026 版)[S]. 国卫办医急函〔2026〕209 号.
Technical operating procedures for blood stations (2026 edition)[S]. Document No. Guo Wei Ban Yi Ji Han〔2026〕209.

(2026-07-08 收稿,08-16 修回,08-16 接收)

本文编辑:李弘武