



基于复杂系统理论的低用血量医疗机构 管理差异分析与多级协同机制研究*

——廖雪君 李顺平 李 军

【摘要】 **目的** 分析重庆市低用血量医疗机构的管理差异,提出区域血液安全管理协同优化策略。**方法** 采用改良德尔菲法设计半结构化问卷,涵盖宏观(输血科设置)—中观(质量管理体系运行)—微观(人员及设备配置)三级评估指标。采用整群抽样法,选取2022年度在重庆市血液中心取血量 ≤ 60 U的医疗机构进行问卷调查。**结果** 宏观层面:不同类型与级别医疗机构输血科设置情况差异均具有统计学意义(P 均 < 0.05)。中观层面:不同类型与级别医疗机构在制度建设、操作规程和执行记录方面差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。微观层面:不同级别医疗机构间专业技术人员职称分布差异具有统计学意义($P < 0.05$);在不同级别医疗机构中,血小板类设备配置差异具有统计学意义($P < 0.05$)。医疗机构级别是独立设置输血科的独立影响因素(二级 vs 未评级, $OR = 5.78, P < 0.05$)。医疗机构级别与高级职称人员比例($r_s = 0.32$)、血小板类设备配置率($r_s = 0.38$)以及独立输血科设置率($r_s = 0.35$)均呈显著正相关(P 均 < 0.05)。**结论** 低用血量医疗机构的临床用血管理存在结构性困境与系统性矛盾。应推行“制度驱动—能力建设—技术赋能”三级协同策略,以推动区域血液安全管理从标准化向精细化转型。

【关键词】 复杂系统理论;低用血量医疗机构;血液安全;多级协同机制

中图分类号:R197.323;R331.1

文献标识码:A

Research on the Analysis of Management Disparities and Multilevel Synergistic Mechanisms in Medical Institutions with Low Blood Consumption Based on Complex Systems Theory/LIAO Xuejun, LI Shunping, LI Jun. //Chinese Health Quality Management, 2026, 33(3):01-05, 19

Abstract **Objective** To analyze the management disparities among medical institutions with low blood utilization in Chongqing and propose collaborative optimization strategies for regional blood safety management. **Methods** A modified Delphi method was employed to design a semi-structured questionnaire covering three-tier evaluation indicators: macro-level (establishment of blood transfusion departments), meso-level (operation of quality management systems), and micro-level (staffing and equipment allocation). Using cluster sampling, medical institutions that collected ≤ 60 units of blood from the Chongqing Blood Center in 2022 were selected for the survey. **Results** At the macro level, statistically significant differences were observed in the establishment of blood transfusion departments across different types and levels of medical institutions (all $P < 0.05$). At the meso level, no statistically significant differences were found in institutional systems, operational procedures, and implementation records among different types and levels of medical institutions (all $P > 0.05$). At the micro level, statistically significant differences were identified in the distribution of professional titles among technical personnel ($P < 0.05$) and in the allocation of platelet-related equipment ($P < 0.05$) across different levels of medical institutions. The level of the medical institution was an independent influencing factor for the establishment of a dedicated blood transfusion department (secondary vs. unrated; $OR = 5.78, P < 0.05$). The level of the medical institution showed significant positive correlations with the proportion of senior professional titles ($r_s = 0.32$), the allocation rate of platelet-related equipment ($r_s = 0.38$), and the rate of dedicated blood transfusion department establishment ($r_s = 0.35$) (all $P < 0.05$). **Conclusion** Clinical blood management in medical institu-

DOI:10.13912/j.cnki.chqm.2026.33.3.01

* 基金项目:2022年重庆市科研项目(编号:2022ZDXM031);2023年重庆市九龙坡区科研项目(编号:2023-03-017-Y)

重庆市血液中心 重庆 400015

tions with low blood utilization faces structural dilemmas and systemic contradictions. A three-tier collaborative strategy of "system-driven, capacity-building, and technology-empowered" should be implemented to promote the transformation of regional blood safety management from standardization to refinement.

Key words Complex Systems Theory; Medical Institutions with Low Blood Utilization; Blood Safety; Multilevel Collaborative Mechanism

First-author's address Chongqing Blood Center, Chongqing, 400015, China

血液安全是医疗质量管理的核心要素,关乎患者安全与公共卫生应急能力。《中华人民共和国献血法》实施以来,三级血站网络建设显著提升了血液安全水平,然而,医疗机构输血科作为临床用血管理的关键环节,仍面临资源配置不均与职能弱化的双重挑战^[1-3]。实践中,部分医疗机构将输血科并入检验科,导致质控缺失,构成安全隐患,甚至引发血液安全事件。低用血量医疗机构通常指年取血量低于一定阈值(本研究设定为年取血量 ≤ 60 U)的医疗机构,多为基层医疗机构。随着医疗资源的下沉和分级诊疗的推进,其在基层医疗服务中扮演着重要角色。然而,这类机构普遍面临资源配置结构性失衡、输血科建制不完善、临床用血管理能力与质控薄弱等系统性挑战,存在血液安全隐患^[4-5]。现有临床用血管理研究多聚焦大型医疗机构^[1,6],对低用血量医疗机构关注不够。本研究基于复杂系统理论,将医疗机构临床用血管理视为一个由宏观政策、中观组织与微观资源相互作用的复杂系统,通过构建三级评估框架,全面解构其管理差异的内在机制,以期为区域血液安全管理的精细化与协同化提供理论依据与实践路径。

1 资料与方法

1.1 研究对象

采用整群抽样法,选取 2022 年度在重庆市血液中心取血量 ≤ 60 U

(依据《全血及成分血质量要求》[GB 18469-2012]进行单位换算,该阈值参考重庆市低用血量医疗机构界定惯例)的医疗机构作为研究对象。

1.2 研究方法

采用改良德尔菲法构建三级评估体系,通过两轮专家咨询完成半结构化调查问卷设计。初步指标基于《医疗机构临床用血管理办法》提取,形成涵盖宏观、中观、微观 3 个一级指标共计 12 个二级指标的三级评估框架。首轮咨询邀请 5 位专家(均来自重庆市;输血医学 3 人,医院管理 1 人,卫生政策 1 人;均具有副高级及以上职称与 15 年以上工作经验)参与,共提出 10 条修订建议,主要涉及指标表述规范化、层级逻辑优化及实操性强化等方面。课题组按照“合并重复指标,明确评估要点,增强临床适用性”的原则进行修订。第二轮专家咨询结果显示,所有修订后指标共识率均 $\geq 80\%$ (指某项指标获得超过 80%参与咨询专家的认可),专家意见趋于一致,最终形成包含宏观(输血科设置)—中观(质量管理体系运行)—微观(人员及设备配置)3 个一级指标 10 个二级指标的半结构化调查问卷。问卷信效度良好(Cronbach's $\alpha=0.87$, KMO=0.79)。通过重庆市血液安全监测平台发放问卷,由医疗机构输血科或检验科负责人在线填写,采用双人独立核对确保数据准确。本研究经重庆市血液中心

伦理委员会审批通过(审批号:L20250041)。

1.3 统计分析方法

采用 SPSS statistics version 20.0 (IBM Corp., USA) 进行数据统计分析。分类变量以频数及构成比 $[n(\%)]$ 表示,组间差异采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法分析。采用多因素 Logistic 回归识别独立影响因素,应用 Cochran-Mantel-Haenszel 检验控制分层混杂,运用 Spearman 等级相关分析探索有序变量间趋势。显著性阈值设为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 研究对象基本情况

本研究共调查 65 所低用血量医疗机构,回收有效问卷 62 份,问卷有效率为 95.38%。其中,民营机构 36 所,占 58.06%(36/62)。见表 1。

2.2 宏观层面:输血科设置情况

不同类型和级别医疗机构在输血科设置方面的差异均具有统计学意义(医疗机构类型 $\chi^2=13.62$, $P<0.01$;医疗机构级别 $\chi^2=10.85$, $P=0.03$),见表 2。

2.3 中观层面:质量管理体系运行情况

不同类型和级别医疗机构在制度建设、操作规程和执行记录方面的差异均无统计学意义(P 均 $>$

0.05),见表3。

2.4 微观层面:人员及设备配置情况

2.4.1 人员配置情况

62所医疗机构共配置402名专业技术人员。分析显示,不同类型医疗机构人员职称分布差异无统计学意义($\chi^2=6.20, P=0.10$),但不同级别医疗机构人员职称分布差异具有统计学意义($\chi^2=22.14, P=0.01$),见表4。

2.4.2 设备配置情况

不同类型医疗机构在设备配置方面的差异无统计学意义(P 均 >0.05),但不同级别医疗机构在血小板类设备配置方面的差异具有统计学意义($\chi^2=11.50, P=0.01$),见表5。

2.5 多因素分析

为控制医疗机构类型与级别的相互影响,进一步采用多因素 Logistic 回归分析,以是否设置独立输血科为因变量。表6显示,在调整了医疗机构类型后,与未评级医疗机构比较,二级医疗机构设置独立输血科的倾向更高($OR=5.78, P=0.04$)。医疗机构类型(公立/民营)本身未显示出独立的显著关联($OR=2.15, P=0.36$)。

鉴于不同级别医疗机构在血小板类设备配置上差异具有统计学意义,为明确医疗机构类型的影响是否独立于级别,进行了 Cochran-Mantel-Haenszel 检验。在控制医疗机构级别后,医疗机构类型与血小板类设备配置状况之间仍无显著关联($CMH \chi^2=0.02, P=0.89$)。见表7。

2.6 Spearman 相关性分析

Spearman 等级相关分析揭示了医疗机构级别与多个管理指标之间的系统性关联。医疗机构级别与高

级职称人员比例($r_s=0.32, P=0.01$)、血小板类设备配置率($r_s=0.38, P=0.01$)以及独立输血科设置率($r_s=0.35, P=0.01$)均呈显著正相关;同时,医疗机构级别与初级职称人员比例呈负相关($r_s=-0.25, P=0.04$)。见表8。

3 讨论

3.1 三级评估框架揭示了低用血量医疗机构的结构性困境与系统性矛盾

本研究构建的宏观—中观—微观三级评估框架,系统性揭示了低

表1 重庆市低用血量医疗机构类型与级别分布($n=62$)

单位:所(%)

医疗机构类型	医疗机构级别				总计
	三级	二级	一级	未评	
公立	1(1.62)	12(19.35)	12(19.35)	1(1.62)	26(41.94)
民营	6(9.68)	12(19.35)	12(19.35)	6(9.68)	36(58.06)
总计	7(11.30)	24(38.70)	24(38.70)	7(11.30)	62(100.00)

表2 重庆市不同类型和级别低用血量医疗机构输血科设置情况比较

单位:所(%)

项目	组别	独立输血科	检验科下设输血组	未设立输血科或组	总计
医疗机构类型	公立	5(19.23)	5(19.23)	16(61.54)	26(100.00)
	民营	0(0.00)	5(13.89)	31(86.11)	36(100.00)
医疗机构级别	三级	1(14.29)	0(0.00)	6(85.71)	7(100.00)
	二级	3(12.50)	4(16.67)	17(70.83)	24(100.00)
	一级	1(4.17)	4(16.67)	19(79.17)	24(100.00)
	未评	0(0.00)	2(28.57)	5(71.43)	7(100.00)

注:医疗机构类型组内比较 $\chi^2=13.62, P<0.01$; 医疗机构级别组内比较 $\chi^2=10.85, P=0.03$ 。

表3 重庆市不同类型和级别低用血量医疗机构质量管理体系运行情况比较

单位:所(%)

项目	组别	制度建设	操作规程	执行记录
医疗机构类型	公立($n=26$)	24(92.31)	20(76.92)	23(88.46)
	民营($n=36$)	34(94.44)	29(80.56)	29(80.56)
	χ^2	0.11	0.12	0.70
	P	0.74	0.73	0.40
医疗机构级别	三级($n=7$)	6(85.71)	6(85.71)	6(85.71)
	二级($n=24$)	23(95.83)	20(83.33)	22(91.67)
	一级($n=24$)	21(87.50)	17(70.83)	18(75.00)
	未评($n=7$)	6(85.71)	5(71.43)	5(71.43)
	χ^2	1.39	1.50	2.94
	P	0.71	0.68	0.40

注:制度建设包括建立了临床合理用血管理委员会、输血知情告知制度、临床用血申请管理制度、应急用血工作预案等;操作规程包括建立了交叉配血操作规程、ABO及Rh血型鉴定操作规程、输血不良反应规程、ABO标准细胞配置操作规程、不规则血型抗体筛查操作规程等;执行记录包括建立了血液入库记录、血液发放记录、储血冰箱温度记录、储血冰箱消毒记录等。

表4 重庆市不同类型和级别低用血量医疗机构专业技术人员职称分布情况比较

单位:人(%)

项目	组别	高级	中级	初级	未评	总计
医疗机构类型	公立	19(4.73)	72(17.91)	87(21.64)	4(1.00)	182(45.28)
	民营	14(3.48)	63(15.67)	135(33.58)	8(1.99)	220(54.72)
医疗机构级别	三级	5(1.24)	21(5.22)	24(5.97)	0(0.00)	50(12.43)
	二级	21(5.22)	63(15.67)	85(21.14)	6(1.49)	175(43.52)
	一级	3(0.75)	34(8.46)	51(12.69)	4(1.00)	92(22.90)
	未评	4(1.00)	17(4.23)	62(15.42)	2(0.50)	85(21.15)

注:医疗机构类型组内比较 $\chi^2=6.20, P=0.10$; 医疗机构级别组内比较 $\chi^2=22.14, P=0.01$ 。

表 5 重庆市不同类型和级别低用水量医疗机构临床用血设备配置情况比较 单位:所(%)

项目	组别	基础设备	检测设备	红细胞类设备	血浆冷沉淀类设备	血小板类设备
医疗机构类型	公立(<i>n</i> =26)	24(92.31)	26(100.00)	26(100.00)	17(65.38)	6(23.08)
	民营(<i>n</i> =36)	34(94.44)	36(100.00)	36(100.00)	21(58.33)	9(25.00)
	χ^2	0.11			0.32	0.03
	<i>P</i>	0.74			0.57	0.87
医疗机构级别	三级(<i>n</i> =7)	7(100.00)	7(100.00)	7(100.00)	6(85.71)	5(71.43)
	二级(<i>n</i> =24)	23(95.83)	24(100.00)	24(100.00)	16(66.67)	6(25.00)
	一级(<i>n</i> =24)	21(87.50)	24(100.00)	24(100.00)	13(54.17)	4(16.67)
	未评(<i>n</i> =7)	6(85.71)	7(100.00)	7(100.00)	3(42.86)	0(0.00)
	χ^2	2.11			3.57	11.50
	<i>P</i>	0.55			0.31	0.01

注:基础设备包括医用取血箱、经校验的温度计;检测设备包括试剂储存冰箱、标本离心机、标本储存冰箱、血型血清学离心机;红细胞类设备包括储血冰箱;血浆冷沉淀类设备包括恒温水浴箱、储血低温冰箱、冰冻血浆解冻箱;血小板类设备包括血小板保存震荡箱。

表 6 影响独立输血科设置的多因素 Logistic 回归分析

变量	β	标准误	Wald χ^2	<i>P</i>	OR	95%CI
医疗机构类型:公立	0.77	0.83	0.85	0.36	2.15	(0.41,11.21]
医疗机构级别:三级	1.41	1.18	1.43	0.23	4.10	(0.41,41.28]
医疗机构级别:二级	1.76	0.84	4.39	0.04	5.78	(1.12,29.84]
医疗机构级别:一级	0.88	0.99	0.79	0.38	2.41	(0.35,16.73]
常量	-1.73	0.91	3.64	0.06	0.18	

注:因变量为是否设置独立输血科(是=1,否=0);自变量为医疗机构类型(公立=1,民营=0);医疗机构级别设为哑变量,以“未评”为参照组。

表 7 医疗机构类型与血小板类设备配置状况的 Cochran-Mantel-Haenszel 分层分析

分层变量	医疗机构类型	正常配置数	异常数	合计	配置率/%	CMH χ^2	<i>P</i>
三级	公立	2/2	0/2	2	100.00	1.07	0.30
	民营	3/5	2/5	5	60.00		
二级	公立	4/12	8/12	12	33.33	0.50	0.48
	民营	2/12	10/12	12	16.67		
一级	公立	2/12	10/12	12	16.67	0.00	1.00
	民营	2/12	10/12	12	16.67		
未评	公立	0/1	1/1	1	0.00		
	民营	0/6	6/6	6	0.00		

注:整体 Cochran-Mantel-Haenszel 检验结果显示,在控制医疗机构级别后,医疗机构类型与血小板类设备配置状况之间无显著关联(CMH $\chi^2=0.02, P=0.89$)。

用血量医疗机构在临床用血管理中存在的结构性困境与系统性矛盾。宏观层面凸显出制度激励与组织承载的错位:不同类型与级别医疗机构在输血科设置方面的差异具有统计学意义,尤其是民营医院独立设科率为 0,暴露出现行医院等级评审体系中输血科建设未被列为关键指标的政策盲区^[7]。多因素 Logistic 回归分析进一步明确,医疗机构级别是独立设置输血科的独立预测因子,而医疗机构类型的影响不具

有统计学意义,这从多因素角度印证了医疗机构级别在宏观组织建设中的核心地位。中观层面虽未见显著组间差异,但一级及未评级医疗机构在制度建设、操作规程与执行记录的完善率普遍偏低,揭示了制度悬浮与执行虚化的潜在风险。均质化供血策略难以适配医疗机构的异质性需求,而定制化技术指导与应急支援体系尚未建立^[8-9],导致质量管理体系在实际运行中难以充分发挥保障作用。微观

层面呈现出“静态配置趋同,动态能力分化”的特征:尽管不同类型医疗机构在专业技术人员职称结构与基础设备配置方面的差异未呈现出统计学意义,但高级职称人员比例(8.21%,33/402)低于经济较发达地区^[10]。不同级别医疗机构间专业技术人员职称分布差异具有统计学意义,且医疗机构级别与高级职称人员比例呈正相关,这表明级别越低的医疗机构高级职称人员占比越低,可能在客观上制约了其应对输血不良反应等复杂情况的能力建设^[11-13]。此外,不同级别医疗机构在血小板类关键设备配置方面的差异具有统计学意义,反映出资源配置表层均衡与实际运行能力的结构失衡。值得注意的是,Cochran-Mantel-Haenszel 检验进一步证实,在控制医疗机构级别后,医疗机构类型与血小板类设备配置状况无显著关联,凸显了级别因素在资源配置中的主导作用。综上,三级评估框架的分析表明,低用水量医疗机构依赖检验科兼职管理模式,其血液安全管理困境源于宏观政策缺位、中观体系松散、微观能力不足三者相互嵌套、彼此强化,形成了低水平均衡陷阱,制约了区域血液安全整体效能的提升。

3.2 “制度—能力—技术”三级协同:理论创新与实践路径

上述分析表明,低用水量医疗机构的管理困境源于宏观、中观、微观 3 个层级之间的系统性脱节。因此,任何单一层面的局部修补均难以从根本上破解系统困境。对此,本研究提出构建“制度驱动—能力建设—技术赋能”的三级协同体系,不仅将复杂系统理论在医疗卫生治理领域具体化,而且为区域血液安全管理从标准化向精细化转型提供了实践路径。

表 8 医疗机构级别与关键指标的 Spearman 等级相关分析结果

指标	r_s	P	相关性强度	趋势方向
高级职称人员比例	0.32	0.01	中等相关	正向
中级职称人员比例	0.18	0.16	无显著相关	
初级职称人员比例	-0.25	0.04	弱相关	负向
基础设备配置率	0.21	0.10	无显著相关	
检测设备配置率			无法计算	
红细胞类设备配置率			无法计算	
血浆冷沉淀类设备配置率	0.28	0.03	弱相关	正向
血小板类设备配置率	0.38	0.01	中等相关	正向
制度建设完善率	0.15	0.24	无显著相关	
操作规程完备率	0.22	0.09	无显著相关	
执行记录完整率	0.26	0.04	弱相关	正向
独立输血科设置率	0.35	0.01	中等相关	正向

注:(1)检测设备及红细胞类设备配置率在所有医疗机构中均为 100%,缺乏变异性,故无法计算有效相关系数。(2)相关强度判定: $r_s \geq 0.10$ 为弱相关, $r_s \geq 0.30$ 为中等相关, $r_s \geq 0.50$ 为强相关。

第一,在宏观层面必须致力于“制度重构”,通过梯度化政策组合实现激励与约束的兼容。将输血科独立设置纳入二级及以上医院评审指标体系,并依据医疗机构级别与用血规模制订差异化标准^[7,14];配套设备购置补贴、数据质量与绩效考核挂钩等混合型政策工具,形成“硬约束—强激励—严问责”的驱动机制。本研究的多因素 Logistic 回归分析与 Spearman 相关分析结果共同支撑了“梯度治理”思路的合理性:多因素 Logistic 回归分析揭示了医疗机构级别对组织建设的独立影响,Spearman 相关分析则描绘了医疗机构级别与人力资源、设备保障、制度执行间的系统性梯度关系。这既克服了“一刀切”政策的适配性不足,又通过精准的制度杠杆激活了基层改进的内在动力,为优化医疗卫生治理提供了可复制的样本。

第二,中观层面需聚焦于“能力协同”,着力构建分层闭环培训体系与区域协作网络。依托区域专科联盟,建立“基础—专项—应急”三级培训模块,并形成“培训—考核—反馈—认证”闭环管理体系。基础模块强化操作规范,专项模块注重复杂案例分析与处理能力,应急模块引入虚拟现实技术模拟实战场景,

整体上形成“标准统一、内容分层、形式灵活、考核严谨”的能力提升机制。Spearman 相关分析表明,医疗机构级别与执行记录完整率呈正相关,这提示能力建设需与规范执行同步强化。同时,将区域协作成效纳入医院评审,激励医疗机构间实现技术共享与应急联动,在实践中形成“制度—人—技术”高效协同的中观治理结构。

第三,在微观层面应注重“精准赋能”,推动技术要素与临床需求动态适配。针对设备配置差异及血小板等特殊血液成分保障能力薄弱的问题,可构建基于物联网与区块链的智能监管与追溯平台^[15],实现对关键设备运行状态的实时感知与预警;进一步引入机器学习算法,对历史用血数据进行深度挖掘,构建需求预测与资源配置优化模型^[16],形成“数据驱动决策—资源动态调度”的精准供血机制^[17-18]。Spearman 相关分析显示,医疗机构级别与血小板类设备配置率呈中等正相关,这为针对不同级别医疗机构实施差异化、精准化的技术资源配置策略提供了数据支持。此举不仅提升了资源的利用效率,更在理论层面实现了从经验管理向数据智能管理的转变^[19-20]。

4 小结

综上,在理论层面,本研究将复杂系统理论具象化为可操作、可测量的三级评估框架,通过对低用血量医疗机构管理矛盾的剖析,揭示了医疗卫生服务体系中“标准—精准”转型的内在逻辑与实现机制;提出的三级协同策略,不仅深化了对血液安全管理多层级互动关系的理解,也为破解基层医疗服务质量提升的普遍性难题提供了理论参考。在实践层面,本研究为区域血液安全管理的精细化转型提供了系统性的实施路径:通过制度驱动构建长效治理机制,通过能力建设弥补人才与技术短板,通过技术赋能实现资源动态优化,三者环环相扣,形成可持续改进的良性循环。

但本研究也存在一定局限:(1)样本来源于单一地区,结论的外推还需谨慎;(2)横断面设计难以推断因果关系;(3)自报数据可能存在社会期望偏倚;(4)人员数据分析未校正医疗机构内的聚类效应。未来研究可扩大地理范围,采用纵向或干预性研究进一步验证。

作者贡献:廖雪君负责研究数据收集与统计;李顺平负责研究设计与整体统筹;李军负责论文撰写。

利益冲突:所有作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

[1] 刘志刚,谢杰锋,范刚,等.长江三角洲地区三级医疗机构输血科建设情况分析[J].中国输血杂志,2021,34(11):1221-1224.
 [2] 周颖,钟发德,庄立.宁波市民营医院输血科的发展现状分析[J].中国医院统计,2021,28(2):181-183.
 [3] YESILBALKAN OU, AKYOL A, OZEL F, et al. Assessing knowledge of nurses on blood transfusion in turkey[J]. Int J Caring Sci, 2019,12(1):521-528.

(下转第 19 页)

化术中血液 PDA 扫码核对功能,构建术中用血全流程闭环,确保术中用血的可追溯性与规范性。第二,需规范管理医护人员,促其及时完成输血疗效评价及输血病例填写。第三,需将血液冷链管理前移,在手术室、重症监护室等重点用血科室部署具备实时温控监测与远程预警功能的智能冰箱,实现血液制剂从储存到输注的全链条温控自动化监管。第四,需提升 AI 驱动的智能决策功能,契合《智慧医疗分级评价方法及标准(2025 版)》中人工智能辅助诊疗功能的高阶要求,引入机器学习算法构建输血风险预测模型,并开发输血疗效智能评价模块,强化输血治疗的精准性与安全性。通过持续的技术迭代与流程优化,临床用血闭环信息化管理系统有望推动医疗信息化向智能化、区域化、个性化升级,强化数据治理能力,为患者提供更为安全、高效、精准的输血服务。

作者贡献:许海艳负责实验设计、文章撰写、数据整理、作图;邢艳、张瑞宁、侯梦薇负责实验设计、数据整理;崔颖负责实验设计、研究指导、论文审阅、经费支持。

利益冲突:所有作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] HAN ZZ, WANG M, YU SH. Effects of stored autotransfusion on electrolytes and postoperative complications in patients undergoing elective orthopedic surgery [J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(6): 7200-7206.
- [2] STREIT-CIEČKIEWICZ D, KOŃDYSKA A, FUTYMA-GĄBKA K, et al. Platelet rich plasma in gynecology—discovering undiscovered—review[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(9): 5284.
- [3] YAN J, LIU Q, DAI G, et al. Efficacy of multiple autologous apheresis platelet-rich plasma injections for treating knee osteoarthritis and its influencing factors: a retrospective cohort study [J]. *J Orthop Surg*, 2025, 20(1): 339.
- [4] 王田田,周泽华,王建霞,等.基于无线射频识别技术的医院血液库存智慧化管理模式探索[J]. *中国卫生质量管理*, 2023, 30(4): 4-6, 10.
- [5] SHI Y, YE CJ, WANG HS, et al. The impact of a closed-loop electronic blood transfusion system on transfusion errors and staff time in a children's hospital [J]. *Transfus Clin Biol*, 2022, 29(3): 250-252.
- [6] 洪建,杜明超,周典,等.闭环合理输血管理系统建设的实践与探索[J]. *中国数字医学*, 2017, 12(8): 82-84.
- [7] 侯梦薇,兰欣,王宝燕,等.多闭环管理模式在保证临床用血安全中的探索与实践[J]. *中国数字医学*, 2022, 17(4): 66-69.
- [8] 胡文静,朱培元,李萌,等.南京市属 68 家医疗机构的输血管理现状调查[J]. *中国输血杂志*, 2018, 31(3): 277-279.
- [9] 陈红.九江地区二级以上医院输血科(血库)督导检查回顾[J]. *实验与检验医学*, 2015, 33(1): 123-125.
- [10] 于强,姜关亮,于视丽,等.潍坊市二级及以上医院输血科(血库)建设情况调查分析[J]. *菏泽医学专科学校学报*, 2020, 32(4): 37-38.
- [11] 张慧,闻才李,孙蝶,等.上海市某区输血质控督察分析与思考[J]. *中国输血杂志*, 2022, 35(5): 575-579.
- [12] 谭金哲,谭斌.输血专业进修生培训与考核模式的改革与思考[J]. *继续医学教育*, 2022, 36(5): 5-8.
- [13] 余泽波,阙文君,詹廷西,等.输血科的功能定位及其实现[J]. *中国输血杂志*, 2020, 33(5): 421-424.
- [14] 李云.福州市地区医疗机构输血科(血库)建设情况分析[J]. *中国卫生标准管理*, 2023, 14(19): 170-173.
- [15] 彭燕华,高婧,钟燕玲.深圳市新建三级医院临床输血质量控制现状分析与思考[J]. *现代医院*, 2023, 23(8): 1211-1215.
- [16] 江素君,吴世泉,徐雪梅,等.2021年衢州地区医疗机构输血安全状况分析[J]. *全科医学临床与教育*, 2022, 20(5): 445-447.
- [17] 吴一平.浙江省医疗机构输血科和血库的发展现状分析[J]. *中国输血杂志*, 2019, 32(9): 921-925.
- [18] 宋俊贞,王凤红,石翠英,等.基于持续改进理念促进二级医疗机构输血科(血库)建设:以河北省为例[J]. *中国卫生质量管理*, 2024, 31(10): 96-100.
- [19] 潘丽.实施等级医院评审对临床输血管理持续改进的促进作用研究[J]. *中国卫生标准管理*, 2023, 14(12): 63-66.
- [20] 杨正,张敏,李鹏,等.血液冷链管理问题分析与应对策略[J]. *中国卫生质量管理*, 2019, 26(1): 121-123.
- [21] 郑拉让,张博宏,张海林,等.临床输血准入及质量评价体系探索[J]. *中国卫生质量管理*, 2017, 24(4): 84-86.
- [22] 怀晴雨,应娇茜,姜达伟,等.临床用血审核制度关键因素分析与对策建议[J]. *中国卫生质量管理*, 2023, 30(2): 8-11.
- [23] LAKADE S, KSHIRSAGAR M, KHAN A, et al. AI-driven blood bank management system: improving blood supply chains with smart technology [J]. *ISJEM*, 2025, 4(5): p1.
- [24] HONG KC, LING TC, KOLANDAISAMY RA, et al. Generative AI-powered synthetic data for enhancing predictive analytics in blood donation supply management: a comparative study of machine learning models [J]. *IJASEIT*, 2025, 15(1): 9-19.

通信作者:

崔颖:西安交通大学第一附属医院输血科主任

E-mail: cuiying@xjtuqh.edu.cn

收稿日期:2025-09-01

修回日期:2025-11-28

本文编辑:吴小红

(上接第5页)

- [4] 胡文静,朱培元,李萌,等.南京市属 68 家医疗机构的输血管理现状调查[J]. *中国输血杂志*, 2018, 31(3): 277-279.
- [5] 陈红.九江地区二级以上医院输血科(血库)督导检查回顾[J]. *实验与检验医学*, 2015, 33(1): 123-125.
- [6] 于强,姜关亮,于视丽,等.潍坊市二级及以上医院输血科(血库)建设情况调查分析[J]. *菏泽医学专科学校学报*, 2020, 32(4): 37-38.
- [7] 张慧,闻才李,孙蝶,等.上海市某区输血质控督察分析与思考[J]. *中国输血杂志*, 2022, 35(5): 575-579.
- [8] 谭金哲,谭斌.输血专业进修生培训与考核模式的改革与思考[J]. *继续医学教育*, 2022, 36(5): 5-8.
- [9] 余泽波,阙文君,詹廷西,等.输血科的功能定位及其实现[J]. *中国输血杂志*, 2020, 33(5): 421-424.
- [10] 李云.福州市地区医疗机构输血科(血库)建设情况分析[J]. *中国卫生标准*

通信作者:

李军:重庆市血液中心主治医师

E-mail: 42014452@qq.com

收稿日期:2025-10-27

修回日期:2025-12-15

本文编辑:吴小红