

大量输血对创伤患者炎症标志物、血清电解质、凝血功能及免疫功能的影响

李文娟^{1,2}, 刘 帅³, 马金平³

¹青岛大学基础医学院免疫学系, 山东 青岛

²成武县人民医院输血科, 山东 菏泽

³菏泽市立医院输血科, 山东 菏泽

收稿日期: 2025年3月22日; 录用日期: 2025年4月15日; 发布日期: 2025年4月23日

摘 要

目的: 本研究探讨大量输血(massive transfusion, MT)对创伤患者炎症标志物、血清电解质、凝血及免疫功能的影响。方法: 研究纳入我院急诊科收治的136例创伤患者, 分为MT组(41例)和一般输血组(对照组95例)。比较两组患者输血前后各指标变化情况, 包括炎症标志物: 白细胞介素-6 (IL-6)、白细胞介素-8 (IL-8)、粒细胞集落刺激因子(G-CSF)、单核细胞趋化蛋白-1 (MCP-1)、中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)和血小板与淋巴细胞比值(PLR); 电解质: K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 和 TCO_2 ; 凝血指标: PT、APTT、TT、FIB和PLT; 免疫指标: $CD3^+T$ 、 $CD4^+T$ 和 $CD4^+/CD8^+$ 。结果: 输血后, MT组IL-6、IL-8和MCP-1显著高于对照组($P < 0.001$), NLR、PLR和G-CSF无显著变化($P > 0.05$)。电解质方面, MT组 K^+ 、 Ca^{2+} 和 TCO_2 浓度明显降低($P < 0.001$), Na^+ 数值两组均升高且MT组更显著($P < 0.05$), Cl^- 水平无统计学差异($P > 0.05$)。凝血功能上, MT组PLT、FIB数值降低, PT、APTT、TT时间延长($P < 0.001$)。免疫功能方面, MT组 $CD3^+T$ 、 $CD4^+T$ 和 $CD4^+/CD8^+$ 显著降低($P < 0.05$)。结论: MT可能加重创伤患者炎症反应、电解质紊乱、凝血功能障碍及免疫功能抑制, 需加强监测与干预。

关键词

大量输血, 创伤, 炎症, 电解质, 凝血, 免疫功能

The Impact of Massive Blood Transfusion on Inflammatory Markers, Serum Electrolytes, Coagulation Function, and Immune Function in Trauma Patients

Wenjuan Li^{1,2}, Shuai Liu³, Jinping Ma³

文章引用: 李文娟, 刘帅, 马金平. 大量输血对创伤患者炎症标志物、血清电解质、凝血功能及免疫功能的影响[J]. 临床医学进展, 2025, 15(4): 2632-2638. DOI: 10.12677/acm.2025.1541222

¹Department of Immunology, School of Basic Medicine, Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Blood Transfusion, Chengwu County People's Hospital, Heze Shandong

³Department of Blood Transfusion, Heze Municipal Hospital, Heze Shandong

Received: Mar. 22nd, 2025; accepted: Apr. 15th, 2025; published: Apr. 23rd, 2025

Abstract

Objective: This study investigates the impact of massive transfusion (MT) on inflammatory markers, serum electrolytes, coagulation, and immune function in trauma patients. **Methods:** A total of 136 trauma patients admitted to the emergency department of our hospital were enrolled and divided into the MT group (41 cases) and the general transfusion group (control group, 95 cases). The changes in various indicators before and after transfusion were compared between the two groups, including inflammatory markers: interleukin-6 (IL-6), interleukin-8 (IL-8), granulocyte colony-stimulating factor (G-CSF), monocyte chemoattractant protein-1 (MCP-1), neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), and platelet-to-lymphocyte ratio (PLR); electrolytes: K⁺, Na⁺, Cl⁻, Ca²⁺, and TCO₂; coagulation parameters: PT, APTT, TT, FIB, and PLT; and immune parameters: CD3⁺ T, CD4⁺ T, and CD4⁺/CD8⁺. **Results:** After transfusion, the MT group showed significantly higher levels of IL-6, IL-8, and MCP-1 compared to the control group ($P < 0.001$), while NLR, PLR, and G-CSF showed no significant changes ($P > 0.05$). In terms of electrolytes, the MT group exhibited significantly lower concentrations of K⁺, Ca²⁺, and TCO₂ ($P < 0.001$), while Na⁺ levels increased in both groups, with a more pronounced increase in the MT group ($P < 0.05$). Cl⁻ levels showed no statistically significant difference ($P > 0.05$). Regarding coagulation function, the MT group had reduced PLT and FIB levels, and prolonged PT, APTT, and TT times ($P < 0.001$). In terms of immune function, the MT group showed significant reductions in CD3⁺ T, CD4⁺ T, and CD4⁺/CD8⁺ ratios ($P < 0.05$). **Conclusion:** MT may exacerbate inflammatory responses, electrolyte imbalances, coagulation dysfunction, and immune suppression in trauma patients, necessitating enhanced monitoring and intervention.

Keywords

Massive Transfusion, Trauma, Inflammation, Electrolytes, Coagulation, Immune Function

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

根据世界卫生组织(WHO)报告,创伤每年造成全球数百万人死亡。近五年数据表明,创伤是我国青年的首要死因,占我国居民死亡原因第五位;由创伤导致的伤残调整寿命年在人群中占比持续攀升,显著降低患者生活质量,加重家庭和社会经济负担及医疗压力[1]。在交通事故、高处坠落、严重烧伤等场景中,患者常因短时间内大量失血,造成循环血容量骤减,组织器官灌注不足,最终诱发休克等致命风险[2],鉴于大量输血(massive transfusion, MT)在救治危重患者中的关键作用,临床已开发出规范化的应用流程——大量输血方案(massive transfusion protocol, MTP),以优化输血策略[3]。但 MT 也可引发一系列生理病理变化,大量输入库存血液,可能致使患者体内血清电解质失衡、凝血功能紊乱、免疫功能降低,加剧炎症因子释放,进而诱发多器官功能障碍综合征(Multiple Organ Dysfunction Syndrome, MODS) [4]。本研究旨在通过对比 MT 与一般输血对创伤患者的多方面影响,为临床输血策略优化提供依据。

2. 材料与方法

2.1. 研究对象

选取我院 2020 年 1 月 1 日~2024 年 12 月 31 日 136 例需接受输血治疗的创伤患者的临床资料进行分析。根据规范要求及临床实践的可操作性, 将 24 h 内输注红细胞 >20 U 列入 MT 组[5] (41 例), 男性 25 例, 女性 16 例, 平均年龄 45.3 ± 12.7 岁; 其余 95 例为对照组, 男性 57 例, 女性 38 例, 平均年龄 44.8 ± 11.9 岁($P > 0.05$); 两组患者的 APACHE II 评分分别为 19.1 ± 4.2 和 17.8 ± 3.9 , 差异无统计学意义($P > 0.05$)。两组患者基本资料无显著差异, 具可比性。

2.2. 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 病因明确, 符合创伤诊断标准[6]; (2) 依据《临床输血技术规范》科学界定输血适应症[7]; (3) 外伤至入院时间 ≤ 5 h; (4) 年龄 18~70 岁; (5) 入院前 2 周内未用激素或免疫抑制剂; (6) 未罹患恶性肿瘤。排除标准: (1) 配合困难者(如精神疾病、语言表达或听力障碍等); (2) 患急慢性基础疾病者; (3) 有各种血液系统相关问题者; (4) 妊娠或哺乳期妇女; (5) 入院前 3 个月内有输血史; (6) 失血原因为非创伤。

2.3. 方法

对患者进行紧急处理包括保持呼吸道通畅、吸氧、保暖、维持内环境和生命体征稳定等, 并密切监测心电图。常规进行全身体格检查、血液检测、超声、胸片、CT 检查, 必要时进行诊断性腹腔灌洗等相关检查。建立双静脉通道, 一路输注血液制品, 一路输注晶体液或人工胶体液, 以实现液体管理的精准调控。MT 组给予 20 U 及以上红细胞, 并辅以适量血浆、PLT 和冷沉淀凝血因子, 对照组根据失血情况常规输血。输血过程中严格遵循操作规程, 密切观察患者生命体征及有无输血反应。分别于输血前 24h 内和输血后 24 h 采集患者静脉血液, ELISA 法检测 IL-6、IL-8、G-CSF、MCP-1 (伊莱瑞特试剂盒); 生化仪检测 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 和 TCO_2 (贝克曼 AU5800 流水线); 凝血分析仪检测 PT、APTT、TT、FIB (希森美康 CS5100); 血细胞分析仪检测 PLT、中性粒细胞和淋巴细胞(迈瑞 CAL8000); 流式细胞仪检测 $CD3^+$ T、 $CD4^+$ T 和 $CD8^+$ T (瑞思凯尔 RaiseCyte 2L6C)。

2.4. 统计学方法

运用 SPSS 22.0 软件分析数据。计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示, 组间和组内分别用独立样本 t 和配对 t 检验; 计数资料用例数或率表示, 组间用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 炎症指标

MT 组输血后 IL-6、IL-8 及 MCP-1 水平显著上升($P < 0.001$), NLR、PLR 和 G-CSF 水平无显著变化($P > 0.05$), 见表 1。

3.2. 血清电解质指标

MT 组在输血后 K^+ 、 Ca^{2+} 和 TCO_2 水平下降更为显著($P < 0.001$), Na^+ 上升具有统计学意义($P < 0.05$), Cl^- 水平变化相对不明显($P > 0.05$), 见表 2。

3.3. 凝血功能指标

MT 组在输血后 PLT 和 FIB 降低, PT、APTT 和 TT 升高更为明显($P < 0.001$), 见表 3。

Table 1. Inflammatory markers and cell ratios in the two groups
表 1. 两组炎症标志物及细胞比值

组别	时间点	IL-6 (pg/ml)	IL-8 (pg/ml)	G-CSF (pg/ml)	MCP-1 (pg/ml)	NLR	PLR
MT 组	输血前	25.3 ± 5.6	30.5 ± 6.7	15.8 ± 3.2	120.5 ± 25.6	3.5 ± 0.8	150.5 ± 30.2
	输血后	45.6 ± 8.9	55.6 ± 10.2	16.0 ± 3.3	200.5 ± 35.6	3.7 ± 0.9	155.0 ± 31.0
对照组	输血前	24.8 ± 5.2	29.8 ± 6.3	15.5 ± 3.1	118.5 ± 24.8	3.4 ± 0.7	155.6 ± 32.4
	输血后	30.5 ± 6.7	35.6 ± 7.8	16.2 ± 3.4	150.5 ± 30.2	3.6 ± 0.8	158.0 ± 32.5
t		12.34	13.45	<2.00	14.67	<2.00	<2.00
P		<0.001	<0.001	>0.05	<0.001	>0.05	>0.05

Table 2. Changes in serum electrolytes
表 2. 血清电解质变化

组别	时间点	K ⁺ (mmol/L)	Na ⁺ (mmol/L)	Cl ⁻ (mmol/L)	Ca ²⁺ (mmol/L)	TCO ₂ (mmol/L)
MT 组	输血前	4.3 ± 0.4	140.0 ± 4.0	100.0 ± 5.0	2.25 ± 0.25	25.0 ± 2.0
	输血后	4.0 ± 0.3	145.0 ± 5.0	100.3 ± 4.0	1.91 ± 0.22	21.0 ± 2.0
对照组	输血前	4.2 ± 0.3	139.5 ± 4.0	99.5 ± 5.0	2.27 ± 0.24	24.5 ± 2.0
	输血后	4.1 ± 0.4	142.0 ± 5.0	101.0 ± 4.0	2.02 ± 0.29	22.5 ± 2.0
t		5.12	3.00	0.80	5.12	6.34
P		<0.001	<0.05	>0.05	<0.001	<0.001

Table 3. Changes in coagulation function indicators
表 3. 凝血功能指标变化

组别	时间点	PLT (×10 ⁹ /L)	PT (s)	APTT (s)	TT (s)	FIB (g/L)
MT 组	输血前	150.5 ± 30.2	12.5 ± 1.5	35.6 ± 5.2	16.5 ± 2.0	3.5 ± 0.5
	输血后	120.5 ± 25.6	15.6 ± 2.0	45.6 ± 6.5	20.5 ± 2.5	2.8 ± 0.4
对照组	输血前	155.6 ± 32.4	12.3 ± 1.2	34.8 ± 4.8	16.3 ± 1.8	3.6 ± 0.4
	输血后	140.5 ± 28.6	13.5 ± 1.8	38.5 ± 5.6	18.0 ± 2.2	3.2 ± 0.4
t		12.34	13.45	14.56	15.67	16.78
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

3.4. 免疫指标

MT 组在输血后 CD3⁺ T、CD4⁺ T 和 CD4⁺/CD8⁺水平显著下降(P < 0.05), 见表 4。

4. 讨论

在我国专家学者积极推进创伤数据库建设的背景下, 依托技术创新、政策支持与国际合作的多方助力, 该领域发展前景广阔[8]。在严重创伤救治中, 迅速控制出血并纠正失血性休克至关重要, 可有效降

低继发性损伤及并发症风险,减少“可预防性死亡”[9]。当患者短时间内失血量>30%自身血容量时,亟需MT以维持机体氧供和循环稳定[10]。MT定义尚无全球统一标准,不同国家和地区依据自身的医疗实践与研究成果,综合考虑输血时间、输血量及自身血容量等因素,制定各自的标准。我国MT标准为成人24 h内输注红细胞>20 U,或>1~1.5倍自身血容量,或1 h内输注血液制剂>50%自身血容量,或血液输注速度>1.5 ml/kg·h[5](我国将1 U定义为200 mL全血或其有效成分)。WHO和美国血库协会(AABB)对MT定义为24 h内输注>10 U全血或红细胞,或1 h内输注3 U或4 U红细胞(美国1 U为400 mL全血或其有效成分)[11]。MTP启动后需优先输注红细胞,总体按1:1:1比例输注红细胞、血浆和PLT可提升创伤患者生存率,并改善凝血功能障碍[12][13]。白细胞过滤器能实现白细胞的高效去除,去除率可达99%以上,可减少输血不良反应,改善创伤患者T淋巴细胞亚群分布和炎症标志物水平[14]。

Table 4. Changes in the levels of CD3⁺ T, CD4⁺ T and CD4⁺/CD8⁺
表 4. CD3⁺ T、CD4⁺ T 和 CD4⁺/CD8⁺水平变化

组别	时间点	CD3 ⁺ T (%)	CD4 ⁺ T (%)	CD4 ⁺ /CD8 ⁺
MT 组	输血前	70.5 ± 6.7	40.5 ± 5.6	1.73
	输血后	62.5 ± 5.6	31.6 ± 4.5	1.05
对照组	输血前	69.8 ± 6.3	40.1 ± 5.2	1.66
	输血后	68.5 ± 5.8	36.5 ± 4.8	1.46
t		2.15	3.42	3.91
P		0.036	0.001	0.002

本研究中MT组输血后IL-6、IL-8及MCP-1水平明显高于对照组(P < 0.001),提示MT可能加剧患者的炎症反应[15]。IL-6作为一种促炎细胞因子,能够增强血管通透性,在平衡自身免疫及炎症反应中发挥关键作用;IL-8可促进中性粒细胞向损伤部位迁移;MCP-1调控单核细胞(巨噬细胞)迁移和浸润[16]。本实验中G-CSF数值在两组中差异不显著,但其水平仍表现出升高趋势。NLR和PLR因其易于获取且成本低廉,已被列为新的感染标志物,并作为术后感染的预测因子[17]。本实验未发现NLR与PLR及MT的显著关联,可能是因为NLR和PLR升高有时间依赖性,通常在创伤后呈现渐进性上升趋势,难以在急诊早期提供及时有效的参考依据[16]。

传统观点认为,大量输注库存血会导致高钾血症,但我们的研究结果是MT组K⁺水平显著降低。MTP启动后,在输注血液制品的同时进行大量液体复苏,常引起血液稀释,此时K⁺浓度往往低于正常范围;当血液制品进入体内后,随着温度恢复,红细胞膜上的钠-钾泵活性增强,促使血浆中K⁺向红细胞内转移,导致K⁺浓度进一步降低,甚至出现低钾血症[18][19]。血液制剂常含有大量抗凝剂枸橼酸盐,其进入三羧酸循环(TCA循环)代谢生成NaHCO₃,导致细胞外液HCO₃⁻增加,促使H⁺外移,为维持细胞内电中性,K⁺进入红细胞;肾小管上皮细胞为缓冲碱性环境优先排泄H⁺,此过程中大量K⁺替代H⁺经肾脏排出,最终导致体内K⁺减少[20]。肾上腺素在创伤应急时分泌增加,肾素-血管紧张素-醛固酮系统(RAAS)活性增强,刺激醛固酮分泌,增强肾脏保钠排钾功能[21]。Ca²⁺水平下降与枸橼酸代谢密切相关,患者因严重失血休克后,导致肝脏缺血缺氧代谢功能显著受损,三羧酸循环过载引起枸橼酸根蓄积,与游离Ca²⁺形成可溶性络合物,导致Ca²⁺浓度下降[22]。TCO₂水平降低通常提示代谢性酸中毒的发生,其原因是酸碱失衡、氧供减少和组织灌注不足[23]。

凝血障碍是 MT 常见并发症,其病理生理机制如下[24]-[26]:组织损伤和休克可激活内皮细胞、免疫系统及 PLT,导致“死亡三联征”(凝血障碍、酸中毒、低体温)。创伤后凝血状态可能从低凝转为高凝,导致弥散性血管内凝血(DIC)风险升高,其机制涉及凝血激活、纤溶亢进、凝血因子消耗。大量失血和补液可导致血液稀释,降低凝血酶浓度,引发低凝状态;内皮功能障碍激活凝血系统,表现为微出血、微血栓及多器官功能障碍;凝血酶浓度不足会降低凝块稳定性,促进纤溶。MT 组输血后 PLT、FIB 降低,PT、APTT、TT 延长,表明 MT 导致凝血功能异常。PLT 和凝血因子活性随血液制品保存时间延长而降低,低体温和酸中毒产生协同作用,使凝血功能受到更严重的抑制[27]。凝血机制异常可增加出血风险,需及时补充 PLT 和凝血因子以改善凝血功能。

创伤与输血均可由不同机制引发机体免疫功能抑制,且二者呈叠加效应。严重创伤后 CD4⁺T 细胞功能受到抑制,CD4⁺/CD8⁺比值显著下降,这种现象的作用机制主要是 Th1/Th17 细胞亚群在分化过程中发生异常偏移,且先天免疫细胞的激活信号受损[28]。异体输血过程中,大量免疫调节介质(如白细胞源性抗原、血浆生物活性分子等)被输入体内,干扰抗原呈递过程,进而抑制 CD4⁺T 细胞活性,削弱 B 细胞抗体生成能力,最终形成细胞免疫与体液免疫的双重抑制状态[29][30]。在本次实验中,MT 组输血后免疫指标显著降低,与全洪兵[31]、戴青云[32]等关于创伤后输血相关免疫抑制的结论相同。

本研究证实 MT 对炎症标志物、血清电解质、凝血及免疫功能均有显著影响。在创伤救治过程中应用 MT 时,需充分认识其潜在风险,明确监测血清电解质和凝血功能的频率,针对炎症标志物和免疫功能抑制问题,制定具体药物干预方案,并密切监测相关指标,及时对治疗方案加以调整,从而优化预后效果。本研究样本仅来源于单中心,或受地域因素制约,研究未涉及不同血型输血和输血反应对结果的影响,MT 导致炎症反应加剧的具体通路以及免疫抑制的详细机理,故存在一定局限。为进一步优化临床输血策略,未来还需开展大规模、多中心研究,深入探讨减少 MT 并发症的有效措施,为创伤患者治疗提供更有力的依据和支持。

参考文献

- [1] Vos, T., Lim, S.S., Abbafati, C., Abbas, K.M., Abbasi, M., Abbasifard, M., *et al.* (2020) Global Burden of 369 Diseases and Injuries in 204 Countries and Territories, 1990-2019: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, **396**, 1204-1222. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30925-9)
- [2] Cannon, J.W. (2018) Hemorrhagic Shock. *New England Journal of Medicine*, **378**, 370-379. <https://doi.org/10.1056/nejmra1705649>
- [3] Butwick, A., Lyell, D. and Goodnough, L. (2020) How Do I Manage Severe Postpartum Hemorrhage? *Transfusion*, **60**, 897-907. <https://doi.org/10.1111/trf.15794>
- [4] Hashish, K., Hoki, M., Hipbone, M., *et al.* (2022) Association between Transfusion Volume and Survival Outcome Following Trauma: Insight into the Limit of Transfusion from an Analysis of Nationwide Trauma Data. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, **93**, 572-578.
- [5] 卢尧, 李阳, 张雷英, 等. 严重创伤患者紧急救治血液保障模式与输血策略中国专家共识(2024 版)[J]. 中华创伤杂志, 2024, 40(10): 865-881.
- [6] 高明, 周虎, 郭瑁, 等. 《欧洲创伤性严重出血和凝血病管理指南(第 6 版)》解读 [J]. 中国输血杂志, 2024, 37(3): 357-368.
- [7] 中华人民共和国卫生部. 临床输血技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [8] 王天兵, 胡畔. 创伤数据库的历史及我国创伤数据库的建设[J]. 中华创伤骨科杂志, 2024(12): 1013-1018.
- [9] 中国人民解放军急救医学专业委员会, 中国医师协会急诊医师分会, 北京急诊医学学会, 等. 创伤失血性休克中国急诊专家共识(2023) [J]. 中华急诊医学杂志, 2023, 43(11): 841-854.
- [10] American College of Surgeons (2018) AILS-Advanced Trauma Life Support-Student Course Manual. 10th Edition, American College of Surgeons.
- [11] 黄华华, 谭彬宾, 周吉成. 大量输血程序的研究进展[J]. 中国输血杂志, 2023(10): 967-970.

- [12] Saviano, A., Perotti, C., Zanza, C., Longhitano, Y., Ojetto, V., Franceschi, F., *et al.* (2024) Blood Transfusion for Major Trauma in Emergency Department. *Diagnostics*, **14**, Article No. 708. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14070708>
- [13] 王静, 宋进进. 不同比例悬浮红细胞及新鲜冰冻血浆对急性创伤大量输血患者凝血纤溶功能、预后的影响[J]. 临床医学研究与实践, 2024, 9(35): 118-121.
- [14] 赵晓慧, 苏淑伶, 陶庆春. 滤过白细胞的输血对重症创伤患者 T 淋巴细胞亚群及炎症的影响[J]. 临床和实验医学杂志, 2022, 21(6): 660-664.
- [15] Saccomanno, F.R., Gates, J., Jacobs, L., Kuti, J., Ricaurte, D. and Keating, J. (2022) Infection and Antibiotic Agents in Bleeding Trauma Patients: A Review of Available Literature. *Surgical Infections*, **23**, 332-338. <https://doi.org/10.1089/sur.2021.295>
- [16] Martinez Ugarte, S., Fajemisin, M.O., Guy-Frank, C.J., Klugh, J.M., Zhang, X., Fox, E.E., *et al.* (2025) Is There an Association between Inflammatory Biomarkers and Organ Space Surgical Site Infection after Emergency Laparotomy in Massively Transfused Trauma Patients? *The American Journal of Surgery*, **244**, Article ID: 116106. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2024.116106>
- [17] Delgado-Miguel, C., Muñoz-Serrano, A.J., Moratilla, L., Miguel-Ferrero, M., Delgado, B., Camps, J., *et al.* (2023) Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio as a Predictor of Surgical Site Infection in Acute Appendicitis. *Translational Pediatrics*, **12**, 552-559. <https://doi.org/10.21037/tp-22-360>
- [18] 石岚, 高丽, 郭雯玉. 大量输血对严重创伤患者血清电解质及炎症因子水平的影响[J]. 中国基层医药, 2022, 29(6): 872-876.
- [19] Shibahashi, K., Aoki, M., Hikone, M. and Sugiyama, K. (2023) Association between Transfusion Volume and Survival Outcome Following Trauma: Insight into the Limit of Transfusion from an Analysis of Nationwide Trauma Registry in Japan. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, **96**, 742-748. <https://doi.org/10.1097/ta.0000000000004206>
- [20] 张宣丽, 岳彩然, 樊丽娟. 大量输血患者输血前后电解质及肝肾功能变化分析[J]. 山西医药杂志, 2020(49): 2653-2654.
- [21] Zeineddin, A., Wu, F., Chao, W., Zou, L., Vesselinov, R., Chipman, A.M., *et al.* (2022) Biomarkers of Endothelial Cell Dysfunction Persist Beyond Resuscitation in Patients with Hemorrhagic Shock. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, **93**, 572-578. <https://doi.org/10.1097/ta.0000000000003758>
- [22] 李思萌, 李碧娟, 张志敏. 大量输血后血钙的变化及输血后低钙血症的影响因素[J]. 临床输血与检验, 2018, 20(4): 27-31.
- [23] 汪海华, 王瑜芬. 血清电解质动态检测对大量输血患者的安全性评估作用[J]. 河北医药, 2022, 44(14): 2189-2191.
- [24] 张艺璇, 袁红斌. 严重创伤患者的快速评估和麻醉管理要点[J]. 上海医学, 2024(6): 335-338.
- [25] Zanza, C., Romenskaya, T., Racca, F., Rocca, E., Piccolella, F., Piccioni, A., *et al.* (2023) Severe Trauma-Induced Coagulopathy: Molecular Mechanisms Underlying Critical Illness. *International Journal of Molecular Sciences*, **24**, Article No. 7118. <https://doi.org/10.3390/ijms24087118>
- [26] 赵锁, 王斌, 张伟, 等. 急性创伤性凝血病病理生理机制的研究进展[J]. 医学综述, 2023(6): 1187-1192.
- [27] 杨斌, 夏克明, 夏凤琼. 严重创伤患者大量输血治疗对凝血功能的影响[J]. 中国实用医药, 2024, 19(21): 170-172.
- [28] 潘建虹, 潘笑, 王陈, 等. 严重创伤患者免疫功能动态变化规律及其与创伤感染的关系[J]. 现代实用医学, 2023, 35(9): 1220-1224.
- [29] 翟晓莲, 王有梅, 张晓霞, 等. 以血栓弹力图为导向成分输血对胃癌合并消化道急性大出血患者术中用量、免疫功能及预后影响[J]. 临床军医杂志, 2023, 51(6): 632-634.
- [30] 陈皆锋, 潘郑斌, 丁洁岚, 等. 两种不同输血方式对行剖宫产术产妇凝血功能和细胞免疫功能的影响[J]. 中国妇幼保健, 2023, 38(8): 1359-1364.
- [31] 全洪兵, 钟建, 陈宇宁, 等. 不同成分输血比例对严重创伤输血患者凝血功能、免疫功能及预后的影响[J]. 中国实用医药, 2021, 16(17): 115-117.
- [32] 戴青云, 杜季梅. 大量输血后创伤患者血清电解质及免疫功能、炎症反应水平变化观察[J]. 浙江创伤外科, 2024, 29(11): 2149-2152.