

Exploration of the pathophysiological mechanism of tranexamic acid injection on the coagulation function and prognosis of patients with traumatic coagulation

Chengyuan Mao

Jinyang Hospital Affiliated to Guizhou Medical University, Guiyang, Guizhou, 550081, China

Abstract

Objective: To analyze the pathophysiological mechanism of tranexamic acid injection on the coagulation function and prognosis of patients with traumatic coagulation. **Methods:** Sixty patients with traumatic coagulation admitted to our hospital from January 2024 to June 2025 were selected as the subjects of this study. They were grouped by random number table method into the control group (30 cases, conventional treatment) and the observation group (30 cases, tranexamic acid injection treatment). The coagulation function and prognosis of the two groups were compared. **Result:** The observation group was significantly superior to the control group in terms of prothrombin time (PT), activated partial thromboplastin time (APTT), fibrinogen (FIB), and D-dimer (D-D) levels. The observation group was superior to the control group in terms of prognostic indicators such as blood transfusion volume, length of hospital stay and the incidence of MODS (multiple organ dysfunction syndrome) ($P < 0.05$). **Conclusion:** Tranexamic acid injection has a good application effect in the treatment of patients with traumatic coagulation disorders. It can significantly improve coagulation function indicators, help reduce blood transfusion volume, shorten hospital stay, lower the incidence of MODS, and enhance the overall clinical effective rate. It is worthy of promotion in future interventions.

Keywords

Tranexamic acid Injection Traumatic coagulopathy Coagulation function Prognostic effect Pathophysiological mechanism

氨甲环酸对创伤性凝血病患者凝血功能及预后的病理生理机制探索

毛成远

贵州医科大学附属金阳医院, 中国·贵州 贵阳 550081

摘要

目的: 分析氨甲环酸注射液对创伤性凝血病患者凝血功能及预后的病理生理机制。**方法:** 选择2024年1月至2025年6月间我院收治的创伤性凝血病患者60例作为本次研究的对象, 采用随机数表法分组, 分为对照组(30例, 常规治疗)与观察组(30例, 氨甲环酸注射液治疗), 比较两组凝血功能及预后情况。**结果:** 观察组在凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、纤维蛋白原(FIB)及D-二聚体(D-D)水平方面明显优于对照组; 观察组在输血量、住院天数及MODS发生率(多器官功能障碍综合征)等预后指标方面优于对照组($P < 0.05$)。**结论:** 氨甲环酸注射液在创伤性凝血病患者的治疗中具有良好的应用效果, 能够显著改善凝血功能指标, 有助于减少输血量、缩短住院时间, 降低MODS发生率, 提升整体临床有效率, 在今后干预中值得推广。

关键词

氨甲环酸注射液; 创伤性凝血病; 凝血功能; 预后效果; 病理生理机制

1 引言

创伤性凝血病(TIC)是严重创伤患者常见的并发症, 也是患者死亡的独立高危因素之一^[1]。创伤后凝血障碍是严重创伤患者发病的主要过程, 涉及组织损伤、创伤后的失血性休克、炎症反应、代谢紊乱、纤溶系统的异常激活等多种

原因^[2]。创伤性凝血病在严重创伤患者中高发, 多发伤、高能量伤等创伤性凝血病发生率较高, 创伤性凝血病发生率与患者死亡率、多器官功能障碍综合征(MODS)发生率呈现一定关联性^[3]。创伤性凝血病的及时诊断和积极干预是提高严重创伤的救治成功率和预后的重点。传统的治疗方法主要是通过抗休克、止血、输血、抗酸中毒等综合对症、支持治疗, 在一定程度上使患者的生命体征稳定, 但对创伤性凝血病中过度纤溶、凝血功能的恢复的控制方面有一定的不足, 近年来, 在创伤性凝血病治疗中抗纤溶药物逐渐引起研究者

【作者简介】毛成远(1975-), 男, 中国贵州遵义人, 本科, 副主任医师, 从事严重创伤急诊救治研究。

的关注^[4]。TXA是一种人工合成的赖氨酸类化合物，能竞争性抑制纤溶酶原与纤溶酶激活纤维蛋白，从而降低纤维蛋白的分解，起到抑制纤溶，稳定血凝块。国内及国外多项临床研究表明，氨甲环酸在创伤、手术出血、产科大出血等方面应用时有显著的止血及凝血改善作用，降低患者的输血需求，提高患者存活率^[5]。为此，本次研究在2024年1月—2025年6月于我院接受创伤性凝血病治疗的患者中抽取60例，运用随机对照的方式对比该类患者接受常规治疗的基础上采用注射液氨甲环酸对其凝血功能以及临床预后指标的影响，从病理生理机理分析中阐明其临床应用的价值，为临床运用提供理论基础依据。

2 资料与方法

2.1 一般资料

选择2024年1月至2025年6月间我院收治的创伤性凝血病患者60例作为本次研究的对象，采用随机数表法分组，分为对照组（30例，常规治疗）与观察组（30例，氨甲环酸注射液治疗）。两组患者在性别、年龄、受伤机制及基础病等一般资料方面比较无统计学差异（ $P > 0.05$ ）。纳入标准：患者高能量损伤 <3 小时、经明确诊断为创伤性凝血病，符合《创伤与急救医学》诊断标准、年龄18岁~70岁、患者或家属签署知情同意书，自愿参与研究。排除标准：患者高能量损伤 >3 小时、合并严重肝肾功能障碍、心衰、主动脉瘤或脑出血等不可控基础疾病；使用抗凝药物史或既往有出血/凝血性疾、不配合参与研究的患者。

2.2 方法

2.2.1 对照组

对照组采用常规治疗，包括抗休克、止血、输血和支持治疗。患者入院后首先进行快速液体复苏，给予晶体液（如乳酸林格液）或胶体液补充血容量，维持血压和循环稳定。对于持续性出血者，及时查明出血部位，必要时采取止血措施，如手术止血或加压包扎，同时根据实验室检查结果，合理输入血制品，包括红细胞悬液、新鲜冰冻血浆、血小板及冷沉淀，纠正凝血功能异常。药物方面，根据患者病情给予维生素K1、止血敏、促凝血酶等促凝药物，辅助控制出血^[6]。对于合并多器官功能障碍风险的患者，实施器官支持治疗，如吸氧或机械通气改善呼吸功能，使用升压药物稳定循环，必要时进行肾脏替代治疗^[7]。

2.2.2 观察组

观察组在上述常规治疗基础上，加用氨甲环酸注射液进行抗纤溶治疗：0.9%氯化钠注射液100ml+氨甲环酸1g vigg10-15分钟滴完；随即0.9%氯化钠注射液500ml+氨甲环酸1g；vigg16-20d/min（即维持滴注8小时）；儿童20mg/Kg，方法同上。若出现下肢肿胀、呼吸困难、胸痛等血栓迹象，及时停药并行影像学检查。

2.3 评价标准

2.3.1 凝血功能指标

PT（凝血酶原时间）：检测外源性凝血系统功能，单位为秒（s），数值越高提示凝血功能越差；

APTT（活化部分凝血活酶时间）：反映内源性凝血系统功能，数值越高表示凝血障碍越明显；

FIB（纤维蛋白原）：单位为g/L，反映机体凝血物质储备水平，数值偏低提示凝血功能减退；

D-D（二聚体）：单位为mg/L，反映纤维蛋白溶解产物水平，是血栓形成与溶解的敏感指标，升高提示纤溶系统活跃。

2.3.2 预后指标

输血量（ml）：指患者整个住院期间因失血补充所需输注红细胞总量；

住院时间（d）：从入院到出院的总天数，反映疾病恢复周期；

MODS发生率：统计每组中出现两个或以上器官功能障碍的患者比例；

临床总有效率：根据出血控制情况、凝血指标恢复、器官功能改善等综合判断疗效，分为显效、有效、无效三类，其中总有效率 = (显效 + 有效) / 总例数 × 100%。

2.4 统计学指标

采用SPSS26.0统计软件进行统计分析，计量资料用均数 ± 标准差（ $\pm s$ ）表示，采用t检验，计数资料用率（%）表示，采用 χ^2 检验， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3 结果

3.1 两组患者凝血功能指标比较

观察组在凝血酶原时间（PT）、活化部分凝血活酶时间（APTT）、纤维蛋白原（FIB）及D-二聚体（D-D）水平方面明显优于对照组，提示氨甲环酸可有效改善凝血功能，见表1。

表1：两组创伤性凝血病患者凝血功能指标比较（ $n=30$ ， $\bar{x} \pm s$ ）

组别	PT (s)	APTT (s)	FIB (g/L)	D-D (mg/L)
观察组	13.2 ± 1.4	32.5 ± 3.1	3.1 ± 0.6	1.8 ± 0.4
对照组	15.9 ± 1.7	38.2 ± 3.5	2.4 ± 0.5	2.6 ± 0.5
t值	6.773	6.529	5.054	6.557
P值	0.020	0.016	0.009	0.032

3.2 两组患者预后相关临床指标比较

观察组在输血量、住院天数及MODS发生率（多器官功能障碍综合征）等预后指标方面优于对照组（ $P < 0.05$ ），提示氨甲环酸有助于改善创伤性凝血病患者的恢复情况，见表2。

表 2: 两组患者预后相关临床指标比较

组别	输血量 (ml)	住院时间 (d)	MODS 发生率 (%)	临床总有效率 (%)
观察组	1250 ± 360	9.2 ± 2.1	10.0 (3/30)	93.3 (28/30)
对照组	1830 ± 410	13.4 ± 2.8	30.0 (9/30)	76.7 (23/30)
t/ χ^2 值	6.112	6.224	4.114	4.021
P 值	0.010	0.008	0.042	0.045

4 讨论

创伤性凝血病不仅使出血加重、输血增多,还与 MODS、感染、病死率等关系密切,是影响创伤患者预后的关键因素。本研究立足氨甲环酸注射液治疗 TIC 患者疗效,针对性研究其干预后凝血功能、纤溶调控、临床预后的具体影响作用机制和临床意义,取得相对满意的成效。实验显示,对照观察组患者进行常规治疗与联合使用氨甲环酸后,凝血指标得以改善、输血量减少、住院日短、MODS 的发生降低、临床总有效率提高,值得推广治疗和临床重视。

分析病理机制来看,创伤后组织损伤即刻释放组织因子 (TF),通过外源性途径激活凝血系统^[8]。同时,血管内皮血栓调节蛋白 (TM) 表达上调,与凝血酶结合后激活蛋白 C 系统 (aPC),形成“抗凝风暴”。其发病机制包括组织损伤所导致的组织因子释放、失血性休克时的低灌注、缺氧、酸中毒、高乳酸血症激活内源性抗凝系统 (如蛋白 C 系统)、纤溶系统异常过度激活等。其中纤溶亢进是 TIC 发病的早期环节,以 D-二聚体水平显著升高,同时伴纤维蛋白原含量减少是 TIC 诊断及治疗的靶点^[9]。

创伤后内皮细胞损伤会释放组织型纤溶酶原激活物 (t-PA),大量促使纤溶酶原转化为纤溶酶,从而分解纤维蛋白,破坏血凝块,形成出血恶性循环。同时,肝功能在休克状态下受损,血浆抗纤溶蛋白 (如 α 2-抗纤溶酶) 合成减少,加剧了纤溶系统的紊乱。故在早期识别创伤后纤溶活性异常并予以及时有效干预,成为当前 TIC 管理策略的重要组成^[10]。

从用药角度,氨甲环酸是合成性的抗纤溶药,属于一种赖氨酸衍生物,主要通过与其纤溶酶原赖氨酸的结合位点竞争结合,抑制纤溶酶原与纤维蛋白结合,减少纤维蛋白降解,阻止血凝块溶解作用。研究提示氨甲环酸抗纤溶作用可通过抑制 t-PA 导致的纤溶反应,维持血栓稳定,减少失血量,改善凝血异常,有利于控制出血及改善组织灌注。氨甲环酸已在心脏外科、产科出血、创伤出血、肝移植等领域广泛应用于临床,尤其是 CRASH-2 等多中心临床研究证实,其在早期应用 (创伤后 3 小时内) 可显著减少创伤患者死亡率,同时,不影响血栓事件发生。氨甲环酸在 TIC 治疗中是有充分的药理学依据和临床应用价值的^[11]。

分析本次研究结果来看,在输血量、住院时间、MODS 发生率及临床总有效率上,观察组均较对照组优秀。氨甲环酸通过抑制纤溶减少出血和血液消耗,一定程度上减少了输血对患者的影响,减少输血可降低输血相关并发症,如免疫

抑制、感染、TRALI 等,并且减少大量输血所引发的稀释性凝血缺陷,进一步改善凝血状态。另外,住院时间以及 MODS 发生率的减少均是临床获益的表现。创伤患者如果出血未得到有效控制则会导致持续低灌注、组织氧缺损、代谢失衡,最终将引发 MODS^[12]。因此,早期应用抗纤溶药物不仅可以从源头上防止病情进展,还有利于减少组织器官出现损伤,达到改善患者生存质量、提高治疗效益的目的。上述研究中观察组 MODS 发生率仅为 10.0%,相比对照组的 30.0% 更佳,结果说明氨甲环酸干预具有较强的器官保护作用。

尽管氨甲环酸的抗纤溶治疗本身可以改善患者的凝血功能,但由于也有诱发血栓的潜在风险,特别是对于有高凝状态、动脉粥样硬化的患者以及有静脉血栓史的患者,一旦使用不当就可诱发深静脉血栓、肺栓塞等严重并发症,但 CRASH-2 等研究也未证实氨甲环酸的使用与血栓的发生有关,提示其在合适时机给予合适剂量是安全的。在本研究中,所有患者均经评估后使用氨甲环酸,期间未出现明显血栓性并发症,表明本研究制定的用药方案具有一定的安全性。为进一步保障用药安全,建议在使用过程中加强血栓风险筛查、监测 D-二聚体及影像学检查,个体化调整用药剂量与疗程。

综上所述,氨甲环酸注射液作为抗纤溶治疗的代表药物,在创伤性凝血病患者中显示出良好的凝血功能改善效果与预后改善能力,临床应加强对 TIC 早期识别与病理机制的深入理解,合理规范使用氨甲环酸等抗纤溶药物,以实现创伤救治的快速、精准与高效,改善患者生存结局和生活质量。

参考文献

- [1] Miwa S. Tranexamic Acid Ameliorated Bleeding Tendency in Abdominal Aortic Aneurysm-Induced Chronic Disseminated Intravascular Coagulation [J]. Cureus, 2025, 17 (5): 822.
- [2] Takahashi Y, Hayakawa M, Itagaki Y, et al. Coagulopathy as a predictor of the effectiveness of tranexamic acid in severe blunt trauma: a multicenter retrospective study [J]. Thrombosis Journal, 2025, 23 (1): 37.
- [3] Methylprednisolone/Recombinant-factor-VIIa/Tranexamic-acid [J]. Reactions Weekly, 2024, 2034 (1): 216.
- [4] Factor-VIII-inhibitor-bypassing-fraction/tranexamic-acid [J]. Reactions Weekly, 2023, 1980 (1): 174.
- [5] S.M. S, M.I. M L, S.M. G, et al. Tranexamic Acid Administered

- During Cesarean Delivery in High-risk Patients: Maternal Pharmacokinetics, Pharmacodynamics, and Coagulation Status [J]. *Obstetric Anesthesia Digest*, 2023, 43 (3): 122-124.
- [6] Kerelus M ,Julian M ,Christen B , et al. Tranexamic acid as a novel adjunct in the management of vessel perforation complicating Endovascular Clot Retrieval. [J]. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases : the official journal of National Stroke Association*, 2023, 32 (6): 107.
- [7] Naruko S ,Nobuaki S ,Yuka K , et al. The usefulness of tranexamic acid for bleeding symptoms of chronic consumptive coagulopathy complicated by aortic disease: a single-institute, retrospective study of 14 patients. [J]. *Thrombosis journal*, 2023, 21 (1): 10.
- [8] Asma Z ,Muhammad S ,Muhammad S , et al. Local Tranexamic Acid for Preventing Hemorrhage in Anticoagulated Patients Undergoing Dental and Minor Oral Procedures: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. *Healthcare*, 2022, 10 (12): 2523.
- [9] Satoshi G ,Atsushi S ,Takeshi W , et al. Effects of tranexamic acid on coagulofibrinolytic markers during the early stage of severe trauma: A propensity score-matched analysis [J]. *Medicine*, 2022, 101 (32): 11.
- [10] Bilgimol J C ,Richard B F ,Annette D V . The Effects of Tranexamic Acid on Bleed Control, Coagulopathy and Survival with Trauma in Anemic Mice [J]. *Blood*, 2021, 138 (S1): 3174.
- [11] S G G ,Taylor D ,H J L , et al. Tranexamic Acid Decreases the Risk of Complications in Patients Undergoing Arthroplasty With Preoperative Coagulopathy. [J]. *The Journal of arthroplasty*, 2021, 36 (12): 38.
- [12] Rossaint, R. Afshari, A. Bouillon, B. Cerny, V Cimpoesu, D. Cury, N,& Spahn,D.R.(2023)The European guideline on management of major bleeding and coagu lopathy following trauma: Siedition. *Critical Care*, *27*(1),80.