

氨甲环酸在烧伤患者围术期应用安全性和有效性的 Meta 分析

Meta – analysis of safety and efficacy of tranexamic acid in perioperative burn patients

孙 晶^{1a}, 孟 昌^{1b}, 赵 月^{1b},
白 莹^{1a}, 王术芳^{1b}, 缪国斌^{1b}

(1. 应急总医院 a. 重症医学科; b. 急诊科,
北京 100028)

SUN Jing^{1a}, MENG Chang^{1b},
ZHAO Yue^{1b}, BAI Ying^{1a},
WANG Shu – fang^{1b},
MIAO Guo – bin^{1b}

(1. a. Department of Critical Care
Medicine, b. Department of Emergency,
Emergency General Hospital, Beijing
100028, China)

基金项目: 国家重点研发计划资助项目
(2023YFC3011904)

作者简介: 孙晶(1987 –), 女, 主治医师, 主要
从事急重症围术期管理的相关研究

通信作者: 缪国斌, 主任医师, 硕士生导师

Tel: (010) 87935426

E – mail: guobinpeking@163. com

摘要:目的 氨甲环酸在烧伤患者围术期应用的安全性和有效性尚存争议, 本文旨在研究氨甲环酸在围术期应用的安全性和有效性。**方法** 系统检索 Pubmed、Embase、Cochrane Library、中国知网(CNKI)、万方等数据库涉及氨甲环酸在烧伤患者围术期的研究, 检索时间截至 2025 年 3 月 1 日, 评价指标包括围术期失血总量、围术期输血事件、手术时间、全因死亡率及不良事件发生率等。用 RevMan 5.4.1 进行 Meta 分析, 根据 Cochrane 的 ROB 2 工具和 Robins – 1 工具进行偏倚风险评估。**结果** 最终纳入 7 篇研究, 累计例数 465 例, 其中氨甲环酸干预组 218 例, 对照组 247 例。结果表明, 氨甲环酸组围术期失血总量显著低于对照组 [MD = –165.01, 95% 置信区间(CI) (–210.13 ~ –119.89), $P < 0.001$], 氨甲环酸可降低手术时间 [MD = –8.32, 95% CI (–14.55 ~ –2.09), $P = 0.009$] 和围术期输血事件发生风险 (OR = 0.26, 95% CI 0.15 ~ 0.44, $P < 0.001$), 并且氨甲环酸不增加全因死亡率 (OR = 0.67, 95% CI 0.33 ~ 1.36, $P = 0.27$)。**结论**

氨甲环酸应用于围术期的烧伤患者可降低失血总量, 缩短手术时间, 降低围术期输血事件发生风险, 不增加全因死亡率。氨甲环酸对于围术期烧伤患者可作为一种有价值的辅助手段。

关键词: 氨甲环酸; 烧伤; 围术期; Meta 分析

DOI: 10.13699/j.cnki.1001–6821.2025.18.017

中图分类号: R644 **文献标志码:** B

文章编号: 1001–6821(2025)18–2667–07

Abstract: Objective The safety and efficacy of tranexamic acid in the perioperative period of burn patients remain controversial. This study aimed to investigate the safety and efficacy of tranexamic acid in perioperative burn patients. **Methods** A systematic search was conducted in Pubmed, Embase, Cochrane Library, China national knowledge infrastructure (CNKI), Wanfang, and other databases up to March 1, 2025, for studies on the use of tranexamic acid in perioperative burn care. The primary outcomes included total perioperative blood loss, perioperative blood transfusion events, operative time, all – cause mortality, and incidence of adverse events. Meta – analysis was performed using RevMan 5.4.1, with risk of bias assessed using Cochrane’s ROB 2 tool and Robins – 1 tool. **Results** Seven studies were included, comprising a total of 465 cases (218 in the tranexamic acid intervention group and 247 in the control group). The findings demonstrated that the total perioperative blood loss in the tranexamic acid group was significantly lower than in the control group [MD = –165.01,

95% confidence interval (CI) (- 210.13 to - 119.89), $P < 0.001$]. Additionally, tranexamic acid reduced operative time [MD = - 8.32, 95% CI (- 14.55 to - 2.09), $P = 0.009$] and perioperative blood transfusion events (OR = 0.26, 95% CI 0.15 - 0.44, $P < 0.001$), without increasing all - cause mortality (OR = 0.67, 95% CI 0.33 to 1.36, $P = 0.27$). **Conclusion** Tranexamic acid is effective in reducing total perioperative blood loss, shortening operative time, and decreasing the risk of perioperative blood transfusion events in burn patients, without increasing all - cause mortality. Thus, tranexamic acid can serve as a valuable adjunct in perioperative management for burn patients.

Key words: tranexamic acid; burns; perioperative period; Meta - analysis

烧伤是全球第4大损伤^[1],尤其在低收入国家发病率较高^[2],快速去除烧伤焦痂是有效治疗严重烧伤的步骤^[3],早期切(削)痂植皮治疗是目前烧伤患者清除焦痂的核心手段^[4]。然而,此类手术因手术创面大、血管断裂密集,常呈弥漫性出血,加之严重烧伤早期易发生消耗性凝血障碍,因此烧伤患者在术中出现大量失血仍然是主要临床挑战之一,并已被确定为死亡率的独立预测因子^[5],严重影响患者的手术安全、手术质量及术后预后情况。目前临床针对大量失血的烧伤患者,外源性补充血液制品及补液治疗是恢复患者血流动力学参数的有效方法^[6]。然而,有研究表明,输血可增加感染非感染并发症的发生风险及死亡率^[7],而大量输液使血液稀释,导致血小板及凝血因子浓度下降,更易造成出血^[8]。因此,控制烧伤患者血液丢失至关重要,现有文献表明,皮下或局部使用肾上腺素、局部使用凝血酶、止血带等均已被应用于临床,然而,上述技术并没有被广泛应用^[9],开发兼具安全性、有效性和低成本的止血方案仍是烧伤外科需要解决的关键问题。

氨甲环酸(tranexamic acid, TXA)是一种合成赖氨酸类似物,其止血机制主要通过以下途径实现:通过竞争性抑制纤溶酶原转化为纤溶酶,阻断纤溶酶对纤维蛋白的蛋白水解作用,从而有效抑制纤维蛋白凝块的过早溶解。这种双重抑制作用最终表现为延缓纤维蛋白溶解进程,在维持凝血稳定性、控制出血及降低失血量方面具有显著临床价值^[10]。2021年发表的一项 Meta 分析显示(涉及骨科、产科/妇科等外科亚专业),氨甲环酸治疗组围手术期估算失血量显著低于对照组,且静脉血栓栓塞事件发生率未见统计学差异^[11]。值得注意的是,虽在其他患者群体中疗效明确,但该药在烧伤患者手术中的应用尚未得到系统评估。多项研究表明,氨甲环酸可降低烧伤切痂手术中的输血需求并显著减少术中失血量^[7,12]。然而,2024年发表的 Meta 分析^[13]纳入了2篇随机对照试验(randomized

controlled trial, RCT)研究、1项前瞻性观察队列研究和2项回顾性队列研究,结果显示:尽管氨甲环酸的使用可显著降低单位切痂面积失血量及浓缩红细胞输注量,然而,基于2项独立随机对照试验的失血量的 Meta 分析未能证实该药物对总体失血量的显著减少效应。这与最新发表的2项随机对照研究结果相悖^[14-15]。因此本研究纳入最新的随机对照研究,通过 Meta 分析方法,系统评估氨甲环酸在烧伤患者手术治疗中的有效性证据。

资料与方法

1 协议与注册

本荟萃分析是根据《系统评价与荟萃分析报告规范》(PRISMA)指南^[16]进行的。该研究方案已在国际注册系统评价与荟萃分析方案平台数据库(Inplasy 方案编号:INPLASY202530065)中注册,可在Inplasy.com 网站上完整查阅(网址:https://inplasy.com/inplasy-2025-3-0065/)。

2 检索策略

3名研究人员系统检索文献,检索数据库包括 Pubmed、Embase、Cochrane Library、中国知网、万方数据库,检索日期为建库至2025年3月1日。检索主题词为“Tranexamic acid”、“TXA”、“burn injury”、“氨甲环酸”、“烧伤”等。文献类型涵盖随机对照实验和队列研究,选出TXA应用于烧伤患者围术期的相关文献。

3 文献纳入与排除标准

纳入标准 ①原创性研究;②文献语言限定为中文和英文;③研究设计纳入随机对照研究和队列研究;④干预组烧伤患者围术期应用氨甲环酸。

排除标准 ①非原创研究;②重复发表、动物实验;③无法获取原始数据的研究。

4 数据提取和质量评价

2位作者从筛选的文献中提取数据,主要包括年

份、国家、TXA 给药途径和剂量、对照组干预措施、患者性别和年龄,文中讨论的结局指标包括围术期总失血量、输血人数、手术时间以及死亡率。对随机对照研究的质量评价采用 Cochrane 偏移风险评价工具 (risk of bias tool 2,RoB 2.0)。队列研究应用 ROBINS – 进行质量评价,2 位作者独立完成评价后进行交叉检查,如意见产生分歧,由通讯作者进行判定。

5 统计学处理

用 Review Manager 5.4.1 软件进行分析。采用标准 Cochran’s Q 检验和 I²统计量评估试验的异质性,I²值根据 Deeks 的指导原则来解释^[17]。当 P < 0.05 时差异有统计学意义。以比值比 (odds ratio, OR) 或均数差 (mean difference, MD) 作为变量资料效应指标,所有合并结果均需计算 95% 置信区间 (confidence

interval, CI)。当 I² < 50% 且 P ≥ 0.1 时采用固定效应模型,当 I² > 50% 或 P < 0.1 时采用随机效应模型。

结 果

1 检索结果

共检索到 140 篇相关的文献,经去重、阅读摘要、阅读全文共纳入 7 篇英文文献。其中 4 篇^[12,14-15,17]为随机对照研究,3 篇^[7,18-19]为观察性研究,累计例数 465 例,其中 TXA 干预组 218 例,对照组 247 例,TXA 组患者 33.6 ~ 51.7 岁,对照组患者 30.7 ~ 48.3 岁。平均体表烧伤面积均值为 26% ~ 45%,详细信息如表 1 所示。

表 1 设计和纳入荟萃分析的研究结果
Table 1 Design and outcomes of the studies included in the Meta – analysis

研究/年份	例数 (N)	性别 (女/男)	烧伤体表面积%	TXA 使用策略	对照组	主要结局指标	次要结局指标
NADERI/ 2025 ^[14]	TXA (47) 对照组 (47)	TXA (24/23) 对照组 (25/22)	TXA 45.6 ± 15.4 对照组 43.5 ± 15.9	10 mg · kg ⁻¹ 静脉注射后 1 mg · kg · h ⁻¹ 术中持续静脉滴注	等量静脉用生理盐水	术中输血总量	输血事件发生率、输血反应发生例数、移植存活时间、手术时间 (OR 时间)、静脉输液总量、住院时间 (LOS)、全因死亡
GUADALUPE /2024 ^[15]	TXA (15) 对照组 (15)	TXA (9/6) 对照组 (11/4)	TXA 26.46 ± 5.45 对照组 27.1 ± 4.45	术前 10 mg · kg ⁻¹ 静脉注射	等量静脉用生理盐水	术中输血总量	–
AJAI/2021 ^[12]	TXA (15) 对照组 (15)	TXA (12/3) 对照组 (14/1)	TXA 28.45 ± 8.5 对照组 26.72 ± 9.2	术前 15 mg · kg ⁻¹ 静脉注射	等量静脉用生理盐水	单位手术切口失血量	失血总量、术后 HB、术中补液量、输血例数、移植例数、住院时间
BHATIA/ 2017 ^[17]	TXA (25) 对照组 (25)	TXA (15/10) 对照组 (14/11)	TXA 38.64 ± 7.13 对照组 41.80 ± 6.60	术前 10 分钟 15 mg · kg ⁻¹ 静脉注射	等量静脉用生理盐水	术中出血量	输血例数,血红蛋白和红细胞压积水平的变化,烧伤伤口清创/焦痂切除和皮肤移植存活
TAPKING/ 2022 ^[7]	TXA (26) 对照组 (52)	TXA (20/6) 对照组 (43/9)	TXA 33.5 ± 25.20 对照组 38.5 ± 22.61	10 mg · kg ⁻¹ 静脉注射后 1 mg · kg · h ⁻¹ 术中持续静脉滴注	等量静脉用生理盐水	术中至术后 48 小时输血总量	术中及术后 48 小时血浆和血小板输注单位、住院时间、死亡例数、切除区域面积、移植面积
MOHAN/ 2021 ^[18]	TXA (38) 对照组 (38)	TXA (13/25) 对照组 (13/25)	TXA 31 ± 22.97 对照组 31 ± 22.97	敷料浸泡 1:200 000 肾上腺素和 1 000 mg TXA 的 200 mL 等量静脉用生理盐水后外用	敷料浸泡 1:200 000 肾上腺素后外用	单位烧伤面积失血量	移植成功率
DOMINGUEZ/ 2017 ^[19]	TXA (52) 对照组 (55)	TXA (40/12) 对照组 (36/19)	TXA 32.8 ± 18.8 对照组 32.9 ± 16	术前 10 分钟 15 mg · kg ⁻¹ 静脉注射	等量静脉用生理盐水	输血例数和悬浮红细胞用量	需要移植例数、住院时间、悬浮红细胞使用总量、感染发生例数、肾功能不全、多脏器功能障碍、血栓发生例数、死亡数量

2 文献治疗评价

4项RCT研究使用RoB2进行质量评价,2项^[14-15]提示低风险(low),另2项^[12,17]提示有一定风险(some concerns),3项队列^[7,18-19]研究使用ROBIN-1进行质量评价,提示为均为中等风险(moderate)。

3 结局指标

围术期失血总量 5篇文献报道了TXA组与对照组患者围术期失血总量的比较,包括4篇RCT^[12,14-15,17]及1篇观察性研究^[18],研究异质性较大($I^2 = 55\%$),采用随机效应模型,结果表明TXA组患者围术期失血总量显著低于对照组 $[MD = -165.01, 95\% CI (-210.13 \sim -119.89), P < 0.001]$,见图1。

手术时间 共3篇文献^[12,14,17]评估手术时间,研究类型均为随机对照实验,研究异质性小($I^2 = 4\%$),采

用固定效应模型,结果表明TXA组较对照组可缩短手术时间 $[MD = -8.32, 95\% CI (-14.55 \sim -2.09), P = 0.009]$,见图2。

围术期输血事件 4项研究^[14-15,17,19]评估了围术期输血发生事件例数,包括3篇RCT研究^[14-15,17]和1项观察性研究^[19]。研究发现TXA可显著降低输血事件发生风险, $(OR = 0.26, 95\% CI 0.15 \sim 0.44, P < 0.001)$,见图3。

全因死亡率及不良事件 3篇文献^[7,14,19]评估了全因死亡率,研究结果表明TXA不增加全因死亡的发生风险 $(OR = 0.67, 95\% CI 0.33 \sim 1.36, P = 0.27)$,无显著异质性 $(P = 0.68, I^2 = 0\%)$,见图4,纳入的7项研究均统计了不良事件,仅DOMÍNGUEZ等的研究^[19]出现了深静脉血栓,在TXA组和对照组均有出现,结果在统计学上差异无统计学意义。

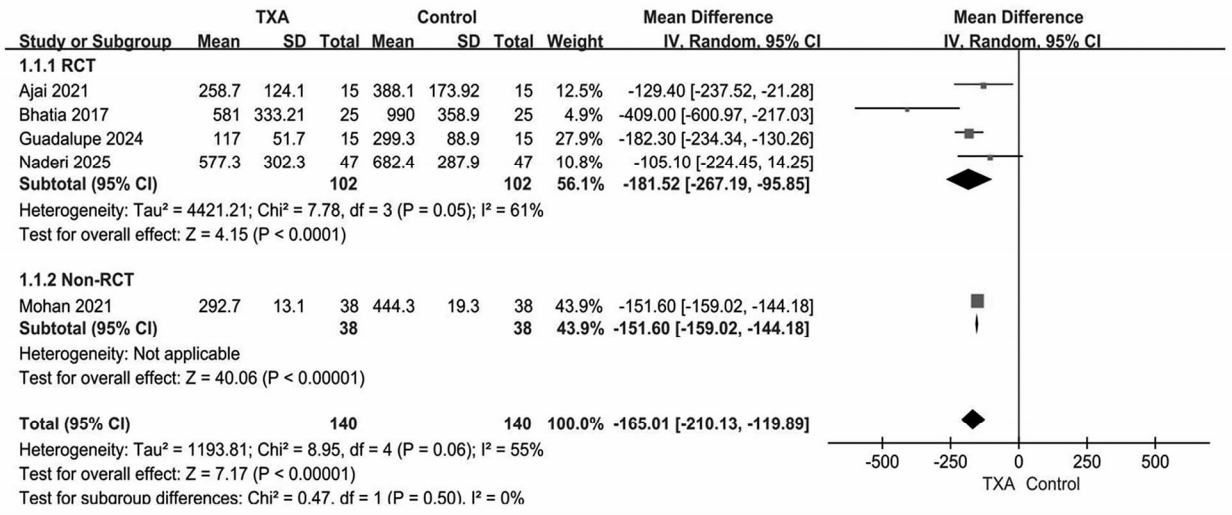


图1 氨甲环酸(TXA)与对照组围术期失血总量的森林图

Figure 1 Forest plot of the total perioperative blood loss in the tranexamic acid(TXA) group and the control group

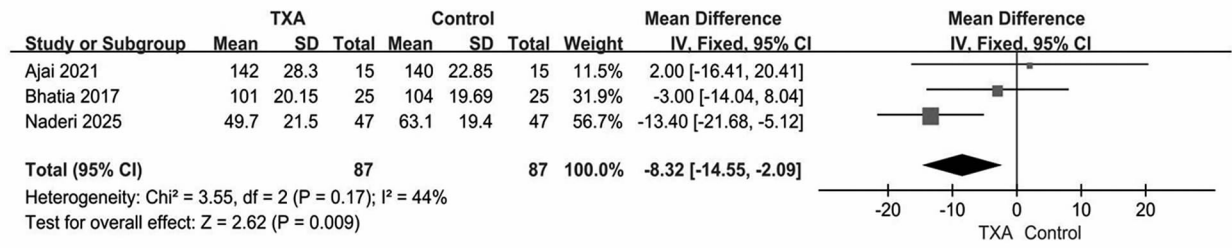


图2 TXA与对照组手术时间的森林图

Figure 2 Forest plot of the operation time between the TXA group and the control group

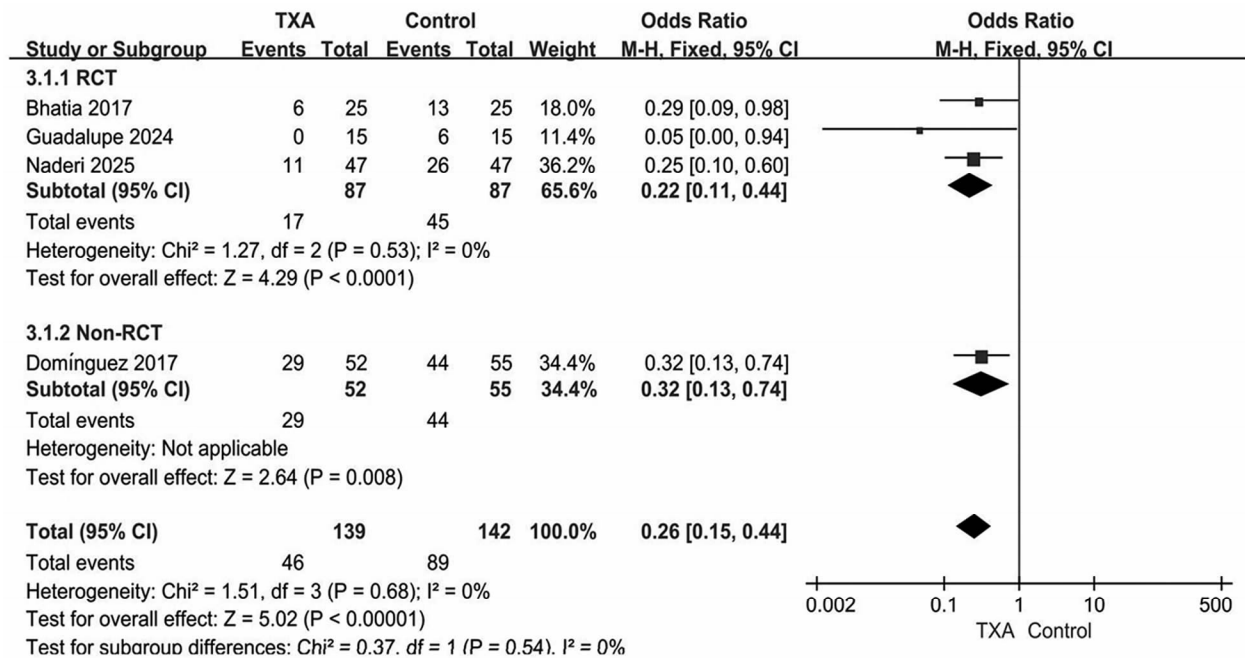


图3 TXA 与对照组围术期输血事件的森林图

Figure 3 Forest plot of perioperative transfusion events between the TXA group and the control group

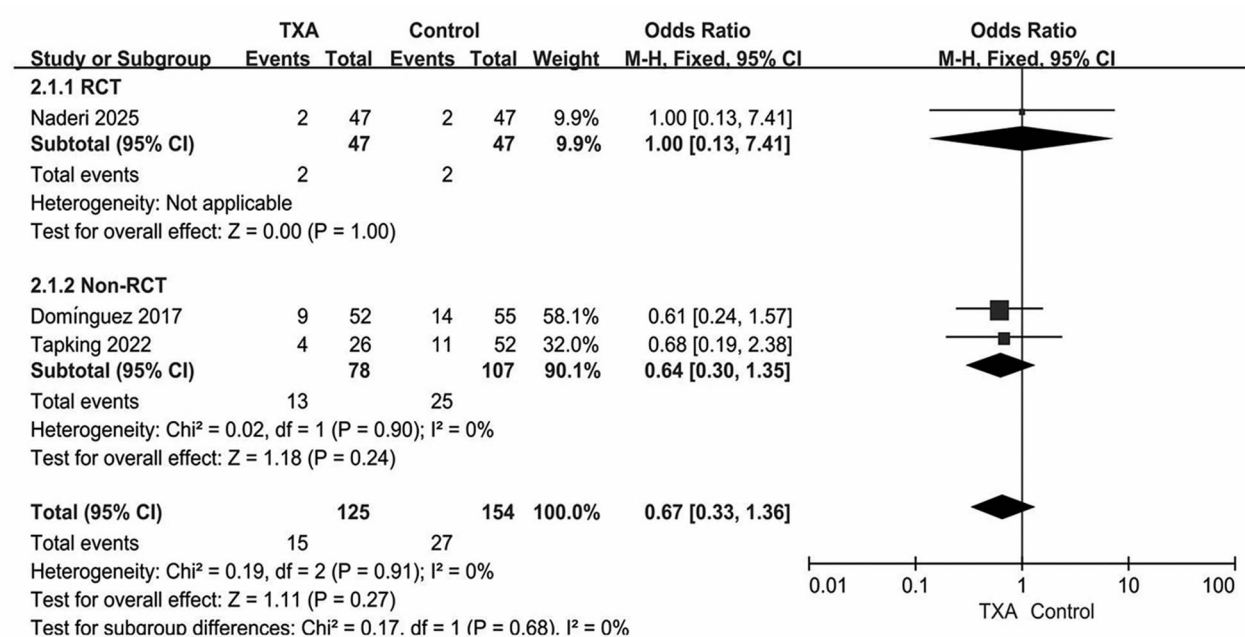


图4 TXA 与对照组全因死亡的森林图

Figure 4 Forest plot of all-cause mortality between the TXA group and the control group

讨论

本研究通过纳入包含最新发表的4项RCT研究、3项队列研究进行Meta分析,旨在评估氨甲环酸应用于烧伤手术患者的安全性和有效性,得出以下结论:术中或术后使用氨甲环酸可减少烧伤患者总失血量

及输血事件发生风险;氨甲环酸可减少烧伤患者的手术时长;氨甲环酸不能改善烧伤手术患者的全因死亡风险,但有下降趋势。相较先前的Meta分析,本研究进一步扩充样本量,纳入最新高质量RCT研究,其研究结果更具说服力,对临床具有指导意义。

烧伤患者术中或术后出血一直是临床重大挑战,是决定此类患者预后的关键因素之一。本研究显

示,烧伤手术患者围术期应用氨甲环酸可显著减少术中及术后失血总量。其机制涉及多系统调控,①抑制纤溶亢进:烧伤患者常出现纤溶亢进,其核心机制是创伤性纤溶酶原激活物(t-PA)过度释放,t-PA与纤维蛋白结合后将纤溶酶原转化为纤溶酶,启动纤溶级联反应^[20],而TXA凭借其赖氨酸相似的分子结构,竞争性结合纤溶酶原的赖氨酸结合位点,抑制纤溶酶生成^[21],从而控制烧伤患者的纤溶亢进,此机制在烧伤急性期(创面渗出阶段)和感染期(二次纤溶高峰)均具有关键调控价值;②调控炎症反应:既往研究表明,烧伤后肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)、白细胞介素-6(interleukin, IL-6)等炎症因子显著升高,不仅与纤溶作用相互促进形成恶性循环,更会增加血管内皮细胞通透性,加重微血管渗血量,增加烧伤患者围术期出血风险,氨甲环酸可明显下调TNF- α 、IL-6等炎症因子^[22],抑制核因子- κ B(nuclear factor- κ B, NF- κ B)通路激活,减少缓激肽生成造成的毛细血管渗漏,增强内皮屏障,降低微血管通透性;③保护血小板功能:有研究表明,烧伤患者纤溶过度激活会切割血小板GPIb/IX/V复合物,导致血小板聚集率下降,氨甲环酸可有效阻断此效应,提高血小板聚集率,提升创面止血效应^[23]。本研究中有5篇文献,包含4篇RCT及1篇队列研究均支持本研究结论,其中2项研究^[17-18]发现氨甲环酸组较对照组可显著降低单位烧伤面积失血量,一项研究^[15]表明,对照组的血红蛋白和红细胞压积水平的下降幅度明显大于研究组,进一步验证了TXA的止血效果。NADERI等^[14]研究显示,女性烧伤患者在围术期应用TXA在降低出血量方面效果更加,提示针对TXA性别特异性疗效差异需有待展开深入研究。

本研究提示,氨甲环酸可有效降低烧伤患者围术期输血事件发生率。烧伤患者在围术期常因创面出血、应激性溃疡出血、分解代谢增加、凝血功能异常等,输血风险显著增加,输血是治疗大面积烧伤的重要方法,但输血也会增加并发症发生风险,如感染、循环超负荷、输血相关性肺损伤和溶血等输血相关性免疫反应^[24]。1项纳入701例急性烧伤患者的研究结果表明,接受输血治疗的烧伤患者的死亡率是未输血组患者的2倍^[25]氨甲环酸的使用可能有助于减少血液资源的消耗,改善患者预后同时合理分配医疗资源。

3项RCT研究^[12,14,17]分析了手术时间,结果表明,氨甲环酸可降低手术时间,然而在此3项研究中,仅

NADERI等^[14]研究显示,TXA组较对照组显著降低手术时间,在另外2篇研究中并未得出相同结论。这可能与TXA在围术期的应用时机不同有关,研究不仅在术前给与了负荷剂量,术中也给与了 $1\text{ mg}\cdot\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ 的维持剂量。有研究表明,根据TXA药物代谢及体内分布的特点,术前静脉注射TXA后患者纤溶系统尚未激活,待纤溶系统激活后继续在术中给予维持剂量,保持有效的血药浓度,其止血效果可能比仅在术前使用TXA更好^[26],此结论在秦晓鸥等^[27]进行的针对体外循环心脏瓣膜置换手术人群的研究中已得到证实,而针对接受手术的烧伤患者是否同样适用需进行进一步研究。

而在用药安全性方面,本研究提示:围术期使用氨甲环酸不增加烧伤患者的全因死亡率。且在本研究纳入的7篇文献中,仅DOMÍNGUEZ等^[19]报告了深静脉血栓事件,但实验组和对照组并无显著性差异,所有文献没有报道感染、癫痫等不良事件。然而这并不代表TXA的绝对安全,研究表明高剂量使用氨甲环酸($>20\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)可增加血栓栓塞事件发生风险^[28];癫痫的发生率与氨甲环酸也呈剂量依赖性^[29],且常见于既往合并肾功能不全^[30]及颅脑损伤的患者^[31],因此,在临床应用中,应尽量避免大剂量使用氨甲环酸,并针对不同患者制定个体化用药方案。

本研究存在以下局限性:本研究所纳入研究包含队列研究及随机对照研究,因此研究结果可能造成偏倚;因可纳入实验有限,本研究未能实现给药途径的分组;本研究文献数量有限,样本量仍较小,无法完全确定潜在影响因素,存在一定潜在偏倚,需扩大样本量,期待更多随机对照研究进行进一步验证。

参考文献:

- [1] BAGHERI M, FUCHS P C, THE GERMAN BURN REGISTRY, et al. The burn mortality prediction (BUMP) score - An improved mortality prediction score based on data of the German burn registry [J]. *Burns*, 2023, 49(1):110-119.
- [2] QUINN L, AHMED T, FALK H, et al. Burn admissions across low- and middle-income countries: A repeated cross-sectional survey [J]. *Burn Care Res*, 2023, 44(2):320-328.
- [3] TAPKING C, SIEGWART L C, JOST Y, et al. Enzymatic debridement in scalds is not as effective as in flame burns regarding additional eschar excision: A retrospective matched-control study [J]. *Burns*, 2022, 48(5):1149-1154.
- [4] RANNO R, VESTITA M, MAGGIO G, et al. Italian recommendations on enzymatic debridement in burn surgery [J]. *Burns*, 2021, 47(2):408-416.
- [5] PERSAD A, MOWBREY K, TREDGET E. Reduced intraoperative

- blood loss and hypothermia in burn surgery using cardiopulmonary bypass pumps [J]. *Plast Surg (Oakv)*. 2023,31(1):9—16.
- [6] ELENA SCARAFONI E. A systematic review of tranexamic acid in plastic surgery: What's new? [J]. *Plast Reconstr Surg Glob Open*, 2021,9(3):e3172. 2021-03-23 [2025-03-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33907653/>.
- [7] TAPKING C, HUNDESHAGEN G, KIRCHNER M, *et al*. Tranexamic acid reduced blood transfusions in acute burn surgery: A retrospective case - controlled trial [J]. *Burns*, 2022,48(3):522—528.
- [8] 谭长龙. 自体富血小板血浆治疗供皮区创面疗效分析[J]. 中国烧伤创疡杂志, 2018,30(5):349—352
- [9] CARTOTTO R, MUSGRAVE M A, BEVERIDGE M, *et al*. Minimizing blood loss in burn surgery [J]. *J Trauma*, 2000,49(6):1034—1039.
- [10] TEOH W Y, TAN T G, NG K T, *et al*. Prophylactic topical tranexamic acid versus placebo in surgical patients: A systematic review and Meta - analysis [J]. *Ann Surg*, 2021,273(4):676—683.
- [11] HEYNS M, KNIGHT P, STEVE A K, *et al*. A single preoperative dose of tranexamic acid reduces perioperative blood loss: A Meta - analysis [J]. *Ann Surg*, 2021,273(1):75—81.
- [12] AJAI K S, PARMOD KUMAR, MOHSINA SUBAIR, *et al*. Effect of single dose intravenous tranexamic acid on blood loss in tangential excision of burn wounds - A double blind randomised controlled trial [J]. *Burns*, 2022,48(6):1311—1318.
- [13] SLOB J, GIGENGACK R K, VAN BAAR M E, *et al*. Effectiveness of tranexamic acid in burn patients undergoing surgery - a systematic review and Meta - analysis [J]. *BMC Anesthesiol*, 2024,24(1):91.
- [14] NADERI M A, MOGHADAM A D, MOBAYEN M, *et al*. Effects of intravenous tranexamic acid on bleeding during burn surgery: A double - blinded randomized clinical trial [J]. *Burns*, 2025,51(1):107270.
- [15] CASTILLO - CARDIEL G, AVALOS - LÓPEZ M, MÉNDEZ - MIRANDA C, *et al*. Comparative efficacy of tranexamic acid versus placebo on hemostatic outcomes after the surgical debridement of burn patients: A randomized controlled clinical trial [J]. *Burns*, 2025,51(2):107339.
- [16] LIBERATI A, ALTMAN D G, TETZLAFF J, *et al*. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and Meta - analyses of studies that evaluate healthcare interventions: Explanation and elaboration [J]. *BMJ*, 2009,339:b2700. 2009-07-21 [2025-03-01]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19622552/>.
- [17] BHATIA N, SEN I, KUMARI K, *et al*. Impact of single dose intravenous tranexamic acid on peri - operative blood transfusion requirements in burn patients: A prospective, randomized trial[J]. *Egyptian Journal of Anaesthesia*. 2017,33(3):R251—R255.
- [18] MOHAN A, VISHWANATH G, RAJENDRAN N. A study to evaluate reduction in blood loss by topical application of tranexamic acid in burn wound surgery [J]. *Journal of Marine Medical Society*, 2021,23(2):129—134.
- [19] DOMÍNGUEZ A, ALSINA E, LANDÍN L, *et al*. Transfusion requirements in burn patients undergoing primary wound excision: Effect of tranexamic acid [J]. *Minerva Anesthesiol*, 2017,83(4):353—360.
- [20] AOKI K, AIKAWA N, SEKINE K, *et al*. Elevation of plasma free PAI - 1 levels as an integrated endothelial response to severe burns [J]. *Burns*, 2001,27(6):569—575.
- [21] BUTLER J J, RAJIVAN R, KONAR K, *et al*. Tranexamic acid reduces perioperative blood loss and postoperative hemoglobin loss during total ankle arthroplasty: A systematic review and Meta - analysis of clinical comparative studies [J]. *J ISAKOS*, 2024,9(4):682—688.
- [22] ENDO K, NIKI Y, OHASHI Y, *et al*. Tranexamic acid improves the disrupted formation of collagen and fibrillin - 1 fibers produced by fibroblasts repetitively irradiated with UVA [J]. *Biol Pharm Bull*, 2021,44(2):225—231.
- [23] 熊达, 任文俊, 韩斌. 氨甲环酸在体外循环心脏手术中的应用 [J]. 中国现代药物应用, 2019,13(8):226—228.
- [24] PALMIERI T L. Transfusion and infections in the burn patient [J]. *Surg Infect*, 2021,22(1):49—53.
- [25] TAVOUSHI S H, AHMADABADI A, SEDAGHAT A, *et al*. Blood transfusion in burn patients: Triggers of transfusion in a referral burn center in Iran [J]. *Transfus Clin Biol*, 2018,25(1):58—62.
- [26] 张霜, 王迎松. 氨甲环酸在脊柱外科手术中的应用进展 [J]. 临床骨科杂志, 2022,25(6):900—904.
- [27] 秦晓鸥. 不同方案应用氨甲环酸对体外循环心脏瓣膜置换手术患者血液保护效果的观察 [D]. 宁夏 银川: 宁夏医科大学, 2023.
- [28] FOSTER D, SEBRO R, GARNER H, *et al*. Intravenous tranexamic acid is associated with an increased risk of pulmonary embolism following sarcoma resection [J]. *J Surg Oncol*, 2023,128(5):869—876.
- [29] MURAO S, NAKATA H, ROBERTS I, *et al*. Effect of tranexamic acid on thrombotic events and seizures in bleeding patients: A systematic review and Meta - analysis [J]. *Crit Care*, 2021,25(1):380.
- [30] MA T K W, CHOW K M, KWAN B C H, *et al*. Manifestation of tranexamic acid toxicity in chronic kidney disease and kidney transplant patients: A report of four cases and review of literature [J]. *Nephrology (Carlton)*, 2017,22(4):316—321.
- [31] 王全, 陈昌浩, 刘曼, 等. 氨甲环酸在创伤性脑损伤患者中的应用 [J]. 临床麻醉学杂志, 2021,37(11):1221—1224.

(收稿日期 2025-03-17)