

## · 论著 ·



## 本文亮点:

- (1) 经分析,得出女性、合并基础疾病、Ⅲ度烧伤面积、入院 24 h 内血肌酐值、合并肺水肿、出现血红蛋白 <70 g/L、合并脓毒症、行连续性肾脏替代治疗、切削痂植皮手术(以下简称手术)次数、总手术失血量是大面积烧伤患者输血情况的主要影响因素。
- (2) 证实切削痂和取皮面积、手术时长及活性创面移植通过影响单次手术失血量,间接影响患者输血情况。

## Highlights:

- (1) After analysis, it was concluded that the major factors influencing blood transfusion status in patients with extensive burns were female, combined underlying diseases, full-thickness burn area, serum creatinine value within 24 h of admission, combined pulmonary edema, occurrence of hemoglobin value <70 g/L, combined sepsis, conduction of continuous renal replacement therapy, number of escharectomy or tangential excision and skin grafting surgery (hereinafter referred to as surgery), and total surgical blood loss volume were the main factors affecting blood transfusion in patients with extensive burns.
- (2) It was proved that the area of escharectomy or tangential excision and skin graft harvesting, duration of operation, and active wound grafts indirectly affected the patient's blood transfusion by affecting the blood loss volume per surgery.

## 大面积烧伤患者输血情况的多中心回顾及影响因素分析

段德庆<sup>1</sup> 陈永<sup>1</sup> 邓鸿敖<sup>1</sup> 胡时强<sup>1</sup> 毛远桂<sup>1</sup> 刘德伍<sup>1</sup> 韩春茂<sup>2</sup> 徐庆连<sup>3</sup>  
张红艳<sup>1</sup>

<sup>1</sup>南昌大学第一附属医院烧伤整形与创面修复医学中心,南昌 330006;<sup>2</sup>浙江大学医学院附属第二医院烧伤与创面修复科,杭州 310009;<sup>3</sup>安徽医科大学第一附属医院烧伤科,合肥 230022

通信作者:张红艳,Email:zhycn2008@163.com

**【摘要】** 目的 回顾多中心大面积烧伤患者的输血情况并分析其影响因素。方法 采用回顾性病例系列研究方法。收集 2016 年 1 月—2022 年 6 月 3 家医院烧伤中心收治的 455 例符合入选标准的大面积烧伤患者的临床资料,其中南昌大学第一附属医院 202 例、浙江大学医学院附属第二医院 179 例、安徽医科大学第一附属医院 74 例。统计患者住院期间输注红细胞、血浆及血小板的情况;年龄、性别、体重指数、合并基础疾病情况、致伤原因、伤后入院时间、入院类型、烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、合并吸入性损伤情况、合并其他创伤情况、合并肺水肿情况;入院 24 h 内血乳酸、血肌酐、总胆红素、白蛋白值;合并血流、创面、肺部、尿路感染情况,合并脓毒症情况;切削痂植皮手术(以下简称手术)次数、总手术失血量;出现血红蛋白 <70 g/L 情况、入住重症监护病房(ICU)情况、行机械通气情况、

DOI:10.3760/cma.j.cn501225-20230417-00128

本文引用格式:段德庆,陈永,邓鸿敖,等.大面积烧伤患者输血情况的多中心回顾及影响因素分析[J].中华烧伤与创面修复杂志,2023,39(11):1047-1056. DOI:10.3760/cma.j.cn501225-20230417-00128.

Duan DQ,Chen Y,Deng HA,et al.Multicenter retrospection and analysis of influencing factors on blood transfusion in patients with extensive burns[J].Chin J Burns Wounds,2023,39(11):1047-1056. DOI:10.3760/cma.j.cn501225-20230417-00128.



行连续性肾脏替代治疗(CRRT)情况、住院天数及预后。再收集患者在伤后 14 d 内行 602 次手术的单次手术切削痂和取皮面积、单次手术时长、单次手术失血量、手术部位、止血带和创面移植物使用情况。对数据行 Mann-Whitney *U* 检验、Kruskal-Wallis *H* 检验、Spearman 相关分析。结合单因素分析结果及临床意义,进行多元线性回归分析,筛选患者红细胞输注量和血浆输注量以及单次手术失血量的独立影响因素。 **结果** 在整个住院期间,有 437 例(96.0%)患者进行了输血治疗,分别有 435 例(95.6%)、410 例(90.1%)、73 例(16.0%)患者输注了血浆、红细胞、血小板。患者以男性为主,年龄 18~92 岁。不同合并基础疾病情况、合并吸入性损伤情况、合并其他创伤情况、合并肺水肿情况、合并血流感染情况、合并创面感染情况、合并肺部感染情况、合并尿路感染情况、合并脓毒症情况、出现血红蛋白<70 g/L 情况、入住 ICU 情况、行机械通气情况、行 CRRT 情况下的患者血浆输注量比较,差异均有统计学意义(*Z* 值分别为-2.06、-4.67、-2.11、-6.13、-9.56、-4.93、-8.08、-4.78、-9.12、-6.55、-9.37、-11.46、-7.17,  $P<0.05$ );且患者的烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、入院 24 h 内血乳酸值、入院 24 h 内肌酐值、入院 24 h 内白蛋白值、手术次数、总手术失血量均与血浆输注量相关(*r* 值分别为 0.39、0.51、0.14、0.28、-0.13、0.47、0.56,  $P<0.05$ )。不同性别、合并吸入性损伤情况、合并其他创伤情况、合并肺水肿情况、合并血流感染情况、合并创面感染情况、合并肺部感染情况、合并尿路感染情况、合并脓毒症情况、出现血红蛋白<70 g/L 情况、入住 ICU 情况、行机械通气情况、行 CRRT 情况下的患者红细胞输注量比较,差异均有统计学意义(*Z* 值分别为-2.00、-4.34、-3.10、-4.22、-8.24、-7.66、-8.62、-4.75、-7.42、-9.36、-6.12、-8.31、-6.64,  $P<0.05$ );且患者的年龄、烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、入院 24 h 内血乳酸值、入院 24 h 内肌酐值、入院 24 h 内总胆红素值、入院 24 h 内白蛋白值、手术次数、总手术失血量均与红细胞输注量相关(*r* 值分别为 0.12、0.22、0.49、0.09、0.18、0.13、-0.15、0.69、0.77,  $P<0.05$ )。合并基础疾病、Ⅲ度烧伤面积、合并肺水肿、入院 24 h 内肌酐值、合并脓毒症、行 CRRT、手术次数、总手术失血量均是大面积烧伤患者住院期间血浆输注量的独立影响因素(标准化回归系数分别为 0.09、0.16、0.12、0.07、0.11、0.15、0.31、0.26,  $P<0.05$ )。女性、Ⅲ度烧伤面积、入院 24 h 内肌酐值、合并脓毒症、出现血红蛋白<70 g/L、行 CRRT、总手术失血量均是大面积烧伤患者住院期间红细胞输注量的独立影响因素(标准化回归系数分别为 0.10、0.12、0.10、0.11、0.05、0.19、0.54,  $P<0.05$ )。不同手术部位、创面移植物下的患者单次手术失血量比较,差异均有统计学意义(*Z* 值分别为-2.54、-2.27,  $P<0.05$ );患者的切削痂和取皮面积、手术时长均与单次手术失血量相关(*r* 值分别为 0.40、0.21,  $P<0.05$ )。切削痂和取皮面积、手术时长及使用活性创面移植物均是大面积烧伤患者单次手术失血量的独立影响因素(标准化回归系数分别为 0.41、0.16、0.12,  $P<0.05$ )。 **结论** 女性、合并基础疾病、Ⅲ度烧伤面积、入院 24 h 内肌酐值、合并肺水肿、出现血红蛋白<70 g/L、合并脓毒症、行 CRRT、手术次数、总手术失血量是影响大面积烧伤患者输血情况的主要影响因素。此外,切削痂和取皮面积、手术时长及活性创面移植物通过影响单次手术失血量,间接影响患者的输血情况。

**【关键词】** 烧伤; 输血; 失血,手术; 影响因素分析

**基金项目:**国家自然科学基金地区科学基金项目(30960401、82360450);江西省自然科学基金(20181BAB205041)

### Multicenter retrospection and analysis of influencing factors on blood transfusion in patients with extensive burns

Duan Deqing<sup>1</sup>, Chen Yong<sup>1</sup>, Deng Hong'ao<sup>1</sup>, Hu Shiqiang<sup>1</sup>, Mao Yuangui<sup>1</sup>, Liu Dewu<sup>1</sup>, Han Chunmao<sup>2</sup>, Xu Qinglian<sup>3</sup>, Zhang Hongyan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Medical Center of Burn Plastic and Wound Repair, the First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China; <sup>2</sup>Department of Burn and Wound Repair, the Second Affiliated Hospital of Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310009, China; <sup>3</sup>Department of Burns, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, China

Corresponding author: Zhang Hongyan, Email: zhycn2008@163.com

**【Abstract】 Objective** To retrospect the blood transfusion status of patients with extensive burns in multiple centers and analyze its influencing factors. **Methods** A retrospective case series study was conducted. Clinical data of 455 patients with extensive burns who met the inclusion criteria and were admitted to the burn centers of 3 hospitals from January 2016 to June 2022 were collected, including 202 patients from the First Affiliated Hospital of Nanchang University, 179 patients from the Second Affiliated Hospital of Zhejiang University School of

Medicine, and 74 patients from the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University. The following data were collected from patients during their hospitalization, including infusion of red blood cells, plasma, and platelets during hospitalization; age, gender, body mass index, combined underlying diseases, cause of injury, time of admission after injury, type of admission, total burn area, full-thickness burn area, combination of inhalation injury, combination of other trauma, and combination of pulmonary edema; the blood lactic acid, serum creatinine, total bilirubin, and albumin values within 24 h of admission; combination of bloodstream, wound, lung, and urinary tract infection, and combination of sepsis; the number of escharectomy or tangential excision and skin grafting surgery (hereinafter referred to as surgery) and total surgical blood loss volume; occurrence of hemoglobin <70 g/L, admission to intensive care unit (ICU), conduction of mechanical ventilation and continuous renal replacement therapy (CRRT), length of hospital stay, and prognosis were recorded. In 602 surgeries of patients within 14 days after injury, data including area of escharectomy or tangential excision and skin graft harvesting, duration of operation, and surgical blood loss volume per surgery, operation site, and use of tourniquet and wound graft were collected. Data were statistically analyzed with Mann-Whitney *U* test, Kruskal-Wallis *H* test, and Spearman correlation analysis. Combined with the results of single factor analysis and clinical significance, multiple linear regression analysis was performed to screen the independent influencing factors of red blood cell infusion volume and plasma infusion volume, as well as blood loss volume per surgery.

**Results** During the whole hospitalization period, 437 (96.0%) patients received blood transfusion therapy, including 435 (95.6%) patients, 410 (90.1%) patients, and 73 (16.0%) patients who received transfusion of plasma, red blood cells, and platelets, respectively. The patients were mainly male, aged 18 to 92 years. There were statistically significant differences in the plasma infusion volume among patients with different combination of underlying disease, combination of inhalation injury, combination of other trauma, combination of pulmonary edema, combination of bloodstream infection, combination of wound infection, combination of lung infection, combination of urinary tract infection, combination of sepsis, occurrence of hemoglobin value <70 g/L, admission to ICU, conduction of mechanical ventilation, and conduction of CRRT (with *Z* values of -2.06, -4.67, -2.11, -6.13, -9.56, -4.93, -8.08, -4.78, -9.12, -6.55, -9.37, -11.46, and -7.17, respectively,  $P < 0.05$ ). The total burn area, full-thickness burn area, blood lactic acid value within 24 h of admission, serum creatinine value within 24 h of admission, albumin value within 24 h of admission, number of surgeries, and total surgical blood loss volume were correlated with the plasma infusion volume of patients (with *r* values of 0.39, 0.51, 0.14, 0.28, -0.13, 0.47, and 0.56, respectively,  $P < 0.05$ ). There were statistically significant differences in the red blood cell infusion volume among patients with different gender, combination of inhalation injury, combination of other trauma, combination of pulmonary edema, combination of bloodstream infection, combination of wound infection, combination of lung infection, combination of urinary tract infection, combination of sepsis, occurrence of hemoglobin value <70 g/L, admission to ICU, conduction of mechanical ventilation, and conduction of CRRT (with *Z* values of -2.00, -4.34, -3.10, -4.22, -8.24, -7.66, -8.62, -4.75, -7.42, -9.36, -6.12, and -8.31, -6.64, respectively,  $P < 0.05$ ). The age, total burn area, full-thickness burn area, blood lactic acid value within 24 h of admission, serum creatinine value within 24 h of admission, total bilirubin value within 24 h of admission, number of surgeries, and total surgical blood loss volume were correlated with the red blood cell infusion volume of patients (with *r* values of 0.12, 0.22, 0.49, 0.09, 0.18, 0.13, -0.15, 0.69, and 0.77, respectively,  $P < 0.05$ ). Combined underlying diseases, full-thickness burn area, combined pulmonary edema, serum creatinine value within 24 h of admission, combined sepsis, conduction of CRRT, number of surgeries, and total surgical blood loss volume were the independent influencing factors for plasma infusion volume during hospitalization in patients with extensive burns (with standardized regression coefficients of 0.09, 0.16, 0.12, 0.07, 0.11, 0.15, 0.31, and 0.26, respectively,  $P < 0.05$ ). Female, full-thickness burn area, serum creatinine value within 24 h of admission, combined sepsis, occurrence of hemoglobin value < 70 g/L, conduction of CRRT, and total surgical blood loss volume were the independent influencing factors for red blood cell infusion volume during hospitalization in patients with extensive burns (with standardized regression coefficients of 0.10, 0.12, 0.10, 0.11, 0.05, 0.19, and 0.54, respectively,  $P < 0.05$ ). There were statistically significant differences in blood loss volume per surgery of patients with different surgical site and wound graft (with *Z* values of -2.54 and -2.27, respectively,  $P < 0.05$ ). The area of escharectomy or tangential excision and skin graft harvesting and duration of operation were correlated with the blood loss volume per surgery of patients (with *r* values of 0.40 and 0.21,

respectively,  $P < 0.05$ ). The area of escharectomy or tangential excision and skin graft harvesting, duration of operation, and active wound grafts were the independent influencing factors for blood loss volume per surgery of patients with extensive burns (with standardized regression coefficients of 0.41, 0.16, and 0.12, respectively,  $P < 0.05$ ). **Conclusions** The major factors influencing blood transfusion status in patients with extensive burns are female, combined underlying diseases, full-thickness burn area, serum creatinine value within 24 h of admission, combined pulmonary edema, occurrence of hemoglobin value  $< 70$  g/L, combined sepsis, conduction of CRRT, number of surgery, and total surgical blood loss volume. In addition, the area of escharectomy or tangential excision and skin graft harvesting, duration of operation, and active wound grafts indirectly affect the patient's blood transfusion status by affecting the blood loss volume per surgery.

**【Key words】** Burns; Blood transfusion; Blood loss, surgical; Root cause analysis

**Fund program:** Regional Science Foundation Program of National Natural Science Foundation of China (30960401, 82360450); Natural Science Foundation of Jiangxi Province of China (20181BAB205041)

大面积烧伤患者通常会发生全身性的病理反应,如循环血量下降、贫血、全身性感染、凝血功能紊乱及脏器衰竭等<sup>[1]</sup>,其中贫血的病因包括创面出血、应激性溃疡出血、更换敷料、频繁抽血检查及切削痂植皮手术(以下简称手术)等。临床治疗上,对于大面积烧伤患者通常需要给予快速补液、呼吸支持、纠正贫血、清创换药、手术、抗感染、镇静镇痛和营养支持等治疗<sup>[2]</sup>。

为了补充大面积烧伤患者丢失的血液成分,输血是重要的治疗方法。然而输血导致的并发症也是不可忽视的<sup>[3]</sup>。但是有学者认为大面积烧伤患者体液丢失严重、热量消耗快和失血量过多,输血量不足会增加患者的死亡风险<sup>[4]</sup>。因此,本研究回顾了国内 3 家医院烧伤中心收治的大面积烧伤患者的血制品使用情况,探讨患者输血情况的影响因素,期望为大面积烧伤患者的临床用血提供参考依据。

## 1 对象与方法

本回顾性病例系列研究符合《赫尔辛基宣言》的基本原则,分别通过了南昌大学第一附属医院、浙江大学医学院附属第二医院和安徽医科大学第一附属医院伦理审查委员会的审批,批号分别为(2023)CDYFYLYK(01-043)、I20221060、PJ2023-10-12。在不泄露患者身份信息的前提下对其临床资料进行分析、使用。

### 1.1 入选标准

纳入标准:(1)烧伤总面积 $\geq 50\%$ TBSA;(2)性别不限,年龄 $\geq 18$ 岁;(3)病历资料完整。排除标准:(1)烧伤前有怀孕、贫血及血液疾病;(2)入院 48 h 内死亡;(3)治疗期间自动出院且无法判断预后。

### 1.2 临床资料与统计指标

收集 2016 年 1 月—2022 年 6 月,3 家医院烧伤中心收治的 455 例符合入选标准的大面积烧伤患者的临床资料,其中南昌大学第一附属医院 202 例、浙江大学医学院附属第二医院 179 例、安徽医科大学第一附属医院 74 例。

统计患者住院期间输注红细胞、血浆及血小板的情况。同时收集以下临床资料:(1)一般特征,包括年龄、性别、体重指数、合并基础疾病情况、致伤原因、伤后入院时间、入院类型、烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、合并吸入性损伤情况、合并其他创伤情况、合并肺水肿情况。(2)血生化指标,包括入院 24 h 内血乳酸、血肌酐、总胆红素、白蛋白值。(3)感染情况,包括合并血流、创面、肺部、尿路感染情况,合并脓毒症情况。(4)手术情况,包括用于分析患者血浆和红细胞输注量影响因素的手术次数、总手术失血量;用于分析患者手术失血量影响因素的伤后 14 d 内的 602 次手术资料,包括单次手术的切削痂和取皮面积、单次手术时长、单次手术失血量、手术部位、止血带和创面移植术使用情况。其中手术失血量采用 Budny 公式计算,即单次手术的总失血量=循环血容量 $\times$ [(术前 24 h 血红蛋白浓度-术后 48 h 血红蛋白浓度) $\div$ 术前 24 h 血红蛋白浓度]+术中及术后 48 h 内总输血量。成年男性循环血容量=75 mL/kg $\times$ 体重,成年女性循环血容量=66 mL/kg $\times$ 体重。(5)治疗情况,包括出现血红蛋白 $< 70$  g/L 情况、入住 ICU 情况、行机械通气情况、行连续性肾脏替代治疗(CRRT)情况、住院天数及预后。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS 25.0 统计软件对数据进行分析。计数资料数据以频数(百分比)表示;符合正态分布的计量资料数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布的计

量资料数据以  $M(Q_1, Q_3)$  表示,连续变量与连续变量之间行 Spearman 相关分析,分类变量与连续变量之间行 Mann-Whitney  $U$  检验或 Kruskal-Wallis  $H$  检验。结合单因素分析结果及临床意义,选取自变量,以每例患者住院期间红细胞输注量和血浆输注量以及单次手术失血量作为因变量,建立多元线性回归模型,筛选患者红细胞输注量和血浆输注量以及单次手术失血量的独立影响因素。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 输血情况

455 例患者在住院期间,有 437 例 (96.0%) 患者进行了输血治疗。其中,72 例 (15.8%) 患者接受血浆、红细胞及血小板 3 种类型的血液制品的输血治疗。具体来说,435 例 (95.6%) 患者输注了血浆,共 5 551 次,总量为 3 961 683 mL,每例患者输注量为 6 350 (3 050, 11 650) mL;410 例 (90.1%) 患者输注了红细胞,共 3 109 次,总量为 8 070.50 U,每例患者输注量为 14.00 (6.00, 27.00) U;另有 73 例 (16.0%) 患者输注了血小板,共 147 次,总量为 2 962 U。

### 2.2 临床资料及影响血浆和红细胞输注量的单因素分析

455 例患者以男性为主,年龄 18~92 岁;近半数患者体重指数在正常范围内;少部分患者合并基础疾病;烧伤总面积为 50%~100% TBSA,Ⅲ度烧伤面积为 0~98% TBSA,火焰烧伤是最常见的致伤原因,平均伤后入院时间为 5 h;多数患者由下级医院转入;大多数患者合并吸入性损伤,少数患者合并肺

水肿、其他创伤。患者入院 24 h 内血乳酸、血肌酐、总胆红素、白蛋白的平均值分别为 4.2 mmol/L、86  $\mu$ mol/L、22  $\mu$ mol/L、30 g/L。住院期间绝大多数患者合并感染,少数患者合并脓毒症。每例患者平均进行 3 次手术,平均总手术失血量为 2 541 mL。少数患者在住院期间出现血红蛋白  $< 70$  g/L 的情况;大多数患者入住 ICU,行机械通气;少数患者进行了 CRRT;患者的住院天数为 46 (23, 69) d, 321 例 (70.5%) 患者存活。

不同合并基础疾病情况、合并吸入性损伤情况、合并其他创伤情况、合并肺水肿情况、合并血流感染情况、合并创面感染情况、合并肺部感染情况、合并尿路感染情况、合并脓毒症情况、出现血红蛋白  $< 70$  g/L 情况、入住 ICU 情况、行机械通气情况、行 CRRT 情况下的患者血浆输注量比较,差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ );且患者的烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、入院 24 h 内血乳酸值、入院 24 h 内血肌酐值、入院 24 h 内白蛋白值、手术次数、总手术失血量均与血浆输注量相关 ( $P < 0.05$ )。不同性别、合并吸入性损伤情况、合并其他创伤情况、合并肺水肿情况、合并血流感染情况、合并创面感染情况、合并肺部感染情况、合并尿路感染情况、合并脓毒症情况、出现血红蛋白  $< 70$  g/L 情况、入住 ICU 情况、行机械通气情况、行 CRRT 情况下的患者红细胞输注量比较,差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ );且患者的年龄、烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、入院 24 h 内血乳酸值、入院 24 h 内血肌酐值、入院 24 h 内总胆红素值、入院 24 h 内白蛋白值、手术次数、总手术失血量均与红细胞输注量相关 ( $P < 0.05$ )。见表 1、2。

表 1 455 例大面积烧伤患者不同临床资料(分类变量)下血浆和红细胞输注量比较

Table 1 Comparison of plasma and red blood cell transfusion volumes under different clinical data (categorical variables) in 455 patients with extensive burns

项目与类别	例数	构成比 (%)	血浆输注量 [mL, $M(Q_1, Q_3)$ ]	红细胞输注量 [U, $M(Q_1, Q_3)$ ]	统计量值 1	$P_1$ 值	统计量值 2	$P_2$ 值
性别								
女	125	27.5	7 100 (2 788, 10 260)	15.50 (6.00, 24.25)	$Z = -0.80$	0.427	$Z = -2.00$	0.045
男	330	72.5	5 775 (2 548, 11 500)	10.50 (4.00, 24.63)				
体重指数 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )								
$< 18.5$	12	2.6	3 350 (2 283, 8 553)	6.50 (0.25, 12.00)	$H = 3.69$	0.158	$H = 4.09$	0.129
$\geq 18.5$ 且 $< 24.0$	192	42.2	5 590 (2 550, 9 800)	12.25 (4.00, 24.00)				
$\geq 24.0$	251	55.2	6 370 (2 850, 12 440)	12.00 (4.50, 25.50)				
合并基础疾病								
是	100	22.0	7 095 (3 498, 12 181)	11.75 (4.00, 24.38)	$Z = -2.06$	0.040	$Z = -0.21$	0.837

续表 1

项目与类别	例数	构成比(%)	血浆输注量[mL, $M(Q_1, Q_3)$ ]	红细胞输注量[U, $M(Q_1, Q_3)$ ]	统计量值 1	$P_1$ 值	统计量值 2	$P_2$ 值
否	355	78.0	5 620(2 540, 10 750)	12.00(4.00, 25.50)				
入院类型								
直接入院	143	31.4	6 050(3 270, 12 000)	12.00(4.00, 27.00)				
转入院	312	68.6	6 040(2 485, 10 685)	12.00(4.00, 23.25)	Z=-1.58	0.114	Z=-0.45	0.652
致伤原因								
火焰	371	81.5	6 200(2 550, 11 850)	12.50(4.00, 26.00)				
热液	35	7.7	6 370(2 950, 9 600)	10.00(4.00, 18.00)				
化学物质	31	6.8	5 580(2 550, 10 900)	11.50(5.00, 24.00)	H=0.70	0.874	H=1.70	0.638
电	18	4.0	5 260(3 300, 7 600)	10.75(2.00, 30.00)				
合并吸入性损伤								
是	301	66.2	7 100(3 310, 13 365)	14.50(5.00, 29.00)				
否	154	33.8	4 435(1 938, 8 833)	7.50(2.75, 17.63)	Z=-4.67	<0.001	Z=-4.34	<0.001
合并其他创伤								
是	45	9.9	6 830(4 125, 18 425)	19.50(11.25, 33.25)				
否	410	90.1	5 950(2 538, 10 863)	11.00(4.00, 23.13)	Z=-2.11	0.035	Z=-3.10	0.002
合并肺水肿								
是	139	30.5	9 360(4 810, 18 690)	17.00(7.00, 30.00)				
否	316	69.5	5 250(2 325, 9 038)	9.75(4.00, 20.50)	Z=-6.13	<0.001	Z=-4.22	<0.001
合并血流感染								
是	220	48.4	9 150(5 590, 16 375)	18.50(9.63, 32.88)				
否	235	51.6	3 700(1 800, 6 610)	6.00(2.00, 16.00)	Z=-9.56	<0.001	Z=-8.24	<0.001
合并创面感染								
是	279	61.3	7 170(3 470, 12 900)	16.50(7.00, 29.50)				
否	176	38.7	4 825(1 900, 9 038)	6.00(2.00, 14.88)	Z=-4.93	<0.001	Z=-7.66	<0.001
合并肺部感染								
是	207	45.5	8 900(4 970, 1 700)	19.00(9.50, 35.00)				
否	248	54.5	4 390(1 830, 7 980)	6.25(2.13, 15.88)	Z=-8.08	<0.001	Z=-8.62	<0.001
合并尿路感染								
是	129	28.4	8 680(4 545, 15 819)	18.00(7.25, 33.75)				
否	326	71.6	5 295(2 300, 9 608)	10.00(3.88, 20.50)	Z=-4.78	<0.001	Z=-4.75	<0.001
合并脓毒症								
是	125	27.5	10 490(6 883, 19 825)	21.50(12.00, 37.80)				
否	330	72.5	4 825(2 050, 8 833)	8.00(3.50, 19.5)	Z=-9.12	<0.001	Z=-7.42	<0.001
血红蛋白<70 g/L								
是	155	34.1	9 050(5 000, 17 470)	21.00(13.00, 35.50)				
否	300	65.9	4 960(2 125, 9 037)	7.00(2.00, 16.50)	Z=-6.55	<0.001	Z=-9.36	<0.001
入住 ICU								
是	370	81.3	7 250(3 915, 12 903)	14.50(5.00, 27.63)				
否	85	18.7	2 100(550, 4 050)	4.50(1.75, 11.50)	Z=-9.37	<0.001	Z=-6.12	<0.001
行机械通气								
是	267	58.7	9 050(5 580, 15 400)	17.00(8.00, 32.50)				
否	188	41.3	2 788(1 205, 5 400)	6.00(2.00, 14.00)	Z=-11.46	<0.001	Z=-8.31	<0.001
行 CRRT								
是	55	12.1	12 330(8 680, 26 650)	33.50(15.50, 55.50)				
否	400	87.9	5 495(2 465, 9 645)	10.00(4.00, 20.88)	Z=-7.17	<0.001	Z=-6.64	<0.001

注:ICU为重症监护病房,CRRT为连续性肾脏替代治疗;统计量值1、 $P_1$ 值,统计量值2、 $P_2$ 值分别为不同临床资料下血浆输注量、红细胞输注量比较所得

### 2.3 血浆和红细胞输注量的多元线性回归分析

将年龄、烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、入院 24 h 内血乳酸值、入院 24 h 内血肌酐值、入院 24 h 内总胆红素值、入院 24 h 内白蛋白值、手术次数、总手术失血量此类连续变量以原始值代入;对分类变量进行赋值,如性别:1=男、2=女,合并基础疾病情况,合并吸入性损伤情况,合并其他创伤情况,合并肺水肿情况,合并血流、创面、肺部、尿路感染情况,合并脓毒症情况:1=是、2=否,出现血红蛋白<70 g/L 情况:1=是、2=否,入住 ICU 情况:1=是、2=否,行机械通气情况:1=是、2=否,行 CRRT 情况:1=是、2=否。以每例患者住院期间红细胞输注量和血浆输注量为因变量建立多元线性回归模型,结果显示:合并基础疾病、Ⅲ度烧伤面积、合并肺水肿、入院 24 h 内血肌酐值、合并脓毒症、行 CRRT、手术次数、总手术失血量均是大面积烧伤患者住院期间血浆输注量的独立影响因素( $P<0.05$ )。女性、Ⅲ度烧伤面积、入院 24 h 内血肌酐值、合并脓毒症、出现血红蛋白<70 g/L、行 CRRT、总手术失血量均是大面积烧伤患者住院期间红细胞输注量的独立影响因素( $P<0.05$ )。另外,共线性分析结果表明,方差膨胀因子(VIF)值均<3,说明变量间无共线性问题。见表 3。

### 2.4 手术情况及影响单次手术失血量的单因素和多元线性回归分析

总手术失血量是大面积烧伤患者血浆输注量和红细胞输注量的独立影响因素,进一步探讨单次手术失血量的影响因素。患者单次手术失血量为

1 268(813, 1 927)mL,单次手术中的切削痂和取皮面积为 5%~60%TBSA,单次手术时长为 39~430 min,多数手术为单纯肢体手术,近半数手术使用了止血带,大多数手术中使用了自体皮、冷藏异体皮及异种皮等活性创面移植物。不同手术部位、创面移植物下的患者单次手术失血量比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );患者切削痂和取皮面积、手术时长均与单次手术失血量相关( $P<0.05$ )。见表 4。将切削痂和取皮面积、手术时长以原始值代入;对分类变量进行赋值,手术部位:单纯肢体=1、肢体+躯干=2,创面移植物:1=有活性、2=无活性。以单次手术失血量为因变量建立多元线性回归模型,结果显示:切削痂和取皮面积、手术时长及活性创面移植物均是大面积烧伤患者单次手术失血量的独立影响因素( $P<0.05$ )。而各个变量的 VIF 值均<3,说明变量间无共线性问题。见表 5。

### 3 讨论

输血是大面积烧伤患者的重要治疗方法。研究表明,烧伤面积>40%TBSA 的烧伤患者输血率为 97.7%<sup>[5]</sup>,与本研究中 96.0%(437/455)的输血率相近。研究显示,性别与烧伤患者输血存在显著相关性<sup>[6]</sup>。本研究中,女性是大面积烧伤患者红细胞输注量的独立影响因素,这与 Wu 等<sup>[5]</sup>的研究结论相同。此外,有学者认为年龄是烧伤患者输血需求以及输血量的重要影响因素<sup>[4-5,7]</sup>。但本研究显示,年龄并非大面积烧伤患者红细胞输注量的独立影响因素。Kilyewala 等<sup>[6]</sup>研究显示,伤前患有基础疾病

表 2 455 例大面积烧伤患者不同临床资料(连续变量)与血浆和红细胞输注量相关分析

Table 2 Correlation analysis of plasma and red blood cell transfusion volumes with different clinical data (continuous variables) in 455 patients with extensive burns

项目与类别	数值	血浆输注量		红细胞输注量	
		$r_1$ 值	$P_1$ 值	$r_2$ 值	$P_2$ 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	46±14	-0.02	0.609	0.12	0.009
烧伤总面积[%TBSA, $M(Q_1, Q_3)$ ]	70(60, 87)	0.39	<0.001	0.22	<0.001
Ⅲ度烧伤面积[%TBSA, $M(Q_1, Q_3)$ ]	33(16, 55)	0.51	<0.001	0.49	<0.001
伤后入院时间[h, $M(Q_1, Q_3)$ ]	5(3, 11)	<0.001	0.992	0.03	0.535
入院 24 h 内血生化指标					
血乳酸(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	4.2±2.7	0.14	0.002	0.09	0.045
血肌酐( $\mu$ mol/L, $\bar{x} \pm s$ )	86±37	0.28	<0.001	0.18	<0.001
总胆红素( $\mu$ mol/L, $\bar{x} \pm s$ )	22±16	0.08	0.092	0.13	0.005
白蛋白(g/L, $\bar{x} \pm s$ )	30±8	-0.13	0.006	-0.15	0.001
手术次数[次, $M(Q_1, Q_3)$ ]	3(1, 5)	0.47	<0.001	0.69	<0.001
总手术失血量[mL, $M(Q_1, Q_3)$ ]	2 541(1 217, 4 859)	0.56	<0.001	0.77	<0.001

注:TBSA 为体表总面积; $r_1$  值、 $P_1$  值、 $r_2$  值、 $P_2$  值分别为不同临床资料与血浆输注量、红细胞输注量进行 Spearman 相关分析所得

表 3 455 例大面积烧伤患者血浆和红细胞输注量的影响因素的多元线性回归模型分析结果

Table 3 Results of multiple linear regression model analysis of factors affecting plasma and red blood cell infusion volumes in 455 patients with extensive burns

因变量	自变量	非标准化回归系数	标准化回归系数	标准误	95% 置信区间	t 值	P 值	VIF
血浆输注量	合并基础疾病	2 309.89	0.09	677.42	694.50~3 357.19	2.99	0.003	1.07
	Ⅲ度烧伤面积 (%TBSA)	69.21	0.16	14.07	26.06~81.38	3.82	<0.001	1.89
	合并肺水肿	2 501.45	0.12	622.30	1 151.49~3 597.50	3.82	<0.001	1.12
	入院 24 h 内血肌酐值 ( $\mu\text{mol/L}$ )	20.32	0.07	8.14	2.00~33.99	2.21	0.028	1.22
	合并脓毒症	2 667.40	0.11	725.83	701.87~3 554.85	2.93	0.004	1.43
	行 CRRT	4 500.94	0.15	958.91	2 214.57~5 983.69	4.28	<0.001	1.33
	手术次数	911.64	0.31	179.22	705.61~1 410.06	5.90	<0.001	3.11
	总手术失血量(mL)	0.77	0.26	0.16	0.47~1.08	4.99	<0.001	2.95
	女性	4.56	0.10	1.15	2.18~6.71	3.86	<0.001	1.07
	Ⅲ度烧伤面积 (%TBSA)	0.09	0.12	0.02	0.05~0.14	4.20	<0.001	1.45
红细胞输注量	入院 24 h 内血肌酐值 ( $\mu\text{mol/L}$ )	0.05	0.10	0.02	0.03~0.09	3.67	<0.001	1.26
	合并脓毒症	3.64	0.11	1.26	2.41~7.37	3.87	<0.001	1.29
	出现血红蛋白<70 g/L	2.98	0.05	1.15	0.05~4.57	2.01	0.045	1.20
	行 CRRT	10.62	0.19	1.73	8.17~14.97	6.70	<0.001	1.28
	总手术失血量(mL)	0.004	0.54	<0.001	0.003~0.004	16.78	<0.001	1.70

注:TBSA 为体表总面积,CRRT 为连续性肾脏替代治疗,VIF 为方差膨胀因子;残差均服从正态分布,且血浆输注量的调整后的  $R^2=0.72$ ,红细胞输注量的调整后的  $R^2=0.59$

的烧伤患者输血的风险增加了大约 90%,而且烧伤患者伤前合并基础疾病可作为输血的决定因素<sup>[8]</sup>。在本研究中,合并基础疾病是大面积烧伤患者血浆输注量的独立影响因素。除此之外,烧伤面积及深度也是患者血浆及红细胞输注量的重要预测因素<sup>[9-10]</sup>。本研究中,烧伤总面积和Ⅲ度烧伤面积均为大面积烧伤患者血浆及红细胞输注量的影响因素,但只有Ⅲ度烧伤面积是以上两者的独立影响因素,这可能是由于Ⅲ度烧伤损伤皮肤全层,创面难以愈合,通常需要手术治疗。

本研究结果显示,入院 24 h 内血肌酐值是大面积烧伤患者血浆及红细胞输注量的独立影响因素,可能是由于入院血肌酐升高反映肾功能受损,而肾功能损伤可导致促红细胞生成素减少,使红细胞生成减少<sup>[9]</sup>。此外,合并肺水肿是大面积烧伤患者血浆输注量的独立影响因素,这可能是大面积烧伤的液体复苏过程中的过度补液导致的<sup>[11]</sup>,血浆是临床常用的胶体复苏液,因此临床上需要准确监测液体复苏情况,防止并发症的发生。烧伤患者容易发生各种感染,且感染率随着输血量的增加而大大增加<sup>[4,12]</sup>。本研究显示,合并血流、创面、肺部、尿路感

染及脓毒症均是大面积烧伤患者血浆及红细胞输注量的影响因素,而合并脓毒症是以上两者的独立影响因素。临床上,脓毒症烧伤患者可能进展为脓毒性休克,出现血管内血容量不足和顽固性低血压<sup>[13]</sup>,这可能是脓毒症患者输血量增多的原因。脓毒症是大面积烧伤患者存活的最主要威胁,早期识别并及时处置是改善患者预后的关键<sup>[14]</sup>。

有研究显示,血红蛋白水平与烧伤患者是否输血及输血量相关<sup>[6,15]</sup>。临床上,血红蛋白<70 g/L 是外科输注红细胞的临床指征,但是大面积烧伤患者病情复杂,当血红蛋白<70 g/L 时再输注红细胞,可能无法满足机体需求。本研究同样显示,出现血红蛋白<70 g/L 是大面积烧伤患者红细胞输注量的独立影响因素,因此,需要密切关注患者的血红蛋白水平,准确评估患者失血情况,必要时输注红细胞,避免患者出现血红蛋白<70 g/L 的情况。本研究结果显示,行 CRRT 是大面积烧伤患者血浆及红细胞输注量的独立影响因素。CRRT 常被用于严重烧伤并发急性肾损伤和烧伤脓毒症的患者的患者,此类患者全身情况差,容易出现低血容量性休克及贫血等症状,对输血的需求较大。此外,对于有 CRRT 适应

表 4 455 例大面积烧伤患者的不同临床资料下单次手术失血量比较

Table 4 Comparison of blood loss volume per surgery under different clinical data in 455 patients with extensive burns

项目与类别	数据	单次手术失血量[mL, $M(Q_1, Q_3)$ ]	统计量值	P 值
切削痂和取皮面积[%TBSA, $M(Q_1, Q_3)$ ]	22(18, 26)	1 268(813, 1 927)	$r=0.40$	<0.001
手术时长[ $M(Q_1, Q_3)$ ]	120(95, 176)	1 268(813, 1 927)	$r=0.21$	<0.001
手术部位[例(%)]				
单纯肢体	376(62.5)	1 377(875, 2 042)	$Z=-2.54$	0.011
肢体+躯干	226(37.5)	1 120(747, 1 771)		
止血带的使用[例(%)]				
是	257(42.7)	1 158(857, 2 196)	$Z=-0.52$	0.601
否	345(57.3)	1 344(783, 1 892)		
创面移植物[例(%)]				
有活性	494(82.1)	1 205(800, 1 893)	$Z=-2.27$	0.023
无活性	108(17.9)	1 585(905, 2 249)		

注:TBSA 为体表总面积

证的患者应尽早开展治疗,否则当患者肾损伤进入需要行肾脏替代治疗阶段时,即使行 CRRT 也不能较好地改善预后<sup>[16]</sup>。

本研究结果显示,总手术失血量与患者血浆及红细胞输注量有关,手术次数与患者血浆输注量有关,与 Mai 等<sup>[17]</sup>的研究结果一致。而切削痂和取皮面积、手术时长及使用活性创面移植物是大面积烧

伤患者单次手术失血量的独立影响因素,这与国内外学者的研究结果<sup>[18-19]</sup>相似。同时,静脉注射氨甲环酸,创面使用纤维蛋白胶、生物流体止血膜及凝血酶等可以有效减少手术失血量<sup>[20-21]</sup>。当然,本研究具有一定的局限性,主要是缺乏对其他一些可能的相关因素,如患者的凝血功能及抗凝剂的使用等的分析;其次,缺少对血小板、冷沉淀、白蛋白等应用情况的详细调查。

综上所述,在大面积烧伤患者的输血治疗中,Ⅲ度烧伤面积大、入院 24 h 内血肌酐高、合并脓毒症、行 CRRT 及总手术失血量大的患者输注了更多的血浆和红细胞。此外,合并基础疾病、合并肺水肿、手术次数多以及死亡的患者输注了更多的血浆,女性、出现血红蛋白<70 g/L 的患者输注了更多的红细胞。而且控制切削痂和取皮面积,缩短手术时长以及使用活性创面移植物,可有效减少单次手术失血量,从而减少患者的输血量。因此,临床上不仅需要严格掌握输血指征,还需要根据患者的具体情况,合理地调整输血量以及减少失血量,从而更加科学有效地进行输血治疗,维持血容量及纠正贫血和减少相关并发症,进而改善患者预后。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 段德庆:酝酿和设计研究方案,采集、分析并解释数据,起草并修改文章;陈永、邓鸿敖、胡时强:收集、分析数据,指导写作;毛远桂、刘德伍:研究指导,对文章行批评性审阅;韩春茂、徐庆连:数据支持,研究指导,对文章行批评性审阅;张红艳:研究指导,论文审阅及修改,经费支持

#### 参考文献

- [1] Su K, Xue FS, Xue ZJ, et al. Clinical characteristics and risk factors of early acute kidney injury in severely burned patients[J]. Burns, 2021, 47(2): 498-499. DOI: 10.1016/j.burns.2020.08.018.
- [2] 郭光华, 江政英. 危重烧伤救治的过去与现在和将来[J]. 中华烧伤杂志, 2021, 37(10): 905-910. DOI: 10.3760/cma.j.cn501120-20210209-00055.
- [3] Palmieri TL. Transfusion and infections in the burn patient [J]. Surg Infect (Larchmt), 2021, 22(1):49-53. DOI: 10.1089/sur.2020.160.

表 5 455 例大面积烧伤患者的单次手术失血量影响因素的多元线性回归模型分析结果

Table 5 Results of multiple linear regression model analysis of factors affecting blood loss volume per surgery in 455 patients with extensive burns

影响因素	标准化回归系数	标准误	95% 置信区间	t 值	P 值	VIF
切削痂和取皮面积(%TBSA)	0.41	3.92	35.45~50.84	11.01	<0.001	1.08
手术时长(h)	0.16	0.55	1.20~3.37	4.14	<0.001	1.10
单纯肢体手术	-0.05	73.49	-234.33~54.33	-1.23	0.220	1.05
有活性的创面移植物	0.12	91.89	113.93~474.88	3.20	0.001	1.03

注:TBSA 为体表总面积, VIF 为方差膨胀因子;残差服从正态分布且调整后的  $R^2=0.23$

- [4] Palmieri TL, Caruso DM, Foster KN, et al. Effect of blood transfusion on outcome after major burn injury: a multicenter study[J]. *Crit Care Med*, 2006, 34(6): 1602-1607. DOI: 10.1097/01.CCM.0000217472.97524.0E.
- [5] Wu GS, Zhuang MZ, Fan XM, et al. Blood transfusions in severe burn patients: epidemiology and predictive factors [J]. *Burns*, 2016, 42(8): 1721-1727. DOI: 10.1016/j.burns.2016.06.002.
- [6] Kilyewala C, Alenyo R, Ssentongo R. Determinants and time to blood transfusion among thermal burn patients admitted to Mulago Hospital[J]. *BMC Res Notes*, 2017, 10(1):258. DOI: 10.1186/s13104-017-2580-2.
- [7] Cartotto R, Taylor SL, Holmes JH, et al. Inhalation injury does not influence the amount of blood transfused to major burn patients: a secondary analysis from the transfusion requirement in burn care evaluation study[J]. *J Burn Care Res*, 2019, 40(6): 757-762. DOI: 10.1093/jbcr/irz129.
- [8] Yogore MG 3rd, Boral L, Kowal-Vern A, et al. Use of blood bank services in a burn unit[J]. *J Burn Care Res*, 2006, 27(6): 835-841. DOI: 10.1097/01.BCR.0000245418.73538.25.
- [9] 王默然, 王峻, 葛艳玲. 烧伤患者住院期间用血情况影响因素的回顾性分析[J]. *中国输血杂志*, 2021, 34(2): 143-146. DOI: 10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2021.02.012.
- [10] Jin J, Peng Y, Chen ZL, et al. Determining transfusion use in major burn patients: a retrospective review and analysis from 2009 to 2019[J]. *Burns*, 2022, 48(5): 1104-1111. DOI: 10.1016/j.burns.2021.09.004.
- [11] Pruitt BA Jr. Protection from excessive resuscitation: "pushing the pendulum back"[J]. *J Trauma*, 2000, 49(3): 567-568. DOI: 10.1097/00005373-200009000-00030.
- [12] D'Abbondanza JA, Shahrokhi S. Burn infection and burn sepsis[J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2021, 22(1): 58-64. DOI: 10.1089/sur.2020.102.
- [13] Rygård SL, Butler E, Granholm A, et al. Low-dose corticosteroids for adult patients with septic shock: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2018, 44(7): 1003-1016. DOI: 10.1007/s00134-018-5197-6.
- [14] Greenhalgh DG. Sepsis in the burn patient: a different problem than sepsis in the general population[J/OL]. *Burns Trauma*, 2017, 5: 23[2023-10-16]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28795054/>. DOI: 10.1186/s41038-017-0089-5.
- [15] Fuzaylov G, Anderson R, Lee J, et al. Blood transfusion trigger in burns: a four-year retrospective analysis of blood transfusions in eleven burn centers in Ukraine[J]. *Ann Burns Fire Disasters*, 2015, 28(3): 178-182.
- [16] 龚德华, 贾凤玉. 重症烧伤患者救治中 CRRT 的应用[J]. *中国血液净化*, 2016, 15(7): 321-324. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2016.07.001.
- [17] Mai L, Spilsbury K, Edgar DW, et al. Increased risk of blood transfusion in patients with diabetes mellitus sustaining non-major burn injury[J]. *Burns*, 2020, 46(4): 888-896. DOI: 10.1016/j.burns.2019.10.016.
- [18] Rizzo JA, Ross E, Ostrowski ML, et al. Intraoperative blood transfusions in burn patients[J]. *Transfusion*, 2021, 61 Suppl 1: S183-187. DOI: 10.1111/trf.16505.
- [19] 李培龙, 王芳, 宋国栋, 等. 大面积深度烧伤患者削痂植皮失血量及其影响因素分析[J]. *中华烧伤杂志*, 2017, 33(2): 111-114. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2017.02.012.
- [20] Cartotto R, Musgrave MA, Beveridge M, et al. Minimizing blood loss in burn surgery[J]. *J Trauma*, 2000, 49(6): 1034-1039. DOI: 10.1097/00005373-200012000-00010.
- [21] K S A, Kumar P, Subair M, 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. DOI: 10.1016/j.burns.2021.08.021.

(收稿日期: 2023-04-17)