

·论著·严重烧伤治疗·

本文亮点:

- (1) 通过分析 158 例老年严重烧伤患者的临床资料,筛选出Ⅲ度烧伤面积及入院时改良 Baux 评分、血小板计数和血钙水平为患者发生早期凝血功能异常的独立危险因素。
- (2) 基于上述独立危险因素建立了老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常风险预测模型,该模型经评估具有很好的预测价值,为该类疾病的预防和治疗提供了一定临床依据。

Highlights:

- (1) By analyzing the clinical data of 158 elderly patients with severe burns, full-thickness burn area, modified Baux score, platelet count, and serum calcium level on admission were screened out as the independent risk factors for the occurrence of early dysfunction of blood coagulation in patients.
- (2) Based on the aforementioned independent risk factors, a risk prediction model for the occurrence of early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns was established. The model was evaluated to have good predictive value and provided certain clinical evidence for prevention and treatment of this disease.



老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的危险因素分析

段德庆 吴宗延 陈永 邓鸿教 胡时强 林欢 毛远桂 张红艳

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

通信作者:张红艳,Email:zhyen2008@163.com

【摘要】 目的 探讨老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的危险因素。**方法** 该研究为回顾性病例对照研究。2015 年 6 月—2025 年 6 月,南昌大学第一附属医院收治 158 例符合入选标准的老年严重烧伤患者,其中男 94 例、女 64 例,年龄 60~97 岁。根据是否发生早期凝血功能异常,将患者分为早期凝血功能异常组(45 例)和非早期凝血功能异常组(113 例)。比较 2 组患者性别、年龄、烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、伤后入院时间、烧伤原因、合并吸入性损伤、合并基础疾病,入院时改良 Baux 评分、急性生理学和慢性健康状况评价 II (APACHE II) 评分、体温、血液 pH 值、血小板计数及剩余碱、乳酸、血红蛋白、血钠、血钾、血钙、血浆纤维蛋白原(FIB)水平,住院时间与临床预后。筛选影响老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的危险因素及独立危险因素,并根据独立危险因素构建预测模型,采用受试者操作特征曲线评价预测模型及各独立危险因素对前述老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的预测价值。**结果** 2 组患者烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积,入院时改良 Baux 评分、APACHE II 评分、血小板计数、血钙水平、血液 pH 值、血浆 FIB 水平,合并吸入性损伤及临床预后比较,差异均有统计学意义(t 值分别为 2.270、7.615、5.975、2.319、-2.172、-7.861, Z 值分别为 -2.168、-2.568, χ^2 值分别为 20.090、10.286, $P<0.05$);2 组患者其余指标比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。单因素 logistic 回归分析结果显示,烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、合并吸入性损伤及入院时改良 Baux 评

DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20250507-00209

收稿日期 2025-05-07

引用本文:段德庆,吴宗延,陈永,等.老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的危险因素分析[J].中华烧伤与创面修复杂志,2026,42(10):1-8. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20250507-00209.

Duan Deqing, Wu Zongyan, Chen Yong, et al. Analysis of risk factors for the occurrence of early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns[J]. Chin J Burns Wounds, 2026, 42(10):1-8. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20250507-00209.



分、APACHE II 评分、血小板计数、血钙水平、血浆 FIB 水平均为老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的危险因素 (OR 分别为 1.022、1.074、0.141、1.045、1.070、0.996、 <0.001 、0.568, 95% CI 分别为 1.003~1.042、1.047~1.102、0.055~0.359、1.027~1.064、1.008~1.135、0.992~0.999、 <0.001 ~0.002、0.380~0.849, $P<0.05$)。多因素 logistic 回归分析结果显示, III 度烧伤面积及入院时改良 Baux 评分、血小板计数、血钙水平是老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的独立危险因素 (OR 分别为 1.181、1.254、0.991、 <0.001 , 95% CI 分别为 1.085~1.287、1.106~1.423、0.984~0.998、 <0.001 ~0.009, $P<0.05$)。在预测老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常方面, 根据独立危险因素构建的预测模型的受试者操作特征曲线下面积为 0.977 (95% CI 为 0.959~0.994), 大于 III 度烧伤面积及入院时改良 Baux 评分、血小板计数、血钙水平的 0.844 (95% CI 为 0.781~0.908)、0.782 (95% CI 为 0.711~0.853)、0.634 (95% CI 为 0.526~0.742)、0.838 (95% CI 为 0.770~0.905)。 **结论** III 度烧伤面积及入院时改良 Baux 评分、血小板计数和血钙水平是老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的独立危险因素, 基于这 4 个指标建立的预测模型对老年严重烧伤患者早期凝血功能异常的发生具有很好的预测价值。

【关键词】 烧伤; 老年人; 危险因素; 凝血功能异常; 预测模型

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目 (82360450)

Analysis of risk factors for the occurrence of early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns

Duan Deqing, Wu Zongyan, Chen Yong, Deng Hongao, Hu Shiqiang, Lin Huan, Mao Yuanguai, Zhang Hongyan

Medical Center of Burn Plastic and Wound Repair, the First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China

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

【Abstract】 **Objective** To investigate the risk factors for the occurrence of early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns. **Methods** This study was a retrospective case-control study. From June 2015 to June 2025, 158 elderly patients with severe burns who met the inclusion criteria were admitted to the First Affiliated Hospital of Nanchang University, including 94 males and 64 females, aged 60 to 97 years. The patients were divided into early dysfunction of blood coagulation group (45 cases) and non-early dysfunction of blood coagulation group (113 cases) according to the presence or absence of early dysfunction of blood coagulation. Gender, age, total burn area, full-thickness burn area, admission time after injury, cause of burn, combination of inhalation injury, combination of underlying diseases, modified Baux score, acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) score, body temperature, blood pH value, platelet count, and base excess, lactic acid, hemoglobin, serum sodium, serum potassium, serum calcium, plasma fibrinogen (FIB) levels on admission, length of hospital stay, and clinical prognosis between the two groups of patients were compared. The risk factors and independent risk factors affecting the occurrence of early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns were screened, and the prediction model was constructed according to the independent risk factors. The receiver operating characteristic curve was used to evaluate the predictive value of the prediction model and each independent risk factor for the occurrence of early dysfunction of blood coagulation in aforementioned elderly patients with severe burns. **Results** There were statistically significant differences in the total burn area, full-thickness burn area, on admission modified Baux score, APACHE II score, platelet count, serum calcium level, blood pH value, plasma FIB level, combination of inhalation injury, and clinical prognosis between the two groups of patients (with t values of 2.270, 7.615, 5.975, 2.319, -2.172, and -7.861, respectively, Z values of -2.168 and -2.568, respectively, χ^2 values of 20.090 and 10.286, respectively, $P<0.05$). There were no statistically significant differences in the other indicators between the two groups of patients ($P>0.05$). The results of univariate logistic regression analysis showed that the total burn area, full-thickness burn area, combination of inhalation injury, modified Baux score, APACHE II score, platelet count, serum calcium level, and plasma FIB level on admission were all risk factors for early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns (with OR s of 1.022, 1.074, 0.141, 1.045, 1.070, 0.996, <0.001 , and 0.568, respectively, 95% CI s of 1.003~1.042, 1.047~1.102, 0.055~0.359, 1.027~1.064, 1.008~1.135, 0.992~0.999, <0.001 ~0.002, and 0.380~0.849, respectively, $P<0.05$). The results of multivariate logistic regression analysis showed that the full-thickness burn area, modified Baux score, platelet count, and serum calcium level on admission

were independent risk factors for early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns (with ORs of 1.181, 1.254, 0.991, <0.001, respectively, 95% CIs of 1.085–1.287, 1.106–1.423, 0.984–0.998, <0.001–0.009, $P<0.05$). In terms of predicting early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns, the area under the receiver operating characteristic curve of the prediction model constructed based on the independent risk factors was 0.977 (with a 95% CI of 0.959–0.994), which was higher than 0.844 (with a 95% CI of 0.781–0.908), 0.782 (with a 95% CI of 0.711–0.853), 0.634 (with a 95% CI of 0.526–0.742), and 0.838 (with a 95% CI of 0.770–0.905) of the full-thickness burn area, modified Baux score, platelet count, and serum calcium level on admission, respectively. **Conclusions** Full-thickness burn area, modified Baux score, platelet count, and serum calcium level on admission are independent risk factors for early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns. The prediction model based on these four indicators has a good predictive value for the occurrence of early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns.

【Key words】 Burns; Aged; Risk factors; Dysfunction of blood coagulation; Prediction model

Fund program: Reginal Science Fund Program of National Natural Science Foundation of China (82360450)

随着社会老龄化趋势的进展,我国老年人数量逐渐增多。截至 2023 年末,我国 60 岁及以上的人口为 2.97 亿,占全国人口的 21.1%^[1]。烧伤是日常生活中常见的创伤之一,具有较高的致残率和致死率。老年人因生理机能衰退(如神经、肌肉、骨骼系统退行性改变及感知能力下降等)以及合并多种慢性疾病,容易在日常生活中遭受烧伤。相关研究表明,老年烧伤患者约占同期成年烧伤住院患者的 10%,其中老年特重度烧伤患者病死率约为 20%^[2]。此外,老年人随着年龄增长,血栓发生风险升高,同时止血能力减退,面临血栓及出血双重风险,因此,合并基础疾病的老年群体的诊疗更具挑战性^[3]。

严重烧伤后凝血功能异常发生率较高,可显著增加患者死亡风险^[4],其病理机制主要包括休克期低灌注状态、低体温、血管内皮屏障破坏及全身炎症反应,且与液体复苏策略相关,但烧伤后不同阶段凝血功能异常的特征存在明显差异^[5-7]。相对于后期,严重烧伤早期凝血功能异常对于临床诊疗更有预警和指导意义,而针对病情更为复杂的老年患者,仍需更多的研究来进行风险分析和构建评估工具。因此,本研究在国内外研究和实践的基础上,重点分析老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的危险因素,以期临床诊疗提供理论依据。

1 对象与方法

本回顾性病例对照研究仅采集患者临床资料,不泄露患者信息及个人隐私,不干预患者治疗方案,不会对患者生理健康带来风险,符合《赫尔辛基宣言》的基本原则。

1.1 入选标准

纳入标准:(1)烧伤总面积 $\geq 30\%$ TBSA;(2)年龄 ≥ 60 岁,性别不限;(3)伤后 48 h 内入院;(4)病历资料完整。排除标准:(1)合并严重肝肾功能障碍、血液系统疾病、恶性肿瘤等可干扰凝血机制的基础疾病;(2)既往长期使用抗凝及抗血小板药物;(3)伤后入院前有输血史;(4)伤后入院前有烧伤创面切除性操作史或伤后于当地医院住院治疗史。

1.2 临床资料与分组统计

2015 年 6 月—2025 年 6 月,南昌大学第一附属医院收治 158 例符合入选标准的老年严重烧伤患者,其中男 94 例、女 64 例,年龄 60~97(69 $\pm$ 7)岁。

以伤后 48 h 内入院时测得国际标准化比值(international normalized ratio, INR) >1.2 或活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT) >45 s 为烧伤患者早期凝血功能异常的判断标准^[5,8-9],根据是否发生早期凝血功能异常,将患者分为早期凝血功能异常组(45 例)和非早期凝血功能异常组(113 例)。收集并比较 2 组患者性别、年龄、烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、伤后入院时间、烧伤原因、合并吸入性损伤、合并基础疾病,入院时改良 Baux 评分、急性生理学和慢性健康状况评价 II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)评分、体温、血液 pH 值、血小板计数及剩余碱、乳酸、血红蛋白、血钠、血钾、血钙、血浆纤维蛋白原(fibrinogen, FIB)水平,住院时间与临床预后。Baux 评分是一种用于评估烧伤患者病情严重程度和预测预后的重要工具,尤其适用于预测严重烧伤患者的死亡风险。本研究使用的是改良 Baux 评分,改良 Baux 评分(分)=年龄(岁)+烧伤总面积

(%TBSA)+17×[吸入性损伤(有=1,无=0)]。APACHE II 评分包括急性生理评分、年龄评分和慢性健康评分 3 个部分,能够评价患者的病情严重程度和预测预后。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 25.0 统计软件进行数据分析,符合正态分布的计量资料数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;非正态分布的计量资料数据以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料数据以频数表示,组间比较采用 χ^2 检验。将组间比较差异有统计学意义的指标纳入单因素 logistic 回归分析,筛选影响老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的危险因素。选取单因素 logistic 回归分析中差异有统计学意义的因素为自变量,以是否发生早期凝血功能异常为因变量,进行多因素 logistic 回归分析,筛选影响老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的独立危险因素,并据此构建预测模型。采用受试者操作特征(receiver operating characteristic curve, ROC)曲线评价预测模型及各独立危险因素对前述老年严重烧伤患者发

生早期凝血功能异常的预测价值,计算 ROC 曲线下面积(area under the curve, AUC),AUC 越接近 1 说明其预测价值越高。此外,根据约登指数获取预测模型及各个独立危险因素的最佳截断值、敏感度和特异度。以上检验均为双侧检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组老年严重烧伤患者一般资料比较

2 组患者烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、合并吸入性损伤,入院时改良 Baux 评分、APACHE II 评分、血液 pH 值、血小板计数、血钙水平、血浆 FIB 水平,临床预后比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);2 组患者其余指标比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常危险因素的单因素 logistic 回归分析

临床预后为患者结局指标,不纳入烧伤患者早期凝血功能异常发生相关因素的分析。将是否发生早期凝血功能异常(是=1、否=0)作为因变量;将

表 1 2 组老年严重烧伤患者一般资料比较

Table 1 Comparison of general data of two groups of elderly patients with severe burns

组别	例数	性别(例)		年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	烧伤总面积	Ⅲ度烧伤面积	伤后入院时间 [h, $M(Q_1,$ $Q_3)$]	烧伤原因(例)			合并吸入性 损伤(例)	
		男	女		(%TBSA, $\bar{x} \pm s$)	(%TBSA, $\bar{x} \pm s$)		火焰	热液	其他	是	否
早期凝血功能异常组	45	30	15	70±7	60±18	45±18	4(3,6)	39	5	1	39	6
非早期凝血功能异常组	113	64	49	68±7	53±17	23±16	4(2,7)	98	9	6	54	59
统计量值		$\chi^2=1.343$		$t=1.321$	$t=2.270$	$t=7.615$	$Z=-1.240$	$\chi^2=1.137$			$\chi^2=20.090$	
P值		0.246		0.189	0.025	<0.001	0.901	0.566			<0.001	

组别	例数	合并基础疾 病(例)		改良 Baux	APACHE	体温[°C, $M(Q_1,$ $Q_3)$]	血液 pH 值[M (Q_1,Q_3)]	剩余碱水平	乳酸水平
		是	否	评分(分, $\bar{x} \pm s$)	Ⅱ 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)			[mmol/L, $M(Q_1,$ $Q_3)$]	[mmol/L, M (Q_1,Q_3)]
早期凝血功能异常组	45	25	20	149±20	13±7	36.5(36.3,37.0)	7.38(7.34,7.41)	-8.0(-10.0,-2.0)	4.0(2.3,6.5)
非早期凝血功能异常组	113	62	51	126±23	11±5	36.5(36.3,36.9)	7.40(7.36,7.43)	-4.6(-7.1,-1.7)	3.2(2.3,4.2)
统计量值		$\chi^2=0.006$		$t=5.975$	$t=2.319$	$Z=-0.105$	$Z=-2.168$	$Z=-2.497$	$Z=-1.908$
P值		0.937		<0.001	0.022	0.917	0.030	0.130	0.056

组别	例数	血红蛋白	血小板计	血钙水平	血钾水平	血钠水平	血浆纤维蛋白	住院时间	临床预后(例)		
		水平(g/L, $\bar{x} \pm s$)	数(×10 ⁹ /L, $\bar{x} \pm s$)	(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	原水平[g/L, M (Q_1,Q_3)]	[d, $M(Q_1,$ $Q_3)$]	存活	死亡	
早期凝血功能异常组	45	159±31	239±131	1.93±0.18	4.0±0.6	140±5	2.9(2.2,3.7)	16(7,39)	25	20	
非早期凝血功能异常组	113	155±23	286±100	2.17±0.17	4.0±0.6	139±4	3.4(2.7,3.7)	25(13,45)	91	22	
统计量值		$t=0.780$		$t=-2.172$	$t=-7.861$	$t=0.223$	$t=1.167$	$Z=-2.568$	$Z=-1.867$	$\chi^2=10.286$	
P值		0.437		0.033	<0.001	0.823	0.245	0.010	0.062	0.001	

注:TBSA 为体表总面积;烧伤原因中“其他”指化学烧伤与电烧伤;改良 Baux 评分、急性生理学和慢性健康状况评价 II (APACHE II) 评分、体温、血液 pH 值、血小板计数及剩余碱、乳酸、血红蛋白、血钙、血钾、血钠、血浆纤维蛋白原水平取入院时统计数据

2.1 中组间比较差异有统计学意义的指标(临床预后除外)作为自变量并进行赋值,其中合并吸入性损伤=1、不合并吸入性损伤=0,烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积及入院时改良 Baux 评分、APACHE II 评分、血液 pH 值、血小板计数、血钙水平、血浆 FIB 水平以原始值代入,进行单因素 logistic 回归分析。结果显示,烧伤总面积、Ⅲ度烧伤面积、合并吸入性损伤及入院时改良 Baux 评分、APACHE II 评分、血小板计数、血钙水平、血浆 FIB 水平均为老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的危险因素($P<0.05$)。见表 2。

表 2 158 例老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常相关因素的单因素 logistic 回归分析结果

Table 2 Results of univariate logistic regression analysis of related factors for the occurrence of early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns

因素	OR	95%CI	P 值
烧伤总面积(%TBSA)	1.022	1.003~1.042	0.027
Ⅲ度烧伤面积(%TBSA)	1.074	1.047~1.102	<0.001
合并吸入性损伤	0.141	0.055~0.359	<0.001
改良 Baux 评分(分)	1.045	1.027~1.064	<0.001
APACHE II 评分(分)	1.070	1.008~1.135	0.026
血液 pH 值	0.004	<0.001~1.673	0.073
血小板计数($\times 10^9/L$)	0.996	0.992~0.999	0.019
血钙水平(mmol/L)	<0.001	<0.001~0.002	<0.001
血浆纤维蛋白原水平(g/L)	0.568	0.380~0.849	0.006

注:TBSA 为体表总面积;改良 Baux 评分、急性生理学和慢性健康状况评价 II (APACHE II) 评分、pH 值、血小板计数、血钙水平、血浆 FIB 水平均取入院时统计数据

2.3 老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常独立危险因素的多因素 logistic 回归分析

将 2.2 筛选出的危险因素同前赋值并进行多因素 logistic 回归分析,结果显示,Ⅲ度烧伤面积及入院时改良 Baux 评分、血小板计数、血钙水平是老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的独立危险

因素($P<0.05$)。见表 3。

表 3 158 例老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常相关因素的多因素 logistic 回归分析阳性结果

Table 3 Positive results of multivariate logistic regression analysis of related factors for the occurrence of early dysfunction of blood coagulation in elderly patients with severe burns

因素	OR	95%CI	P 值
Ⅲ度烧伤面积(%TBSA)	1.181	1.085~1.287	<0.001
改良 Baux 评分(分)	1.254	1.106~1.423	<0.001
血小板计数($\times 10^9/L$)	0.991	0.984~0.998	0.011
血钙水平(mmol/L)	<0.001	<0.001~0.009	<0.001

注:TBSA 为体表总面积;改良 Baux 评分、血小板计数、血钙水平取入院时统计数据

2.4 老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常预测模型的建立与评价

根据 2.3 筛选出的独立危险因素构建预测模型: $\text{logistic (概率)} = 0.17 \times \text{Ⅲ度烧伤面积}(\%TBSA) + 0.23 \times \text{入院时改良 Baux 评分(分)} - 0.01 \times \text{入院时血小板计数}(\times 10^9/L) - 10.39 \times \text{入院时血钙水平(mmol/L)} + 6.83$ 。预测模型对老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的 AUC 大于各独立危险因素;在最佳截断值下,预测模型与改良 Baux 评分的敏感度并列第一。见图 1、表 4。

3 讨论

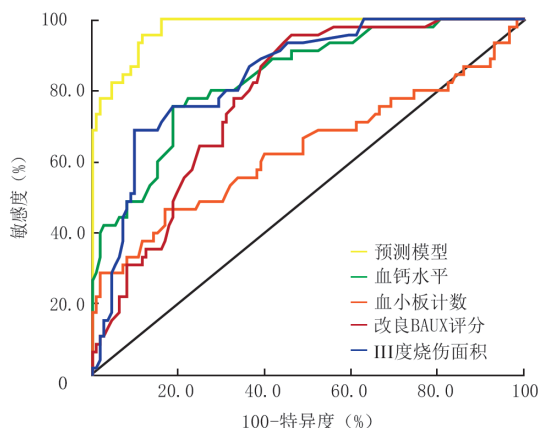
近年来,老年烧伤患者在所有烧伤患者中的占比逐年升高,该类特殊人群的救治亦成为烧伤外科领域的研究热点。此外,老年人身体机能老化,严重烧伤后容易发生感染、凝血功能紊乱、高代谢反应及脏器功能损害等并发症^[10],对其治疗和预后都造成明显负面影响,严重降低患者及其家庭成员的生活质量,同时增加医疗资源配置压力及社会经济成本^[11-12]。另有研究表明,相对于年轻患者,老年严

表 4 158 例老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的预测模型及各独立危险因素的预测价值

Table 4 Predictive value of prediction model and various independent risk factors for early dysfunction of blood coagulation in 158 elderly patients with severe burns

预测模型或独立危险因素	受试者操作特征曲线下面积	95%CI	约登指数	最佳截断值	敏感度(%)	特异度(%)
预测模型(%)	0.977	0.959~0.994	0.841	84.100	95.600	88.500
Ⅲ度烧伤面积(%TBSA)	0.844	0.781~0.908	0.592	39.000	68.900	90.300
改良 Baux 评分(分)	0.782	0.711~0.853	0.496	123.500	95.600	54.000
血小板计数($\times 10^9/L$)	0.634	0.526~0.742	0.299	204.500	46.700	83.200
血钙水平(mmol/L)	0.838	0.770~0.905	0.570	2.015	75.600	81.400

注:TBSA 为体表总面积;改良 Baux 评分、血小板计数、血钙水平取入院时统计数据



注:改良 Baux 评分、血小板计数、血钙水平取入院时统计数据

图 1 158 例老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的预测模型及各独立危险因素的患者受试者操作特征曲线

Figure 1 Receiver operating characteristic curves of prediction model and various independent risk factors for early dysfunction of blood coagulation in 158 elderly patients with severe burns

重创伤患者更容易发生凝血功能障碍,病死率更高^[13];而严重烧伤后早期出现凝血功能异常,与病死率密切相关^[14]。目前关于烧伤早期凝血功能异常的判断尚无统一标准,但多项研究均以 $\text{INR} > 1.2$ 或 $\text{APTT} > 45 \text{ s}$ 作为凝血功能异常的判断标准^[5,8]。此外,夏照帆和朱峰^[9]将急性烧伤诱导的凝血功能障碍定义为入院时测得的异常 INR 或 APTT ,包括 $\text{INR} > 1.5$ 或 $\text{APTT} > 60 \text{ s}$, $\text{INR} > 1.3$ 或 $\text{APTT} \geq 1.5$ 倍正常值,以及 $\text{INR} > 1.2$ 或 $\text{APTT} > 45 \text{ s}$ 。因此,本研究以伤后 48 h 内入院时 $\text{INR} > 1.2$ 或 $\text{APTT} > 45 \text{ s}$ 为烧伤患者早期凝血功能异常的判断标准,在此基础上对老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的危险因素进行研究。

本研究中烧伤总面积、III 度烧伤面积、合并吸入性损伤及入院时改良 Baux 评分是老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的危险因素,这些变量均可提示患者的烧伤严重程度,而且 III 度烧伤面积、入院时改良 Baux 评分为老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的独立危险因素。改良 Baux 评分与患者年龄密切相关,这在一定程度上反映了年龄对老年严重烧伤患者早期凝血功能异常的影响。严重烧伤后创面产生大量变性坏死组织,并触发剧烈应激反应及全身性炎症反应,此为烧伤早期凝血功能异常的核心病理生理基础^[15-16],坏死组织既可经外源性凝血途径直接激活凝血级联反应,亦可进一步加剧应激与全身性炎症反应,间接干扰机体凝

血稳态。研究表明,大面积烧伤、大量液体复苏、吸入性损伤及感染都可能导致严重烧伤患者出现凝血功能障碍^[17]。烧伤后有效循环血量锐减、血液浓缩及流速减缓,加之细胞缺血缺氧性损伤、代谢性酸中毒及复苏期补液治疗等因素,均可显著影响机体凝血系统功能^[3]。因此烧伤程度越严重,机体受到的影响越大,患者发生凝血功能异常的可能性越大。

本研究结果表明,血小板计数是老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的独立危险因素。与一般人群比较,老年群体血小板数量显著减少,但聚集、黏附等活化功能反而增强,血小板减少的发生机制不仅涉及凝血启动过程的过度消耗,创伤后炎症介质释放及骨髓造血功能抑制亦可导致血小板数量减少^[18-19]。有研究报道,严重烧伤患者在伤后 48 h 内会出现血小板数量减少伴功能下降^[20];也有研究表明,即使烧伤患者早期血小板计数正常,也可发生血小板的功能下降^[21]。而烧伤早期出现血小板减少往往提示患者存在凝血功能紊乱,是反映烧伤严重程度的重要因素,与预后相关^[22]。此外,本研究单因素分析中,早期凝血功能异常组患者入院时血浆 FIB 水平较非早期凝血功能异常组明显降低。研究显示,血浆 FIB 水平在烧伤后的前 48 h 往往会升高,一旦降低往往预示着弥散性血管内凝血^[23]。也有研究表明,烧伤患者血浆 FIB 水平升高与血小板聚集程度和速度降低之间存在关联,可影响血凝块的形成^[24]。相关研究表明,特重度烧伤患者休克期均出现显著血小板数量减少,而血浆 FIB 水平多处于正常参考范围或轻度降低,提示患者出现早期凝血功能异常的可能^[25]。

钙离子在危重症患者救治中的作用已引起临床广泛关注,低钙血症与“致死三联征(低体温、酸中毒、凝血功能障碍)”存在复杂的病理生理关联,早期纠正低钙水平有望改善患者预后^[26-27]。研究表明,钙离子参与凝血级联反应的多个关键环节,机体钙储备耗竭时可继发凝血功能异常^[28]。然而,对于低钙血症的界定标准及最佳干预时机目前尚无统一标准^[29],亟待临床研究明确。相关研究表明,在创伤性凝血病发展初期,通常会出现低凝状态^[30],而血钙水平 $< 2.06 \text{ mmol/L}$ 与老年患者伴发创伤性凝血病存在相关性^[31]。入院首次检查甚至创伤现场未经干预的血钙水平对于老年创伤伴发创伤性凝血病具有较好的预警价值^[32]。本研究结果

显示,血钙水平是老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的独立危险因素。

凝血功能异常的有效防治是严重烧伤患者救治成功的关键环节。已有研究证实,伤后及时纠正凝血功能障碍能够显著降低大面积烧伤患者的病死率^[33]。在临床实践中,需动态监测凝血功能指标,据此实施针对性干预,包括输注新鲜冰冻血浆、血小板及凝血因子等血液成分;同时维持水电解质与酸碱内环境稳态,大量输血期间密切监测血钙水平并及时纠正低钙血症;适时补充维生素 K 等凝血相关物质^[34-36]。其中,输血治疗是烧伤患者的重要治疗方法,可及时维持血容量、纠正贫血及凝血功能异常等,但输血同样存在一定风险,因此合理有效的输血管理至关重要^[37-38]。此外,在整个治疗过程中,除了关注老年严重烧伤患者早期凝血功能的异常,临床管理应贯穿凝血功能监测、围手术期管理、感染预防与治疗及合理用药等环节,一旦识别凝血功能异常,应迅速干预。

本研究构建了老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的预测模型并绘制了 ROC 曲线,其 AUC 达 0.977,提示该预测模型具有很好的预测价值。然而,模型中的Ⅲ度烧伤面积、入院时血钙水平对老年严重烧伤患者早期凝血功能异常具有较高预测价值,入院时改良 Baux 评分预测效能中等,入院时血小板计数预测效能有限。可见,联合多个独立危险因素构建预测模型有助于提高对早期凝血功能异常的识别能力。基于最大约登指数获得各指标的最佳截断值可用于老年严重烧伤患者早期凝血功能异常的量化风险筛查。各指标的最佳截断值结果显示,Ⅲ度烧伤面积 $\geq 39.000\%$ TBSA、入院时改良 Baux 评分 ≥ 123.500 分、入院时血小板计数 $\leq 204.500 \times 10^9/L$ 、入院时血钙水平 ≤ 2.015 mmol/L,均提示老年严重烧伤患者发生早期凝血功能异常的风险升高。此外,在各自最佳截断值条件下,预测模型与改良 Baux 评分敏感度并列达到 95.600%,二者检出高危病例、避免漏诊的能力相当,但改良 Baux 评分特异度偏低,易出现假阳性,适合急诊快速初筛;预测模型在同等高敏感度下特异度更优,可用于精准风险分层。临床可联合单项指标截断值,采用“初筛+模型评估”的模式,早期识别高危患者,指导个体化监测与干预。

综上,本研究表明,Ⅲ度烧伤面积及入院时改良 Baux 评分、血小板计数和血钙水平是老年严重烧

伤患者发生早期凝血功能异常的独立危险因素,基于这些因素构建的预测模型具有很好的预测价值。然而,本研究为单中心回顾性分析,样本量有限,且缺乏数据验证,存在一定的局限性,相关结论有待未来开展前瞻性、大样本、多中心的临床研究进一步证实。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 段德庆:研究设计、数据收集、论文撰写;吴宗延、陈永、胡时强、林欢:数据收集、数据分析;邓鸿敖、毛远桂:研究指导、论文修改;张红艳:研究指导、论文修改、经费支持

参考文献

- [1] 马丽萍.数读 2023 年度国家老龄事业发展公报[J].中国社会工作,2024(29):24-25,27.
- [2] 陈永.江西烧伤中心老年烧伤患者流行病学特征回顾性分析[D].南昌:南昌大学,2022.DOI:10.27232/d.cnki.gnchu.2022.000690.
- [3] Iba T, Levy JH, Thachil J, et al. The progression from coagulopathy to disseminated intravascular coagulation in representative underlying diseases[J]. Thromb Res, 2019, 179:11-14.DOI:10.1016/j.thromres.2019.04.030.
- [4] Nikolaidou E, Kakagia D, Kaldoudi E, et al. Coagulation disorders and mortality in burn injury: a systematic review[J]. Ann Burns Fire Disasters, 2022, 35(2):103-115.
- [5] 罗高兴,张清荣,钱卫,等.重视烧伤后凝血异常[J].中华烧伤与创面修复杂志, 2023, 39(5): 401-406. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20221223-00545.
- [6] 马琪敏,沈拓,王玉松,等.危重烧伤早期凝血功能紊乱[J].血栓与止血学, 2023, 29(5): 223-230. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6213.2023.05.005.
- [7] Tracy LM, Cameron PA, Singer Y, et al. Venous thromboembolism prophylaxis practice and its association with outcomes in Australia and New Zealand burns patients[J/OL]. Burns Trauma, 2021, 9:tkaa044[2025-05-07].https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33654696/.DOI:10.1093/burnst/tkaa044.
- [8] Sherren PB, Hussey J, Martin R, et al. Lethal triad in severe burns[J]. Burns, 2014, 40(8): 1492-1496. DOI: 10.1016/j.burns.2014.04.011.
- [9] 夏照帆,朱峰.重视危重烧伤凝血障碍的诊治[J].医学研究生学报, 2018, 31(8): 785-789. DOI: 10.16571/j.cnki.1008-8199.2018.08.001.
- [10] Su S, Zhang Y, Wu D, et al. 1H-nuclear magnetic resonance analysis reveals dynamic changes in the metabolic profile of patients with severe burns[J/OL]. Burns Trauma, 2024, 12:tkae007[2025-05-07].https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38756185/.DOI:10.1093/burnst/tkae007.
- [11] Yang J, Tian G, Liu J, et al. Epidemiology and clinical characteristics of burns in mainland China from 2009 to 2018[J/OL]. Burns Trauma, 2022, 10:tkac039[2025-05-07].https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36196302/.DOI:10.1093/burnst/tkac039.
- [12] 马琪敏,汤文彬,李孝建,等.危重烧伤老年患者早期临床特征的多中心回顾分析及预后的危险因素分析[J].中华烧伤与创面修复杂志, 2024, 40(3): 249-257. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20230808-00042.
- [13] Du X, Wang W, Xu B, et al. Predicting postoperative trauma-induced coagulopathy in patients with severe

- injuries by machine learning[J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1): 27072. DOI:10.1038/s41598-025-13283-x.
- [14] Huang S, Ma Q, Liao X, et al. Identification of early coagulation changes associated with survival outcomes post severe burns from multiple perspectives[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 10457. DOI:10.1038/s41598-024-61194-0.
 - [15] Dobson GP, Morris JL, Letson HL. Pathophysiology of severe burn injuries: new therapeutic opportunities from a systems perspective[J]. *J Burn Care Res*, 2024, 45(4): 1041-1050. DOI:10.1093/jbcr/irae049.
 - [16] Liu A, Minasian RA, Maniago E, et al. Venous thromboembolism chemoprophylaxis in burn patients: a literature review and single-institution experience[J]. *J Burn Care Res*, 2021, 42(1): 18-22. DOI:10.1093/jbcr/iraa143.
 - [17] Zhang TN, Ba T, Li F, et al. Coagulation dysfunction of severe burn patients: a potential cause of death[J]. *Burns*, 2023, 49(3): 678-687. DOI:10.1016/j.burns.2022.05.003.
 - [18] Cheng X, Ji M, Wang Y, et al. Factors influencing thrombocytopenia in geriatric patients in the intensive care unit: a retrospective observational study[J]. *BMC Geriatr*, 2025, 25(1): 870. DOI:10.1186/s12877-025-06577-2.
 - [19] Yang B, Li T, Xue C, et al. Explainable machine learning model for predicting traumatic brain injury-induced coagulopathy in elderly patients: a multicenter cohort study[J]. *Neurosurg Rev*, 2026, 49(1): 179. DOI:10.1007/s10143-025-04070-3.
 - [20] 沈拓, 马琪敏, 褚志刚, 等. 成年严重烧伤患者早期凝血特征的多中心回顾分析及预后危险因素分析[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2025, 41(9): 857-866. DOI: 10.3760/cma. j. cn501225-20250530-00250.
 - [21] Wiegele M, Schaden E, Koch S, et al. Thrombin generation in patients with severe thermal injury[J]. *Burns*, 2019, 45(1): 54-62. DOI:10.1016/j.burns.2018.09.020.
 - [22] Kowal-Vern A, Walenga JM, Hoppensteadt D, et al. Prothrombin fragment 1.2 and modified antithrombin as predictors of disseminated intravascular coagulation and thrombotic risk in thermal injury[J]. *J Burn Care Res*, 2013, 34(4): 459-464. DOI:10.1097/BCR.0b013e3182700659.
 - [23] Guilabert P, Martin N, Usúa G, et al. Coagulation alterations in major burn patients: a narrative review[J]. *J Burn Care Res*, 2023, 44(2): 280-292. DOI:10.1093/jbcr/irac177.
 - [24] Levin GY, Egorihina MN. The role of fibrinogen in aggregation of platelets in burn injury[J]. *Burns*, 2010, 36(6): 806-810. DOI: 10.1016/j.burns.2009.05.005.
 - [25] 马琪敏, 王玉松, 侯文佳, 等. 烧伤相关凝血功能障碍研究现状与发展的可视化分析[J]. *中华烧伤与创面修复杂志*, 2023, 39(4): 356-363. DOI: 10.3760/cma. j. cn501225-20220616-00237.
 - [26] Vasudeva M, Mathew JK, Fitzgerald MC, et al. Hypocalcaemia and traumatic coagulopathy: an observational analysis[J]. *Vox Sang*, 2020, 115(2): 189-195. DOI:10.1111/vox.12875.
 - [27] Wray JP, Bridwell RE, Schauer SG, et al. The diamond of death: hypocalcemia in trauma and resuscitation[J]. *Am J Emerg Med*, 2021, 41: 104-109. DOI:10.1016/j.ajem.2020.12.065.
 - [28] Robinson A, Rech MA, DeChristopher PJ, et al. Defining the optimal calcium repletion dosing in patients requiring activation of massive transfusion protocol[J]. *Am J Emerg Med*, 2023, 70: 96-100. DOI:10.1016/j.ajem.2023.05.017.
 - [29] Kronstedt S, Roberts N, Ditzel R, et al. Hypocalcemia as a predictor of mortality and transfusion. A scoping review of hypocalcemia in trauma and hemostatic resuscitation[J]. *Transfusion*, 2022, 62 Suppl 1: S158-S166. DOI: 10.1111/trf.16965.
 - [30] Iba T, Helms J, Neal MD, et al. Mechanisms and management of the coagulopathy of trauma and sepsis: trauma-induced coagulopathy, sepsis-induced coagulopathy, and disseminated intravascular coagulation[J]. *J Thromb Haemost*, 2023, 21(12): 3360-3370. DOI:10.1016/j.jth.2023.05.028.
 - [31] 康洋波, 周佳圻, 胡雨峰, 等. 低钙血症在老年创伤性凝血病早期诊断中的效价研究[J]. *中华急诊医学杂志*, 2022, 31(5): 603-607. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2022.05.006.
 - [32] Ditzel RM, Anderson JL, Eisenhart WJ, et al. A review of transfusion- and trauma-induced hypocalcemia: is it time to change the lethal triad to the lethal diamond? [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2020, 88(3): 434-439. DOI: 10.1097/TA.0000000000002570.
 - [33] Li Q, Zhang T, Wang L, et al. Clinical significance of R-TEG in severe burn patients with coagulation dysfunction[J]. *Injury*, 2022, 53(12): 3993-3999. DOI:10.1016/j.injury.2022.09.061.
 - [34] Ball RL, Keyloun JW, Brummel-Ziedins K, et al. Burn-induced coagulopathies: a comprehensive review[J]. *Shock*, 2020, 54(2): 154-167. DOI:10.1097/SHK.0000000000001484.
 - [35] Liu J, Liu Y, Liu S, et al. Hypocoagulation induced by broad-spectrum antibiotics in extensive burn patients[J/OL]. *Burns Trauma*, 2019, 7: 13[2025-05-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31058197/>. DOI: 10.1186/s41038-019-0150-7.
 - [36] Lier H, Goossen K, Kugler CM, et al. Inhospital coagulation management and fluid replacement therapy in patients with multiple and/or severe injuries - a systematic review and clinical practice guideline update[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2025, 51(1): 240. DOI:10.1007/s00068-025-02919-2.
 - [37] 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.
 - [38] Saraçoğlu A, Yakupoğlu S, Arif M, et al. Transfusion requirements as a surrogate marker of mortality and morbidity in adults with severe burns: a retrospective cohort study[J]. *Turk J Surg*, 2025, 41(4): 355-362. DOI: 10.47717/turkjsurg.2025.2025-6-29.