

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.09.010

基于临床资料、凝血-纤溶指标构建车祸创伤并发 DIC 的预警模型*

王艳秋¹, 余汉忠², 戴必照³, 王 泉¹, 丁 静², 张建超^{1△}

江苏省徐州市第一人民医院:1. 输血科;2. 检验科;3. 创伤中心, 江苏徐州 221116

摘要:目的 基于临床资料、凝血-纤溶指标构建车祸创伤并发弥散性血管内凝血(DIC)的预警模型并进行验证。方法 选取 2023 年 3 月至 2024 年 4 月该院收治的 215 例车祸创伤患者作为建模集,根据是否并发 DIC 分为 DIC 组、无 DIC 组。比较 2 组一般资料、凝血-纤溶指标[血小板、凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、凝血酶时间(TT)、纤维蛋白原(FIB)、D-二聚体(D-D)、血栓调节蛋白(TM)、凝血反应时间(R)、凝血时间(K)、凝固角(Angle)、最大振幅(MA)、纤溶指数(LY30)、凝血指数(CI)],经 Lasso 回归及 Logistic 回归分析筛选车祸创伤并发 DIC 的独立相关影响因素,采用 R 语言 rms 程序包、递归分割法构建列线图预警模型;采用 Bootstrap 法绘制校准曲线验证预测价值。另选取 2024 年 5—8 月该院收治的 50 例车祸创伤患者作为外部验证样本。结果 建模集 215 例车祸创伤患者中,82 例发生 DIC(DIC 组),133 例无 DIC(无 DIC 组),DIC 发生率为 38.14%。DIC 组糖尿病比例、简明损伤定级(AIS)评分 ≥ 4 分比例、创伤严重程度评分(ISS)、D-D 水平、TM 水平、LY30 均高于无 DIC 组($P < 0.05$),格拉斯哥昏迷量表(GCS)评分、血小板计数、FIB 水平、CI 均低于无 DIC 组($P < 0.05$)。GCS 评分 12~15 分、CI > -3.50 是车祸创伤并发 DIC 的独立保护因素($P < 0.05$),AIS 评分 ≥ 4 分、ISS > 25 分、D-D $> 578.60 \mu\text{g/L}$ 、TM $> 14.50 \text{ TU/mL}$ 、LY30 $> 5\%$ 是车祸创伤并发 DIC 的独立危险因素($P < 0.05$)。基于上述独立相关影响因素构建的车祸创伤并发 DIC 预警模型的一致性指数(C-index)为 0.935;校准曲线在内部与外部验证集中均显示该模型具有较高区分度及预测价值。结论 GCS 评分 12~15 分、CI > -3.50 是车祸创伤并发 DIC 的独立保护因素,AIS 评分 ≥ 4 分、ISS > 25 分、D-D $> 578.60 \mu\text{g/L}$ 、TM $> 14.50 \text{ TU/mL}$ 、LY30 $> 5\%$ 是车祸创伤并发 DIC 的独立危险因素,基于此构建的预警模型预测性能良好,可为预测、防治车祸创伤后并发 DIC 提供可靠理论依据。

关键词: 临床资料; 凝血-纤溶指标; 车祸创伤; 弥散性血管内凝血; 预警模型**中图分类号:** R641; R446.1**文献标志码:** A**文章编号:** 1672-9455(2025)09-1205-06**Construction of early warning model for complicating DIC in car accident trauma based on clinical data and coagulation-fibrinolytic indicators***WANG Yanqiu¹, YU Hanzhong², DAI Bizhao³, WANG Quan¹, DING Jing², ZHANG Jianchao^{1△}

1. Department of Blood Transfusion; 2. Department of Clinical Laboratory; 3. Trauma Center, Xuzhou Municipal First People's Hospital, Xuzhou, Jiangsu 221116, China

Abstract: **Objective** To construct and verify the warning model for the car accident trauma complicating disseminated intravascular coagulation (DIC) based on clinical data and coagulation-fibrinolysis indicators. **Methods** A total of 215 patients with car accident trauma admitted and treated in this hospital from March 2023 to April 2024 were selected as the modeling set and divided into the DIC group and the non-DIC group according to whether there was complicating DIC. The general data and coagulation-fibrinolysis indicators [platelets, prothrombin time (PT), activated partial thromboplastin time (APTT), thrombin time (TT), fibrinogen (FIB), D-dimer (D-D), thrombomodulin (TM), coagulation reaction time (R), coagulation time (K), coagulation angle (Angle), maximum amplitude (MA), fibrinolytic index (LY30) and coagulation index (CI)] were compared between the two groups. The independent related influencing factors of complicating DIC in car accident trauma were screened through the Lasso regression and Logistic regression analysis, and a nomogram warning model was constructed by using the R language rms program package and recursive partitioning method; the Bootstrap method was used to draw the calibration curve to verify the predictive value. The other 50 patients with car accident trauma admitted and treated in this hospital from May 2024 to August 2024 were selected as the external validation samples. **Results** Among the 215 patients with car accident trauma in the modeling set, 82 cases developed DIC (DIC group) and 133 cases had no DIC (non-DIC group), and the incidence rate of DIC was 38.14%. The proportion of diabetic patients, the proportion of the patients with

* 基金项目:江苏省优势学科建设工程项目(YSHL2371-846);江苏省徐州市卫生健康委员会科技重点项目(XWKYHT20210531)。

作者简介:王艳秋,女,技师,主要从事血液检验与临床输血方向的研究。△ 通信作者,E-mail:415323634@qq.com。

the abbreviated injury scale (AIS) score ≥ 4 points, injury severity score (ISS), D-D level, TM level and LY30 in the DIC group were all higher than those in the non-DIC group ($P < 0.05$), and the GCS score, platelet count, FIB level and CI were all lower than those in the non-DIC group ($P < 0.05$). The GCS score of 12–15 points and $CI > -3.50$ were the independent protective factors for complicating DIC in car accident trauma ($P < 0.05$), and the AIS score ≥ 4 points, $ISS > 25$ points, $D-D > 578.60 \mu g/L$, $TM > 14.50 TU/mL$ and $LY30 > 5\%$ were the independent risk factors for complicating DIC in car accident trauma ($P < 0.05$). The C-index of the warning model for complicating DIC in car accident trauma constructed based on the above independent related influencing factors was 0.935; the calibration curve demonstrated that the model exhibited high discriminatory power and predictive value in the internal and external validation sets. **Conclusion** The GCS score of 12–15 points and $CI > -3.50$ are the independent protective factors for complicating DIC in car accident trauma, and the AIS score ≥ 4 points, $ISS > 25$ points, $D-D > 578.60 \mu g/L$, $TM > 14.50 TU/mL$ and $LY30 > 5\%$ are the independent risk factors for complicating DIC in car accident trauma, the early warning model constructed based on these has good predictive performance and can provide a reliable theoretical basis for predicting and preventing DIC after car accident trauma.

Key words: clinical data; coagulation-fibrinolysis index; car accident trauma; disseminated intravascular coagulation; early warning model

弥散性血管内凝血(DIC)是严重创伤(如车祸创伤)常见并发症之一^[1-2]。DIC进展迅速,涉及多个系统(如抗凝、纤溶、凝血),可引起全身微血管血栓形成、纤溶亢进、持续性凝血活化,最终导致持续性出血或多器官功能衰竭,危及患者生命安全^[3]。由此可见,明确并发DIC的预测因子对该病的早期诊断、预防、治疗十分重要。目前,临床上主要依据评分法诊断DIC,其评估内容涉及血小板、纤维蛋白原(FIB)、凝血酶原时间(PT)等凝血功能指标,但这些指标不能准确反映患者凝血、纤溶状态及血栓形成、出血风险^[4-5]。血栓弹力图可评估纤溶、凝血过程,在DIC诊断、分期中取得良好效果,且研究表明,其辅助凝血功能指标可在一定程度上监控DIC的发生、进展^[6-7]。鉴于此,本研究尝试基于车祸创伤患者的一般资料、凝血-纤溶指标分析车祸创伤患者并发DIC的相关影响因素,构建车祸创伤并发DIC的列线图预警模型,并验证该模型的可行性,为准确预测车祸创伤患者并发DIC及制订防治措施提供参考依据。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2023年3月至2024年4月本院收治的215例车祸创伤患者作为建模集,另选取2024年5–8月本院收治的50例车祸创伤患者作为外部验证样本。纳入标准:年龄14~70岁;均因车祸创伤住院治疗;受伤至入院时间 ≤ 24 h;创伤严重程度评分(ISS) > 16 分(重伤);临床资料完整。排除标准:妊娠期女性;伴精神系统疾病,无法配合完成研究;伴自身免疫性疾病;伴血液系统疾病(白血病、恶性肿瘤等)。本研究经本院医学伦理委员会审批通过(xyy11[2021]098号)。所有患者家属对本研究均知情同意并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 资料收集 收集患者车祸至入院就诊的时间、性别、年龄、基础疾病(高血压、冠心病、糖尿病)、体质量指数、受伤部位(头部/颈部/面部、胸腹部、四

肢骨盆)、简明损伤定级(AIS)评分、格拉斯哥昏迷量表(GCS)评分、ISS等一般资料。基础疾病诊断:高血压、冠心病、糖尿病的诊断分别参照相关诊断标准^[8-10]。GCS评分^[11]:评估内容包括睁眼(1~4分)、语言(1~5分)、运动(1~6分)3个方面,总分3~15分,其中总分 ≤ 8 分为昏迷,总分9~11分为中度意识障碍,总分12~14分为轻度意识障碍,总分15分为意识清楚。其分值越低,意识状态越差。AIS评分^[12]:从头颅、体表、四肢、脊柱、胸、腹6个区域评估损伤程度,分值1~6分,分值越高,损伤程度越严重。ISS:ISS是3个最严重损伤区域的最高AIS值的平方和,以AIS评分为基础计算: $ISS = AIS_1^2 + AIS_2^2 + AIS_3^2$,总分1~75分,其中 $ISS \geq 26$ 分为严重伤,17~25分为重伤, ≤ 16 分为轻伤^[13]。分值越高,损伤程度越严重。

1.2.2 治疗方案 针对车祸严重创伤患者急救工作如下:(1)第一时间检查患者呼吸循环功能,保障呼吸功能,及时补充有效血容量,同时尽快判断患者主要损伤器官;(2)伴脑疝、颅脑损伤者在积极抢救的同时做好手术准备;(3)出现创伤性休克者,尤其是创伤涉及四肢、颅脑、胸腹的患者要尽快联系相关科室制订手术方案;(4)出现严重创伤出血性休克者,立即建立2~3条静脉通道,快速(30 min内)补充体液1 000~15 000 mL,并积极备血、输血,尽早实施手术治疗。

1.2.3 凝血-纤溶指标检测 采集患者入院2 h内静脉血6 mL,均等分为3份,分别贮存于EDTA-K₂抗凝管1、枸橼酸钠抗凝管(1:9)2、肝素钠抗凝管(1:9)3。EDTA抗凝管1采集的标本通过全自动血液分析仪(BC-6800Plus,迈瑞)测定血小板计数。枸橼酸钠抗凝管(1:9)2采集的标本,离心(3 000 r/min,半径8 cm)处理10 min,分离血浆,-80℃冷藏备用,应用全自动凝血分析仪(Top-750,沃芬)测定PT、活化部分凝血活酶时间(APTT)、凝血酶时间(TT)、FIB、D-二聚体(D-D)水平;应用化学发光免疫分析仪(MT-

60,锦瑞)测定血栓调节蛋白(TM)水平。枸橼酸钠抗凝管(1:9)3 采集的标本应用血栓弹力图仪(LEPU-8880,西芬斯)测定凝血反应时间(R)、凝血时间(K)、最大振幅(MA)、凝固角(Angle),并根据 R、K、MA、Angle 计算得出凝血指数(CI),根据 MA 计算得出纤溶指数(LY30)。所有试剂均为上述仪器厂家原装配套试剂。

1.2.4 DIC 诊断与评估方法 DIC 依据 DIC 的相关评分标准诊断^[5],评分内容包括风险评估(存在导致 DIC 的原发疾病)、临床表现[严重/多发出血倾向(无法用原发病解释)、微循环障碍/休克等,灶性缺血性脱落、坏死、溃疡形成及不明原因的脏器(脑、肾、肺)功能衰竭]、实验室相关指标(血小板计数、PT、APTT、D-D、FIB)3 个方面,总分 20 分,其中评分≥7 分诊断为 DIC,<7 分诊断为非 DIC。根据患者是否并发 DIC 分为 DIC 组、无 DIC 组。

1.2.5 质量控制 由 2 名经过专业培训的研究人员使用 Epidata 3.1 软件录入收集的一般资料、实验室相关指标资料,并对录入数据进行交叉核对,保证回收、录入数据准确无误;GCS 评分、AIS 评分、ISS 由 1 名经过培训的临床医师完成,避免造成偏倚;实验室相关指标由 2 名资深检验科人员进行判断评估,保障检验结果准确性。

1.3 统计学处理 采用 SPSS22.0 统计学软件分析数据。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 *t* 检验;偏态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,2 组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验;计数资料以 $n(\%)$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验;采用 Lasso 回归及 Logistic 回归分析,筛选车祸创伤并发 DIC 的影响因素,将获取的影响因素带入 R3.4.5 软件,构建列线图预测模型;利用递归分割法,根据列线图预测模型预测个体得分,构建预后危险分层系统;采用 Bootstrap 法、校准曲线检验评价该模型准确性、临床获益度及预测效能。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 车祸创伤并发 DIC 情况 建模集 215 例车祸创伤患者中,82 例发生 DIC(DIC 组),133 例无 DIC(无 DIC 组),DIC 发生率为 38.14%。外部验证集 50 例患者中,21 例发生 DIC,29 例无 DIC。

2.2 建模集 DIC 组、无 DIC 组一般资料、凝血-纤溶指标比较 建模集 DIC 组糖尿病比例、AIS 评分≥4 分比例、ISS、D-D 水平、TM 水平、LY30 均高于无 DIC 组($P<0.05$),GCS 评分、血小板计数、FIB 水平、CI 均低于无 DIC 组($P<0.05$)。见表 1。

表 1 建模集 DIC 组、无 DIC 组临床资料、凝血-纤溶指标比较 [$M(Q_1, Q_3)$ 或 $n(\%)$]

项目	DIC 组($n=82$)	无 DIC 组($n=133$)	U/χ^2	P
年龄(岁)	42.10(21.00,65.00)	40.97(17.00,63.00)	1.299	0.195
性别				
男	49(59.76)	80(60.15)	0.003	0.954
女	33(40.24)	53(39.85)		
体质量指数(kg/m^2)	23.96(20.15,26.00)	23.85(19.78,25.89)	1.124	0.262
基础疾病				
高血压	5(6.10)	4(3.01)	1.208	0.272
冠心病	3(3.66)	7(5.26)	0.295	0.587
糖尿病	9(10.98)	2(1.50)	9.375	0.002
受伤部位				
头部/颈部/面部	30(36.59)	44(33.08)	0.276	0.600
胸腹部	57(69.51)	88(66.17)	0.259	0.611
四肢骨盆	40(48.78)	61(45.86)	0.173	0.677
车祸至入院就诊的时间(h)	5.00(3.50,18.00)	5.00(4.00,21.25)	1.356	0.184
GCS 评分(分)	7(4,12)	9(4,14)	-15.021	<0.001
AIS 评分				
1 分	1(1.22)	12(9.02)	6.606	<0.001
2~3 分	15(18.29)	84(63.16)		
≥4 分	66(80.49)	37(27.82)		
ISS(分)	24(12,48)	17(10,42)	9.225	<0.001
血小板计数($\times 10^9/\text{L}$)	87.90(41.00,178.00)	103.25(51.00,207.20)	-7.896	<0.001
PT(s)	15.20(11.40,16.80)	12.90(12.30,16.50)	1.643	0.101
APTT(s)	31.90(26.50,41.10)	29.80(25.00,38.00)	1.799	0.073
TT(s)	14.50(11.70,16.80)	14.30(14.00,17.00)	0.096	0.757
FIB(g/L)	2.20(1.55,3.40)	3.38(2.76,4.05)	-13.052	<0.001
D-D($\mu\text{g}/\text{L}$)	1 070.40(895.00,2 560.00)	221.50(171.00,250.00)	8.963	<0.001
TM(TU/mL)	18.71(13.48,21.56)	11.01(5.79,15.24)	10.520	<0.001
R(min)	6.45(5.20,8.30)	7.33(5.50,8.90)	-0.527	0.599
K(min)	2.36(1.75,4.20)	1.99(1.46,3.87)	0.837	0.403

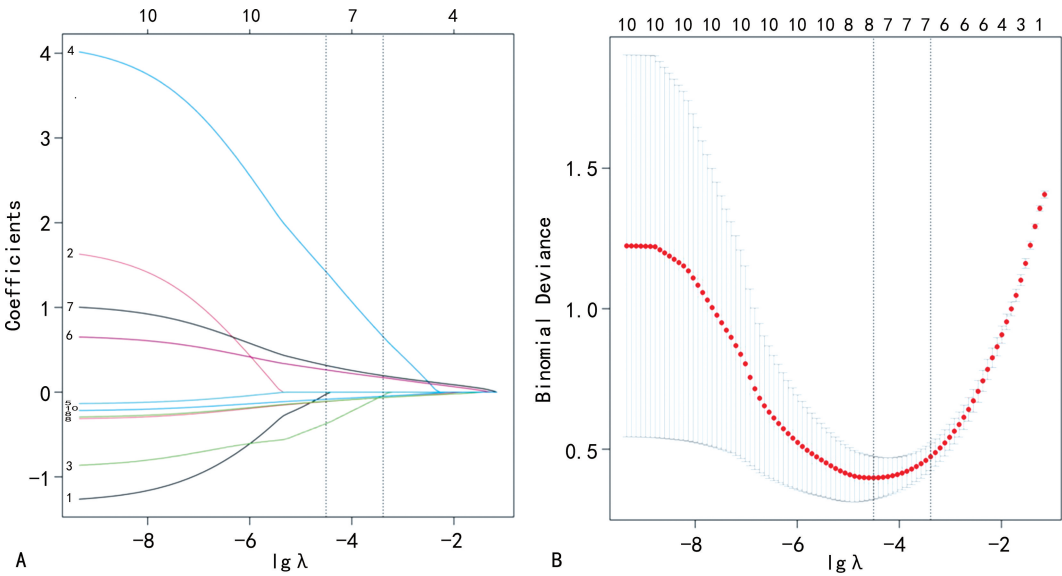
续表 1 建模集 DIC 组、无 DIC 组临床资料、凝血-纤溶指标比较 [$M(Q_1, Q_3)$ 或 $n(\%)$]

项目	DIC 组($n=82$)	无 DIC 组($n=133$)	U/χ^2	P
Angle($^{\circ}$)	60.05(45.82, 66.20)	64.28(49.00, 71.20)	-0.713	0.398
MA(mm)	31.00(27.50, 34.50)	33.04(28.30, 39.10)	-0.180	0.671
CI	-4.10(-5.30, -3.50)	-2.70(-3.80, -2.10)	-9.026	<0.001
LY30(%)	7(4, 11)	4(1, 8)	11.054	<0.001

2.3 Lasso 回归筛选车祸创伤并发 DIC 的特征变量

以创伤并发 DIC 情况(未发生=0,发生=1)为因变量,以表 1 中 $P<0.05$ 的 10 个指标为自变量,各连续型变量以所有患者各指标的中位数或结合临床实际应用进行分层。赋值如下:糖尿病,无=0,有=1;GCS 评分, ≤ 8 分=1,9~11 分=2,12~15 分=3;AIS 评分,1 分=1,2~3 分=2, ≥ 4 分=3;ISS, ≤ 16 分=1,17~25 分=2, >25 分=3;血小板计数, $\leq 91\times 10^9/L=0, >91\times 10^9/L=1$;FIB, $\leq 2.45\text{ g/L}=0, >2.45\text{ g/L}=1$;D-D, $\leq 578.60\text{ }\mu\text{g/L}=0, >578.60$

$\mu\text{g/L}=1$; TM, $\leq 14.50\text{ TU/mL}=0, >14.50\text{ TU/mL}=1$; CI, $\leq -3.50=0, >-3.50=1$; LY30, $\leq 5\%=0, >5\%=1$ 。随着惩罚系数 λ 变化,糖尿病、血小板计数的系数被压缩至 0,避免了模型的过度拟合。均方误差随 $\lg\lambda$ 的变化图以交叉验证法绘制,寻找到可使模型拟合效果最好、偏差最小时的 λ ($\lambda=2.722\times 10^{-5}$),此 λ 值选出 8 个预测变量:GCS 评分、AIS 评分、ISS、FIB、D-D、TM、CI、LY30,将这些自变量纳入后续的多因素 Logistic 回归分析。见图 1。



注:A 表示随着惩罚系数 λ 变化,各变量系数逐渐被压缩;B 表示 $\lambda=2.722\times 10^{-5}$ 时,模型拟合效果最好。

图 1 Lasso 回归筛选变量图

表 2 多因素 Logistic 回归分析车祸创伤并发 DIC 的影响因素

自变量	赋值	VIF	β	SE	Wald χ^2	OR	OR 的 95%CI		P
							下限	上限	
GCS 评分	≤ 8 分=1,9~11 分=2,12~15 分=3	1.265	-0.583	0.206	8.006	0.558	0.368	0.847	0.013
AIS 评分	1 分=1,2~3 分=2, ≥ 4 分=3	1.044	0.765	0.187	16.733	2.149	1.448	3.189	<0.001
ISS	≤ 16 分=1,17~25 分=2, >25 分=3	2.635	1.187	0.316	14.109	3.277	2.007	5.351	0.029
FIB	$\leq 2.45\text{ g/L}=0, >2.45\text{ g/L}=1$	0.927	-0.738	0.162	20.780	0.478	0.295	0.774	0.197
D-D	$\leq 578.60\text{ }\mu\text{g/L}=0, >578.60\text{ }\mu\text{g/L}=1$	1.259	0.690	0.162	18.131	1.993	1.341	2.963	<0.001
TM	$\leq 14.50\text{ TU/mL}=0, >14.50\text{ TU/mL}=1$	1.633	1.187	0.295	16.181	3.276	2.384	4.502	0.009
CI	$\leq -3.50=0, >-3.50=1$	1.780	-0.625	0.208	9.039	0.535	0.302	0.948	<0.001
LY30	$\leq 5\%=0, >5\%=1$	2.088	0.543	0.187	8.441	1.722	1.669	1.776	0.003

2.4 多因素 Logistic 回归分析车祸创伤并发 DIC 的影响因素

多重共线性检验结果显示各自变量的方差膨胀因子(VIF)均在 10 以下,不存在多重共线性问题。以创伤并发 DIC 情况为因变量(未发生=0,发生=1),将 Lasso 回归筛选出的 8 个预测变量(GCS

评分、AIS 评分、ISS、FIB、D-D、TM、CI、LY30)作为自变量(赋值见表 2),进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,GCS 评分 12~15 分、CI >-3.50 是车祸创伤并发 DIC 的独立保护因素($P<0.05$),AIS 评分 ≥ 4 分、ISS >25 分、D-D $>578.60\text{ }\mu\text{g/L}$ 、TM $>$

14.50 TU/mL、LY30>5%是车祸创伤并发 DIC 的独立危险因素($P<0.05$)。见表 2。

2.5 车祸创伤并发 DIC 的预警模型的构建 将 GCS 评分、AIS 评分、ISS、D-D、TM、CI、LY30 作为影响因素绘制列线图,该列线图预警模型的一致性指数(C-index)为 0.935,见图 2。采用该列线图预测车祸创伤个体并发 DIC 危险评分,参照递归分割法,患者可划分为低风险(总分 ≤ 200 分)、中等风险(总分 201~250 分)、高风险(总分 ≥ 251 分)。

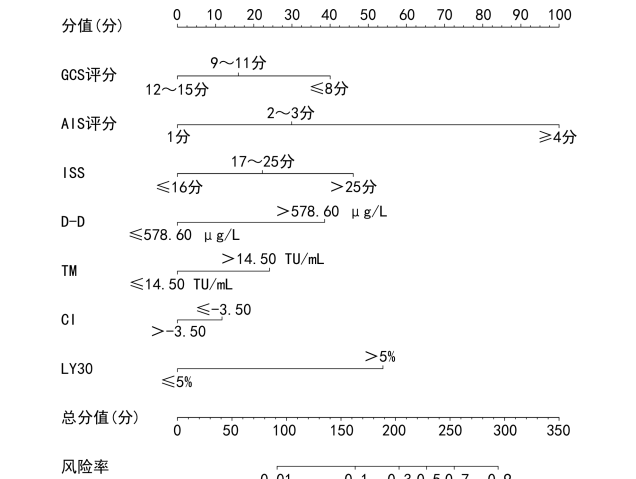


图 2 车祸创伤并发 DIC 的列线图预警模型

2.6 车祸创伤并发 DIC 的预警模型验证 采用 Bootstrap 法绘制内部校准曲线,结果显示校准曲线与标准曲线贴近,提示该模型区分度高、预测效能好,见图 3;另选外部验证样本进行验证,绘制校准曲线显示,所构建的列线图预警模型预测车祸创伤并发 DIC 的外部校准曲线同样与标准曲线贴近,提示在外部验证样本中具有良好预测价值,见图 4。

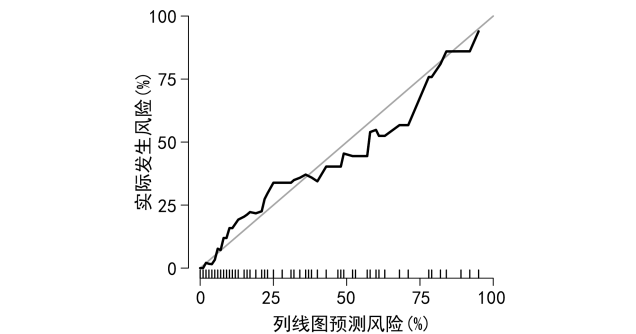


图 3 车祸创伤并发 DIC 列线图预警模型的内部校准曲线

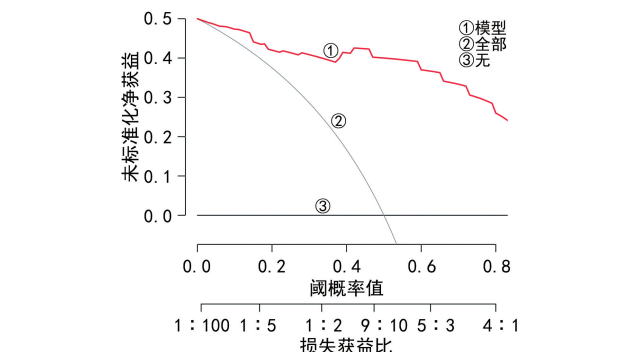


图 4 车祸创伤并发 DIC 列线图预警模型的外部校准曲线

3 讨 论

DIC 是在严重的原发疾病(如车祸创伤)基础上,以凝血功能障碍为主要特征的综合征^[1-2]。DIC 可导致全身多器官功能衰竭,威胁患者生命安全^[2]。本研究发现,建模集 215 例车祸创伤患者,82 例发生 DIC, DIC 发生率为 38.14%。可见,车祸创伤并发 DIC 的发生率较高,需引起临床重视。大量研究显示,凝血指标、血栓弹力图指标对 DIC 诊断具有一定价值^[1,14-15]。因此,本研究分析车祸创伤患者的临床资料、凝血-纤溶指标,旨在探讨车祸创伤并发 DIC 的相关影响因素,并构建、验证列线图预警模型,以期临床早期识别 DIC 高危人群、制订针对性预防措施提供参考。

本研究发现,GCS 评分 12~15 分、CI>-3.50 是车祸创伤并发 DIC 的独立保护因素,AIS 评分 ≥ 4 分、ISS>25 分、D-D>578.60 $\mu\text{g/L}$ 、TM>14.50 TU/mL、LY30>5%是车祸创伤并发 DIC 的独立危险因素。原因分析:(1)GCS 评分可评估患者昏迷、意识状态,其分值 ≤ 12 分,提示患者至少处于中度昏迷状态^[11]。而严重创伤患者处于昏迷、休克时,血液循环较缓慢,容易引起凝血功能障碍^[16]。(2)AIS 评分、ISS 是临床用于评估创伤人群病死率的常用指标,本研究中 DIC 组 AIS 评分 ≥ 4 分比例、ISS 均明显高于非 DIC 组。由此可见,创伤程度越严重并发 DIC 的风险越高。严重创伤患者大出血或者接受大量输液、输血干预,可激活抗凝、纤溶途径,增加凝血功能障碍发生风险^[17]。(3)D-D 是纤溶过程中的特异性标志物,其水平可反映纤维蛋白的溶解功能,是判断有无发生纤溶亢进、血栓形成的有效指标^[18]。当 D-D>578.60 $\mu\text{g/L}$ 时需预防血栓的形成及进展,从而减少血栓性疾病的风险,故对 DIC 诊断具有一定价值。(4)TM 作为内皮细胞损伤标志物,可与凝血酶结合发挥抗凝血酶效应,还可激活内源性、外源性凝血途径,刺激血小板生成,诱导血栓形成,其水平可反映患者机体血管内皮、纤溶、凝血系统的早期改变^[19-20]。林静等^[21]研究也表明 TM 可用于辅助诊断早期 DIC 或 DIC 分型。(5)CI 与血小板计数呈正相关,可有效监测患者凝血功能状态。若 CI ≤ -3.50 ,提示血液可能因血小板聚集功能较强或凝血因子过多导致机体处于高凝状态,容易形成血栓^[6-7]。故监测 CI 对预测 DIC、制订适宜的治疗方法具有重要意义。(5)LY30 为 MA 值确定后 30 min 内血凝块下降速率,LY30 偏高提示患者机体血液中红细胞增多,血液流速过慢,进而容易增加 DIC 发生风险。但张本蓉等^[6]研究表明 LY30 对判断 DIC 患者凝血状态临床价值不大,与本研究结果不一致,考虑可能与患者机体差异较大有关,仍待进一步研究进行验证。

本研究基于上述相关影响因素构建车祸创伤并发 DIC 预警模型,结果发现该模型对危险人群的区分度较高,具有较好的临床获益效能,提示该模型可用于车祸创伤并发 DIC 高危人群筛选,便于制订针对性

防治措施。另外,选取 2024 年 5—8 月本院收治的 50 例车祸创伤患者进行验证,结果显示该模型预测价值良好,可为临床预测创伤后并发 DIC、制订防治方案提供指导。但本研究仍存在单中心、样本量小等不足,具有一定局限性,待后续开展多中心研究,扩大样本量,为临床提供更为完善、可靠的车祸创伤并发 DIC 风险预测模型。

综上所述,GCS 评分 12~15 分、CI>-3.50 是车祸创伤并发 DIC 的独立保护因素,AIS 评分≥4 分、ISS>25 分、D-D>578.60 μg/L、TM>14.50 TU/mL、LY30>5%是车祸创伤并发 DIC 的独立危险因素,基于此构建的预警模型具有较高区分度及良好的预测性能,可提高车祸创伤并发 DIC 风险的预测准确性,为 DIC 早期诊断、防治方案制订提供理论依据及指导。

参考文献

[1] 雷芳,杨瑞利,韩双,等. 血栓弹力图、GMP-140、PAI-1 联合检测对创伤合并弥散性血管内凝血的诊断价值分析[J]. 检验医学与临床,2022,19(20):2760-2763.

[2] 胡艳晶,张益明,宋景春,等. 凝血酶-抗凝血酶复合物联合纤溶酶-α2 抗纤溶酶复合物诊断创伤性弥散性血管内凝血的临床价值[J]. 医学研究生学报,2020,33(12):1283-1287.

[3] POPESCU N I, LUPU C, LUPU F. Disseminated intravascular coagulation and its immune mechanisms [J]. Blood, 2022, 139(13):1973-1986.

[4] IBA T, HELMS J, CONNORS J M, et al. The pathophysiology, diagnosis, and management of sepsis-associated disseminated intravascular coagulation [J]. J Intensive Care, 2023, 11(1):24.

[5] 中华医学会血液学分会血栓与止血学组. 弥散性血管内凝血诊断中国专家共识(2017 年版)[J]. 中华血液学杂志, 2017, 38(5):361-363.

[6] 张本蓉,谢成兵. 血栓弹力图联合 D-二聚体/纤维蛋白(原)降解产物比值检测在脓毒症并发弥散性血管内凝血患者中的应用价值研究[J]. 临床急诊杂志, 2021, 22(1):31-35.

[7] 孙越红,张丽敏,李琥,等. 血栓弹力图指标与 DIC 的相关性及其诊断价值分析[J]. 检验医学, 2021, 36(5):495-499.

[8] JONES N R, MCCORMACK T, CONSTANTINI M, et al. Diagnosis and management of hypertension in adults:Nice guideline update 2019[J]. Br J Gen Pract, 2020, 70(691):90-91.

[9] VIRANI S S, NEWBY L K, ARNOLD S V, et al. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA guideline for the management of patients with chronic coronary disease: a report of the American heart association/American col-

lege of cardiology joint committee on clinical practice guidelines[J]. Circulation, 2023, 148(9):e9-e119.

[10] HUR K Y, MOON M K, PARK J S, et al. 2021 clinical practice guidelines for diabetes mellitus of the Korean diabetes association[J]. Diabetes Metab J, 2021, 45(4):461-481.

[11] WU X, XIE L, LEI J, et al. Acute traumatic coma awakening by right median nerve electrical stimulation: a randomised controlled trial[J]. Intensive Care Med, 2023, 49(6):633-644.

[12] EVANS L L, JENSEN A R, MEERT K L, et al. All body region injuries are not equal: differences in pediatric discharge functional status based on Abbreviated Injury Scale (AIS) body regions and severity scores[J]. J Pediatr Surg, 2022, 57(4):739-746.

[13] KOCH D A, HAGEBUSCH P, LEFERING R, et al. Changes in injury patterns, injury severity and hospital mortality in motorized vehicle accidents: a retrospective, cross-sectional, multicenter study with 19,225 cases derived from the TraumaRegister DGU®[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2023, 49(4):1917-1925.

[14] MORI H, OHKAWARA H, TOGAWA R, et al. Diagnosis and treatment of disseminated intravascular coagulation in COVID-19 patients: a scoping review[J]. Int J Hematol, 2021, 113(3):320-329.

[15] ADELBORG K, LARSEN J B, HVAS A M. Disseminated intravascular coagulation: epidemiology, biomarkers, and management[J]. Br J Haematol, 2021, 192(5):803-818.

[16] WADA T K H, SHIRAIISHI A, GANDO S, et al. Disseminated intravascular coagulation immediately after trauma predicts a poor prognosis in severely injured patients[J]. Sci Rep, 2021, 11(1):11031.

[17] ZANZA C, ROMENSKAYA T, RACCA F, et al. Severe trauma-induced coagulopathy: molecular mechanisms underlying critical illness[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(8):7118.

[18] MLAÇO A, MLAÇO N, BEGIĆ E, et al. D-Dimer and fibrinogen values according to the localization of deep venous thrombosis[J]. Int J Angiol, 2023, 32(4):243-247.

[19] BORON M, HAUZER-MARTIN T, KEIL J, et al. Circulating thrombomodulin: release mechanisms, measurements, and levels in diseases and medical procedures[J]. TH Open, 2022, 6(3):e194-e212.

[20] TOTOKI T, ITO T, KAKUUCHI M, et al. An evaluation of circulating activated TAFI in septic DIC: a case series and review of the literature[J]. Thromb J, 2022, 20(1):6.

[21] 林静,李启欣. 凝血检验指标在弥漫性血管内凝血诊断中的应用研究[J]. 血栓与止血学, 2022, 28(1):11-13.